



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Verkehr der Zukunft 2060: Synthesebericht

Transports du futur 2060: Synthèse

Transport of the future 2060: Synthesis Report

INFRAS AG
Markus Maibach
Christoph Petry
Lutz Ickert
Roman Frick

**Forschungsprojekt SVI 2016/002 auf Antrag der Schweizerischen
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

September 2020

1685

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

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

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

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

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

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Verkehr der Zukunft 2060: Synthesebericht

Transports du futur 2060: Synthèse

Transport of the future 2060: Synthesis Report

INFRAS AG
Markus Maibach
Christoph Petry
Lutz Ickert
Roman Frick

**Forschungsprojekt SVI 2016/002 auf Antrag der Schweizerischen
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

September 2020

1685

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung und Leitung Forschungspaket 'Verkehr der Zukunft'
Markus Maibach

Mitglieder

Christoph Petry
Lutz Ickert
Roman Frick

Begleitkommission

Präsident

Daniel Kilcher

Mitglieder

Prof. Dr. Kay Axhausen
Dr. Jörg Beckmann
Marcel Buffat
Dr. Sabine Friedrich
Klaus Kammer
Simon Kettner
Marta Kwiatkowski
Dr. Markus Liechti
Dr. Michael Löchl
Prof. Dr. Nicole Mathys
Martin Ruesch
Dr. Thomas Sauter-Servaes
Christoph Schreyer
Markus Schwyn
Michel Simon
Dr. Philipp Stoffel

Antragsteller

Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	15
Summary	23
1 Mobilität im Wandel – gestern, heute und morgen	31
1.1 Hohe Dynamik der bisherigen Verkehrsentwicklung	31
1.2 Treiber im Forschungspaket 'Verkehr der Zukunft'	34
1.3 2060: Fokus auf Disruptionen	36
2 Das Forschungspaket im Überblick	37
2.1 Zukunftsforschung als Herausforderung	37
2.2 Aufbau und Forschungsfragen	38
2.3 Multimethoden - Ansatz	39
2.4 Szenarien als 'roter Faden'	41
3 Treiber: Technologischer Wandel	45
3.1 Schlüsseltechnologien	45
3.2 Diffusion und Wirkungen auf den Verkehr	47
3.3 Herausforderungen	49
4 Treiber: Demografie	51
4.1 Demografische Trends bis 2060	51
4.2 Fokus Alter	54
4.3 Einstellungen von Jugendlichen und jungen Erwachsenen	56
4.4 Herausforderungen	58
5 Treiber: Raumstruktur	59
5.1 Wirkungsgefüge Raum und Verkehr	59
5.2 Räumliche Trends 2060	61
5.3 Wirkungen auf den Verkehr	62
5.4 Herausforderungen	63
6 Treiber: Klimawandel	65
6.1 Zentrale Wirkungsketten	65
6.2 Wirkungen auf den Verkehr 2060	66
6.3 Herausforderungen	69
7 Neue Angebotsformen und Geschäftsmodelle	71
7.1 Heutige und zukünftige Formen	71
7.2 Mögliche Nutzerperspektiven in den Zukunftsszenarien	75
7.3 Herausforderungen	77
8 Analyse der Szenarien 2060	79
8.1 Zentrale Ausgestaltungsparameter	79
8.2 Auswirkungen auf den Verkehr	80
8.3 Würdigung	84
9 Anforderungen an stadtverträgliche Mobilität	87
9.1 Smart City – Smart Transport: Herausforderungen	87

9.2	Anforderungen an eine stadtverträgliche Mobilität	89
10	Anforderungen an das Regulativ	95
10.1	Verkehrspolitische Herausforderungen	95
10.2	Ausblick: Entwicklung des Regulativs.....	96
10.3	Regulatorischer Handlungsbedarf	99
11	Würdigung des Forschungspakets und Folgerungen	101
11.1	Würdigung der Forschungsergebnisse	101
11.2	Folgerungen und Fazit	102
11.2.1	Verkehrspolitik	102
11.2.2	Verkehrsplanung	103
11.2.3	Verkehrsforschung.....	105
	Anhänge.....	107
	Abkürzungsverzeichnis.....	117
	Glossar.....	119
	Literaturverzeichnis.....	125
	Projektabschluss	129
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	133
	SVI Publikationsliste.....	135

Zusammenfassung

Forschungspaket mit langfristigem Zeithorizont

Das Forschungspaket 'Verkehr der Zukunft' widmet sich einem Zeitpunkt, der über den gängigen Prognosehorizont hinausgeht. Damit besteht der Anspruch, mögliche disruptive Effekte zu erkennen und zu analysieren. Vier Projekte (Technologie, Demografie, Raumentwicklung, Klima) beschäftigen sich mit zukünftigen Treibern. Zwei Projekte (Angebotsformen, städtischer Verkehr) befassen sich mit der konkreten Ausgestaltung. Ein Projekt setzt sich mit den Anforderungen an das Regulativ und an die Politik auseinander. Als gemeinsamer Nenner hat die Paketleitung Zukunftsszenarien formuliert. Das Wirkungsgefüge 'Treiber – Angebotsformen – Potenziale – Anforderungen an das Regulativ' und die Szenarien bilden den roten Faden für das gesamte Forschungspaket. Die Methodenvielfalt ist bewusst breit gewählt: Diese umfasst zum Beispiel die Analyse neuer Trends (so genannten «weak signals»), die Formulierung «revolutionärer Zukunftsbilder», Expertenansätze, die Entwicklung neuer quantitativer Modelle, Fallstudienanalysen und den Einbezug von Schüler/innen und Studierenden.

Wirkungen und Potenziale der Treiber

Der wichtigste zukünftige Wachstumstreiber der Verkehrsnachfrage ist nach wie vor die **demografische Entwicklung**. Dazu gehört, neben der allgemeinen Trendentwicklung der Wohnbevölkerung in der Schweiz bis 2060 auf über zehn Millionen, insbesondere auch der rasant wachsende Anteil älterer Menschen. Die zunehmende **Urbanisierung** mit neuen Wohn- und Arbeitsformen kann die Flächeneffizienz erhöhen und die Nachfrage nach Siedlungsfläche bremsen. Beide Treiber stellen erhöhte Ansprüche an die Zugänglichkeit, die Funktionalität und die Effizienz des zukünftigen Verkehrssystems. Insbesondere die **Automatisierung und die Vernetzung** (dank zunehmender Digitalisierung und künstlicher Intelligenz) können – wenn richtig eingesetzt – massgeblich dazu beitragen, diesen Ansprüchen gerecht zu werden: beispielsweise mit neuen Geschäftsmodellen und einem neuen Verständnis von Mobilitätsservices vor allem für Haushalte, die kein eigenes Auto mehr besitzen.

Der **Klimawandel** stellt demgegenüber erhöhte Ansprüche an die Resilienz des Verkehrssystems: Mit klimatischen Veränderungen gehen insbesondere neue Anforderungen an die Abwicklung von Verkehrsspitzen (aufgrund von Hitzeperioden und Extremwetterverhältnissen) sowie an die Sicherstellung einer zuverlässigen Infrastruktur einher. Die Anforderungen an eine fossilfreie Mobilität verstärken die Ansprüche an eine erhöhte Verkehrseffizienz.

Die Entwicklung von **Gesellschaft und Wirtschaft** (z.B. Individualisierung/neue Werte, Globalisierung) ist prägend für die untersuchten Treiber: Eine technologische Revolution kann nur im globalen Kontext stattfinden. Klimaveränderungen wiederum können globale Migrationsströme auslösen. Gleichzeitig können aber auch neue Werte gegenüber Mensch, Technik und Umwelt die zukünftigen Einstellungen prägen. Deshalb ist es wichtig, in Szenarien zu denken.

Disruptionspotenzial dank Technik und vernetztem Mobilitätsbusiness

Die zukünftige Mobilität ist automatisiert, vernetzt und gleichzeitig fossilfrei. Das Mobilitätsverständnis kann sich damit in Zukunft stark ändern:

- Zwischen dem heutigen Individualverkehr und dem öffentlichen Verkehr werden sich **neue Mischformen** entwickeln und vor allem mit der Automatisierung eine grosse Bedeutung erhalten. Der sogenannte öffentliche Individualverkehr (ÖIV) «on demand» bringt neue Geschäftsmodelle hervor, die Taxidienste und Sharing-Ansätze mit individuell bzw. kollektiv genutzten automatisierten Fahrzeuge vereinigen.
- Das **Verhältnis zum Besitz von Mobilitätswerkzeugen** und zur Wertschöpfungskette des Transports verändert sich: 'Ich bin Teil eines multimodalen Gesamtsystems, nicht an den Besitz von Mobilitätswerkzeugen gebunden und Produzent und Konsument von Verkehrsleistungen zugleich'. Mobilitätsdienstleistungen werden dadurch zu einer expliziten Service-Einheit (**Mobility as a Service**).
- **Das Auto wird 'auto'**: Als bisheriges Symbol des (freiheitlichen) Individualverkehrs entwickelt sich das Auto hin zu einem intelligenten, fossilfreien Fortbewegungsmittel, das in den Verbund und in die multimodale Transportkette eingebettet werden kann.
- **Neue Wertschöpfungsketten und Schnittstellen** vernetzen den Transportmarkt mit weiteren Märkten (Wohnen, Arbeiten, Einkaufen, Infrastruktur, Logistik, Stromwirtschaft, Tourismus und Freizeit) noch stärker als heute. Der Mobilitätsmarkt im traditionellen Sinne wird dadurch vermehrt durch andere Märkte gesteuert und verliert an Eigenständigkeit.
- **Verkehrsmodi** (Strasse-Schiene, Luftverkehr) und **Verkehrsarten** (Personen- und Güterverkehr) vermischen sich und stellen neue Ansprüche an die Intermodalität und die Durchlässigkeit von Systemen.
- **Daten** werden zu einer immer wichtigeren Handelseinheit im Transportmarkt. Der Datenmarkt selbst (mit Plattformanbietern für Mobilitätsdienstleistungen) kann die Marktstruktur massiv verändern. Dieser bereits heute sichtbare Trend wird sich in Zukunft mit der Automatisierung und Vernetzung massiv verstärken.
- Neben der realen Mobilitäts- und Verkehrswelt kann die **virtuelle Welt** («virtual und augmented reality») stark an Bedeutung gewinnen und die Verkehrsnachfrage beeinflussen, sowohl in der Arbeitswelt (virtuelle Kommunikationsformen, «digital office») als auch in der Freizeitwelt («virtual games»).

Zwei Einflussfaktoren sind besonders relevant, um die Zukunftsbilder zu präzisieren: Einerseits das Ausmass der Diffusion von neuen Technologien, und andererseits das Ausmass von individuellen bzw. kollektiven Verhaltensweisen. Daraus lassen sich drei Eckszenarien ableiten:

1. *Evolution ohne Disruption*
2. *Revolution der individuellen Mobilitätsservices*
3. *Revolution der kollektiven Mobilitätsservices*

Chancen und Risiken zugleich

Mehr Automatisierung, mehr Professionalisierung und maximaler Zugang zu den Mobilitätsdienstleistungen sind nicht per se positiv zu würdigen.

Auf der einen Seite wird der Verkehr **komfortabler und preisgünstiger**, dank entspanntem Fahren (v.a. bei hohem Verkehrsaufkommen und beim Parken), möglichen Alternativtätigkeiten im Fahrzeug, einfacherem Zugang mit bedürfnisgerecht zugeschnittenen On-Demand-Angeboten und vernetzten Tür-zu-Tür-Angeboten.

Weil mit automatisiertem Fahren verschiedene Kostenelemente (insbesondere Chauffeurkosten) wegfallen, bestehen beträchtliche Kostensenkungspotenziale. Demgegenüber erfordert die Automatisierung aber auch beträchtliche Investitionen in Fahrzeuge und Infrastruktur. Hinzu kommt, dass mit dem Klimawandel die Infrastrukturkosten zunehmen. Der Verkehr wird also in Zukunft nur dann günstiger, wenn ein starker Wettbewerb die Margen der neuen Geschäftsmodelle minimiert und die Produktivitätsverbesserungen an die Kundschaft weitergegeben werden.

Auf der anderen Seite sind damit ein erhöhtes Verkehrswachstum sowie hohe Ansprüche an eine umwelt-, raum und gesellschaftsverträgliche Ausgestaltung und einen fairen Wettbewerb der Mobilitätsdienstleister verbunden.

Grosse Chancen liegen in einer **gesteigerten Sicherheit**. Aber auch hier stellen sich Fragen der Zuverlässigkeit von automatisierten Steuerungen, verknüpft mit ethischen Dilemmata und Verwundbarkeiten infolge Cyber-Kriminalität.

Im Unterschied zum Landpersonenverkehr ist der Güter- und der Luftverkehr im Forschungsprojekt nur punktuell analysiert worden:

*Der **Güterverkehrs- und Logistikmarkt** ist bereits seit längerer Zeit im Umbruch, weil hier neue Logistikansprüche (z.B. Online-Handel) und der globale Wettbewerb die Branche herausfordern. Mit der Robotik, der Automatisierung und der Vernetzung von Transportleistungen entstehen neue Potenziale für Kostenersparnisse. Die Kostensenkungspotenziale sind aller Voraussicht nach im Strassengüterverkehr grösser als im Bahngüterverkehr. Mit zunehmender Automatisierung und neuen Antriebsformen (längerfristig vor allem auch Wasserstoff) ergeben sich insbesondere Potenziale für den LKW auf der Langdistanz. Die zunehmende Vernetzung, automatisierter Umschlag und Kapazitätssteigerungen führen auch im Bahngüterverkehr zu Effizienzsteigerungen.*

*Die technischen Potenziale neuer **Luftverkehrsmittel** (Cargo-Drohnen, Personentaxis) sind dann marktseitig relevant, wenn die Vorteile bezüglich Zuverlässigkeit und Preis gegenüber dem Landverkehr überwiegen. Angesichts geringer Kapazitäten bei voraussichtlich beträchtlichen Kosten dürften auch in Zukunft diese Verkehrsformen eher Nischen abdecken, z.B. im City-Geschäftsverkehr oder bei der Versorgung in ländlichen Gebieten.*

Die Mobilität wird weiter zunehmen – mit hohen Effizienzpotenzialen

Die Modellanalyse der Szenarien zeigt: Insbesondere aufgrund des Bevölkerungswachstums und des verbesserten Zugangs zu Mobilitätsangeboten wächst die Verkehrsleistung in allen Szenarien gegenüber heute. Nur eine starke kollektive Nutzung (gemäss Szenario 3), verbunden mit einer starken Urbanisierung (Wachstum in Städten und Agglomerationen) kann ermöglichen, die Fahrleistung gegenüber heute zu reduzieren und gleichzeitig den Anteil der Bahn zu halten.

<i>Verkehrsentwicklung im Personenverkehr in den drei Zukunftsszenarien</i>			
	S1 Evolution ohne Disruption	S2 Revolution der individuellen Mobilitätsservices	S3 Revolution der kollektiven Mobilitätsservices
Personenkilometer (Veränderung ggü 2015)	+ 30%	+ 35%	+ 40%
% Kollektivverkehr (2015: 27%)	29%	25%	49%
% Bahn (2015: 22%)	16%	15%	21%
Fahrzeugkilometer Pkw/Taxi (Veränderung ggü 2010)	+ 37%	+ 95%	- 9%
Kostendeckungsgrad (2015: 86%)	67%	50%	50%

Grundlage: Modellrechnungen EBP und Ecoplan

Zentrale Faktoren des Wandels: Globale und lokale Player

Auf der **Angebotsseite** steht die Diffusion von Automatisierung und Vernetzung mit neuen Mobilitätsangeboten im Zentrum. Es ist zu erwarten, dass die technologische Entwicklung einen globalen Trend darstellt, mit den grossen Wirtschaftsmächten als Treiber. Dies gilt insbesondere für den Fahrzeug- und Antriebsmarkt. Demgegenüber ist der Bahn- und ÖPNV-Markt eher national geprägt.

Auf der **Nachfrageseite** wird die Bevölkerung in Städten und Agglomerationen eine zentrale Rolle einnehmen. Wichtige Faktoren sind die Verfügbarkeit und der Preis von privaten Transportmitteln (z.B. PKW, Fahrrad) im Vergleich zu integrierten Mobilitäts-services an der Schnittstelle zwischen dem heutigen öffentlichen Verkehr und On-Demand-Services (individuell und kollektiv). Diese können sowohl von lokalen als auch globalen Akteuren angeboten werden. Ein weiterer Faktor ist die stark zunehmende, ältere Bevölkerung, die sowohl die Komfortvorteile als auch die verbesserte Zugänglichkeit von 'on demand' und automatisierten Mobilitätsservices vermehrt in Anspruch nimmt.

Kritische Punkte: Schlüsselfragen für Politik und Gesellschaft

Insbesondere in Zusammenhang mit automatisierten neuen Mobilitätsformen gilt es, neben der Zulassung und dem Umgang mit Verkehrswachstum, verschiedene Fragen zu klären:

- **Strasse vs. Schiene:** Die Strasse weist mit der Automatisierung die grösseren theoretischen Potenziale für Effizienzsteigerungen, Kostensenkungen und neue Angebotsformen auf als die Schiene. Es geht also darum, den kollektiven Verkehr zu fördern und dies auch als Chance zu nutzen, die Stärken des öffentlichen Verkehrs weiter zu entwickeln:
 - ▶ Welche Rolle soll der zukünftige Schienenverkehr als Rückgrat des kollektiven Verkehrssystems einnehmen und wie kann sichergestellt werden, dass neue Mobilitätsdienstleistungen kollektive Verkehre anbieten, um eine Zunahme der Fahrleistungen zu vermeiden?
- **Individuell vs. serviceorientiert:** Entscheidend für neue Mobilitätsservices ist, dass der Besitz individueller Mobilitätswerkzeuge abnimmt, ohne dass neuer Verkehr induziert wird.
 - ▶ Wie kann autofreien Haushalten und dem Sharing-Gedanken als Ansätzen eines kollektiven Verkehrssystems zum Durchbruch verholfen werden?
Wie gelingt es, die Fahrzeugauslastung im Strassenverkehr zu steigern und gleichzeitig die Nachfragepotenziale zu befriedigen? Wie hoch ist die Akzeptanz für ‚Ride Pooling‘ und die Nutzung von ‚Robovans‘ wirklich?
- **Eigen- vs. Fremdbestimmung:** Automatisierung und Robotisierung mittels Algorithmen und künstlicher Intelligenz weisen eine ethische Dimension auf. Dieses Spannungsfeld umfasst alle Lebens- und Wirtschaftsbereiche. Deshalb braucht es stets einen ethischen Diskurs, der über den Verkehrsbereich hinausgeht.
 - ▶ Wie kann künstliche Intelligenz stufenweise und sinnvoll eingesetzt werden? Wie kann ein Konsens bei den damit einhergehenden ethischen Fragen (z.B. zur Steuerung von Fahrzeugen in kritischen Situationen) erzielt werden?
- **Sicherheit vs. Kapazität:** Automatisierung erhöht zunächst die Verkehrssicherheit. Wenn die Geschwindigkeiten (auf mittlerem Niveau) harmonisiert und die Fahrzeugabstände oder Zugabstände verringert werden können, steigt auch die Kapazität. Die Verringerung der Abstände könnte aber dem Sicherheitsgedanken zuwiderlaufen.
 - ▶ Wie können der Grundsatz «Safety first» gelebt und gleichzeitig die Zuverlässigkeit des Verkehrssystems gesteigert werden?
- **Skaleneffekte vs. Marktdominanz:** Innovationen benötigen Raum für Skaleneffekte, damit Marktpotenziale entstehen. Es besteht aber die Gefahr, dass einzelne (globale) Player eine hohe Marktmacht und -dominanz erhalten. Dabei stehen sich verschiedene Wettbewerbsmodelle (amerikanisch-angelsächsische und europäische) gegenüber.
 - ▶ Wie können faire Wettbewerbsbedingungen und kreative Räume geschaffen werden, um attraktive neue Märkte stufenweise zu erschliessen?
Wie kann sichergestellt werden, dass mit einem 'Open Source-Ansatz' notwendige Informationen und Daten öffentlich zugänglich gemacht werden, ohne dass privatwirtschaftliche Anreize gefährdet werden?

- **‘Hightech’ vs. ‘Lowtech’:** Der Velo- und Fussverkehr kann zwar in Zukunft besser in die Mobilitätskette integriert werden, profitiert aber nicht direkt von der Automatisierung. Es ist jedoch unbestritten, dass er für die letzte Meile und die Bewältigung von kurzen Wegen weiterhin und – mit der fortschreitenden Urbanisierung – eine zunehmend wichtige Rolle spielen soll.
 - ▶ Wie kann sichergestellt werden, dass neue Mobilitätsservices im Nahverkehr den Velo- und Fussverkehr nicht konkurrenzieren, sondern gezielt ergänzen?
- **Emotionalität vs. Rationalität:** Verkehr – das gilt für alle Verkehrsmittel – ist mit Emotionen verbunden. Im Verkehrssystem der Zukunft sind es insbesondere Robo-Fahrzeuge, individualisierte Mobilitätsservices, Luftfahrzeuge oder virtuelle Systeme. Gleichzeitig erhöhen sich auch die Ansprüche an einen rationalen und hocheffizienten Umgang im kollektiven Verkehr.
 - ▶ Wie kann das Besitzstreben im Mobilitätsbereich beeinflusst werden? Wie kann Lust auf Neues und Innovationen erzeugt werden, ohne dabei das Ziel der Effizienzsteigerung aus den Augen zu verlieren?

Es kann auch anders kommen: Beispiel Corona

Die Corona-Krise 2020 führt vor Augen, dass auch exogene, nicht antizipierbare Ereignisse das Mobilitätsverhalten beeinflussen können. So könnte die Corona-Krise die Digitalisierung im Bereich Homeoffice beschleunigen und so einen Beitrag zum Brechen von Verkehrsspitzen leisten. Die Corona-Krise könnte aber auch die positive Werthaltung gegenüber kollektiven Verkehrsangeboten langfristig in Frage stellen und damit die Effizienz im Verkehr reduzieren.

Postulate zum Umgang mit Verteilungsfragen

Die skizzierten Zukunftsentwicklungen haben auch einen Einfluss auf wichtige Verteilungsfragen:

- **Stadt – Land:** Alle Räume profitieren in unterschiedlicher Weise von neuen automatisierten Mobilitätsservices. Während die Stadt der Nukleus für die Entwicklung von neuen kollektiven Mobilitätsformen sein wird, dürfte auf dem Land vor allem die verbesserte Erreichbarkeit eine Rolle spielen. Die Modellrechnungen im Forschungspaket haben gezeigt, dass die analysierten Treiber einen geringen Einfluss auf die Raumentwicklung (z.B. räumliche Verteilung von Wohnen und Arbeiten) haben. Hingegen ist wahrscheinlich, dass insbesondere dank besserer Zugänglichkeit und Zuverlässigkeit das raumübergreifende Verkehrsvolumen steigen kann.
 - ▶ Ein ausgewogenes Nutzungsverhältnis zwischen Wohnen und Arbeiten sowie Orten der kurzen Wege muss weiterhin ein wichtiges Ziel der Raum- und Verkehrsplanung sein.

Ein entscheidender Wandel wird in den **Agglomerationsräumen** stattfinden. Nur wenn die Agglomerationen einen urbanen Ansatz in der Raum- und Verkehrsplanung anwenden, kann eine siedlungsverträgliche Innenentwicklung erzielt werden, mit hoher Qualität des öffentlichen Raums, mit Ausrichtung auf autoarme Haushalte und Fokus auf kollektive Verkehrsmittel sowie Velo- und Fussverkehr. Automatisierte Angebote müssen auch im **ländlichen Raum** effizient und kollektiv ausgestaltet werden.
- **Alt – Jung:** Der Anteil der älteren Bevölkerung nimmt zu. Ältere können überdurchschnittlich von neuen automatisierten Services profitieren. Junge können demgegenüber eine Vorreiterrolle spielen bei der Entwicklung und Nutzung von neuen digitalen und vernetzten Angeboten in urbanen Räumen.
 - ▶ Ziel muss es sein, dass in allen Alterskategorien kollektive Verkehrsmittel besser genutzt und ausgelastet sein werden.
- **Reich – Arm:** Individuelle automatisierte Mobilitätsservices sind ein Luxusgut. Standardisierte und kollektive Mobilitätsservices stellen hingegen ein Massengut dar. Die zunehmend massgeschneiderten Angebote können deshalb auch zu einer verstärkten Segregation führen. Das stellt neue Anforderungen an ein gerechtes und allgemein zugängliches Verkehrssystem.
 - ▶ Mobilitätsservices und neue Angebotsformen sollen eine hohe Diversität aufweisen, frei wählbar und für alle zugänglich sein, ohne dass dadurch aber das Verkehrsvolumen explodiert.

- **Big und Small Business Schweiz-Europa-Welt:** Innovatoren für den Verkehr der Zukunft sind sowohl lokale als auch globale Akteure.
 - ▶ Es ist anzustreben, dass die Wertschöpfungspotenziale von neuen Mobilitätservices einen hohen regionalen Nutzen erzeugen.

Organischer, proaktiver und steuernder Ansatz

Laissez-faire oder proaktiv steuern: Der Regulator steht vor der Herausforderung, die zukünftige Entwicklung ausgewogen zu beeinflussen, damit Chancen genutzt und Risiken vermieden werden. Deshalb gilt es, einen organischen Ansatz zu entwickeln, der auf den bisherigen Stärken der schweizerischen Verkehrspolitik aufbaut, mit folgenden Attributen: Antizipieren, steuern, kontrolliert zulassen, probieren, international abstimmen. Dieser Pfad ist in den letzten Jahren auch bereits eingeleitet worden.

Dadurch ergeben sich für die Verkehrspolitik folgende Anknüpfungspunkte:

- **Wettbewerb ermöglichen und Gewinne erzielen:** Ohne Wettbewerb besteht das Risiko, dass neue und innovative Technologien und Angebote im Pionier- und Start-up-Status stecken bleiben. Es gilt, einen kontrollierten Wettbewerb mit klaren Rahmenbedingungen zu entwickeln, unter Berücksichtigung von sozial- und wirtschaftspolitischen Zielen.
- **Labore und Experimentierräume zulassen:** Neue Angebote und neue Verhaltensformen benötigen nicht nur Akteure aus Politik und Wirtschaft, sondern insbesondere auch die Zivilgesellschaft. Neue Mobilitätsformen gehen einher mit neuen Lebensweisen (Wohnen, Arbeiten, Freizeit). Insbesondere die Organisation von Sharing-Ansätzen erfordert ein Ermöglichen und Ausprobieren im realen Leben, in Zusammenarbeit beispielsweise mit Quartieren oder ausgewählten Probanden.
- **Entscheidungs- und Investitionszyklen beachten:** Neue Infrastrukturen haben eine lange Vorlaufzeit und leben mindestens 50 Jahre, neue Verkehrsmittel können demgegenüber rasch eingeführt bzw. vom Markt entfernt werden. Das zeigen beispielsweise gegenwärtige Angebote im Bereich der städtischen Mikromobilität. Bei jedem Entscheid ist deshalb darauf zu achten, wie lange dieser zukünftige Entwicklungen hemmt oder fördert.
- **Steuerung der Auslastung:** Kollektives Nutzen der Verkehrsmittel ist zentral. Entsprechend nötig ist der Einsatz von Instrumenten, die die Auslastung beeinflussen. Die Schweiz hat diesbezüglich gute und wichtige Erfahrungen im Güterverkehr gemacht: Mit der leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe bei gleichzeitiger Einführung der 40-Tonnen-Limite ist ein Instrumentarium geschaffen worden, das die Auslastung erhöht und einen Teil der Produktivitätseffekte abschöpft.
- **Internalisierung der externen Kosten:** Dieses ökonomische Postulat der Verkehrspolitik erhält im Zusammenhang mit der Zulassung und Bepreisung von automatisierten Angeboten, neuen Antriebsformen zur Dekarbonisierung des Verkehrs und neuen Mobilitätsangeboten weiterhin eine hohe Bedeutung, um Verursachergerechtigkeit sicherzustellen und negative Effekte zu vermeiden.
- **Knappheiten als Chance:** 'Not macht erfinderisch'. Die Innovationslehre zeigt: Grosse Erfindungen sind vor allem auch aus der Not heraus entstanden. Gerade im städtischen Raum oder auf Autobahnen entstehen Knappheiten. Es stellt sich also die Frage, wie Engpässe genutzt werden können, um neue innovative Ansätze zu testen oder einzuführen (z.B. Parkraumpolitik und automatisiertes Parken, multifunktionale Räume anstelle von Verkehrsräumen, automatisiertes, harmonisiertes Fahren zur Beseitigung von Stausituationen).
- **Internationale Abstimmung und Ethikdialog:** Insbesondere die Diskussion im Umgang mit Daten sowie die Zulassung von künstlicher Intelligenz betreffen nicht nur den Verkehrsbereich und brauchen eine kontinuierliche Diskussion zwischen Gesellschaft, Wirtschaft und Politik.

Staat als Regulierer und «Enabler» – neue Herausforderungen als Koordinator, Infrastrukturbetreiber und Eigner

Obige Aspekte stellen neue und hohe Ansprüche an den Regulator. Zentral ist die Zulassung von vollautomatisierten Fahrzeugen und die Frage, wann erste Strassenabschnitte ausschliesslich von Fahrzeugen mit Level IV/V benutzt werden dürfen. Dabei ergeben sich neue Anforderungen an die Infrastrukturentwicklung und die Steuerung des Verkehrs zur Steigerung der Kapazität und der Sicherheit. Ebenfalls von Bedeutung ist die Sicherstellung eines fairen Wettbewerbs für neue Mobilitätsdienstleistungen, der Umgang mit Daten, der zukünftige Umgang mit der Bestellung und Finanzierung des öffentlichen Verkehrs und der Einbezug neuer Mischformen (z.B. Öffentlicher Individualverkehr, ÖIV). Der zu erwartende sinkende Kostendeckungsgrad (im Strassenverkehr vor allem durch den Wegfall von Mineralölsteuereinnahmen verursacht) erfordert eine neue Verkehrsfinanzierung.

Regulatorischer Handlungsbedarf – Agenda

Daraus lässt sich eine grobe «verkehrspolitische Agenda» für den Umgang mit dem Verkehr der Zukunft ableiten. Einerseits geht es darum, die heutigen verkehrspolitischen Stossrichtungen (verstärkt) fortzuführen. Andererseits sind einzelne Ansätze langfristig zu hinterfragen und neue Fragen zu klären.

Während einige Themen organisch umgesetzt werden können, indem zukünftige Entwicklungen stufenweise reguliert werden (etwa die Regulierung der Automatisierung bis Level IV), braucht es auch Grundsatzentscheide. Diese müssen früh (unter Einbezug von Risikoerwägungen) gefällt werden, um neue Entwicklungen in grossem Stil zuzulassen (oder eben nicht). Dabei geht es auch darum, die Zukunft ideologiefrei anzugehen. Neue Angebotsformen zwischen dem heutigen MIV und ÖV können dabei als Chance betrachtet werden, unterschiedliche politische Auffassungen zu überwinden.

Regulatorischer Handlungsbedarf (Fokus nationale Ebene)

Politik- und Handlungsfelder	Neue Themen/Fragen
Raumordnungspolitik/ Agglomerationsprogramme <i>Unterstützung Urbanisierung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Räumliche Einbettung von Hubs (Zentren, Subzentren, an Autobahnen) • Zulassung von Sharing-Angeboten im öffentlichen Raum • Automatisierte Parkierung • Anreize für Haushalte ohne eigenes Auto
Infrastrukturpolitik Strasse <i>Sicherheit und Kapazität mit Automatisierung; Investitionen in Soft- statt in Hardware; Netzhierarchien</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Klärung Kapazitätsnutzen der Automatisierung, Testbetriebe • Zulassung Automatisierungsgrade: Ausgestaltung Autobahnen und Spurenmanagement • Digitalisierungsprogramm Autobahnen • Klimaverträgliche Infrastruktur • Neue Organisationsformen Strassenbetrieb mit Leistungsaufträgen und Steuerungskonzepten
Strassenverkehrsrecht <i>Zulassung Fahrzeuge, Versicherung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrzeugzulassung und Typenprüfung • Lenkerverhalten bei Automatisierung • Klärung Haftungsfragen bei Vollautomatisierung
Infrastrukturpolitik Bahn <i>Digitalisierung, neue Systeme</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Umsetzung Smart Rail (Digitalisierung der Infrastruktur) und Klärung der Auswirkungen auf die Infrastrukturkapazität • Weiterentwicklung S-Bahn (2G) • Einbettung neuer Systeme und Betreibermodelle (Infrastrukturkonzessionsrecht)
ÖV-Politik <i>Grundversorgung, neue Mobilitätsangebote, Bestellung und Finanzierung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Neudefinition Mindestversorgung und ÖV – Bestellwesen • Zulassung neuer ÖIV-Systeme und Akteure (Konzessionsrecht, Taxigesetzgebung) • Kombinierte Mobilität, Regulierung Plattformangebote • Anreize für Shared Mobility und MaaS

Regulatorischer Handlungsbedarf (Fokus nationale Ebene)

Politik- und Handlungsfelder	Neue Themen/Fragen
Finanzierung und Lenkung <i>Nachhaltige Finanzierung Infrastruktur, marktwirtschaftliche Anreize zur Steigerung der Effizienz</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mobility Pricing: fahrleistungsabhängige Abgabe, um sinkende Mineralölsteuereinnahmen zu kompensieren • Differenzierung nach Auslastung, Fahrzeug und Tageszeit • Vorgaben für die Auslastung von automatisierten Fahrzeugen
Güterverkehr <i>Verlagerung und Stellenwert Verkehrsträger</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Zulassung von automatisierten LKW und Umgang mit Platooning • Förderung und Automatisierung kombinierter Verkehr: Ausrichtung der Förderpolitik auf Innovationen • Entwicklung neuer Logistiksysteme (z.B. Cargo sous terrain)
Fuss- und Veloverkehr <i>Veloinfrastruktur, neue Mobilitätsangebote</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastrukturentwicklung und Netzhierarchie (v.a. Veloschnellrouten) • Bewilligung und Konditionen für neue Angebote der Mikromobilität • Weiterentwicklung Strassenverkehrsrecht für Mischverkehr bei Niedriggeschwindigkeit
Luftverkehrspolitik <i>Zulassung, Sicherheit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Zulassung Drohnen • Zulassung Lufttaxis, Umgang mit Pilotbetrieben
Digitalisierung/Daten <i>Datenmanagement, Datensicherheit</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Datenzugang und -umgang: Anforderungen an Open Source • Bedingungen für Datenproduzenten • Datenbank Bund und Sicherheitsinfrastruktur

Neben diesen inhaltlichen stellen sich auch organisatorische Themen. Diese betreffen die:

- **Gesamtorganisation:** Koordination Gesamtmobilität und -verkehr, institutionalisierte Kümmererrolle für Zukunftsmobilität auf nationaler Ebene (UVEK), Klärung der Schnittstellen mit anderen Sektoren (Energie, Immobilien, Telekommunikation etc.).
- **vertikale Aufgabenteilung:** Es ist zu erwarten, dass die nationale Regulierungsebene an Bedeutung gewinnt. Gleichzeitig sind aber die Städte und die Agglomerationen zentrale Umsetzungsakteure.
- **Organisation der Infrastruktur:** Rolle der öffentlichen Hand als Eigentümer, Prozesse für die langfristigen Ausbauprogramme und den Betrieb, und die
- **Positionierung im öffentlichen Verkehr** sowie die (unterschiedlichen) Eigentümerrollen von Bund, Kantonen und Gemeinden.

Résumé

Un programme de recherche orienté vers le long terme

Le programme de recherche « Transport du futur » porte sur un horizon temporel qui va au-delà des périodes prévisionnelles habituelles. Il a pour vocation de mettre en évidence les éventuels futurs effets de rupture et de les analyser. Quatre projets (technique, démographie, développement territorial, climat) s'articulent autour de quatre facteurs clés du futur, deux projets (types d'offres, transports urbains) traitent de modalités concrètes et un projet porte sur les démarches de régulation et les décisions politiques qui en découlent. Une série de scénarios d'avenir formulés par les responsables du programme servent de fil rouge au programme. Les méthodes utilisées sont volontairement multiples : analyses de nouvelles tendances (« weak signals »), formulation de visions révolutionnaires, analyses d'experts, développement de nouveaux modèles quantitatifs, analyses d'études de cas, association d'élèves/d'étudiant-e-s aux réflexions, etc.

Effets et potentialités des différents facteurs

L'évolution démographique restera à l'avenir le facteur principal qui détermine la demande de transports. Cette évolution se caractérise aussi bien par la croissance quantitative générale de la population résidente en Suisse, qui devrait dépasser dix millions de personnes d'ici à 2060, ainsi que par le vieillissement rapide de cette population. **L'urbanisation** progressive, avec ses formes d'habitation et de travail inédites, est en mesure d'augmenter l'efficacité des surfaces et donc de ralentir la demande de surfaces constructibles. Ces deux facteurs exigent du système de transport futur une accessibilité, une fonctionnalité et une efficacité accrues. Une utilisation habile de **l'automatisation et une approche systémique** seront en mesure de répondre à ces exigences, grâce à la numérisation accrue et à l'intelligence artificielle, qui se concrétiseront sous la forme de nouveaux modèles d'affaires et d'une compréhension différente de la notion de service de mobilité, surtout par les ménages sans voiture.

Le **changement climatique**, pour sa part, exige une plus grande résilience du système de transport. Il nécessitera notamment une gestion différente des pics de trafic (en période de canicule ou d'autres phénomènes météorologiques extrêmes) ainsi que des mesures qui assurent la fiabilité de l'infrastructure. La mobilité indépendante de carburants fossiles est une exigence supplémentaire qui vient se greffer sur la nécessité d'accroître l'efficacité des transports.

L'évolution de la **société et de l'économie** (individualisme croissant/nouvelles valeurs, globalisation, etc.) a un impact déterminant sur les facteurs étudiés : une révolution technologique ne peut déployer ses effets que dans un contexte globalisé. Le changement climatique risque quant à lui de déclencher des flux migratoires internationaux. Parallèlement, de nouvelles valeurs pour appréhender l'être humain, la technique et l'environnement sont susceptibles d'influencer les attitudes futures, ce qui explique l'intérêt de penser l'avenir en termes de scénarios.

Le potentiel de rupture de la technique et du marché de la mobilité

La mobilité de demain sera automatisée et connectée et elle se sera émancipée des carburants fossiles. Elle pourra s'en trouver radicalement changée :

- Des **formes de mobilité mixte**, entre mobilité individuelle et transports publics, pourront voir le jour et se développer grâce à l'automatisation surtout. Les futurs transports publics individualisés (TPI) « à la demande » produisent de nouveaux modèles d'affaires, qui allient taxi, autopartage et véhicules automatiques utilisés individuellement ou en commun.
- Le **rapport à la propriété des instruments de transport** et à la chaîne de création de valeur des transports change ; désormais, « je fais partie d'un système général multimodal, indépendant de la propriété de moyens de transport, et je suis à la fois producteur et consommateur de prestations de transport. » Ce changement de

paradigme transforme les services de mobilité en secteur de service particulier (**Mobility as a Service, MaaS**).

- **L'automobile devient réellement « auto-mobile »** : la voiture, symbole de la mobilité individuelle (libérale) par excellence, devient un moyen de locomotion intelligent, libéré de l'énergie fossile, connectée et intégrée à la chaîne de transport multimodale.
- **De nouvelles chaînes de création de valeur et de nouvelles interfaces** assurent une connexion encore meilleure entre le marché des transports et les marchés tiers (logement, travail, achats, infrastructure, logistique, électricité, tourisme et loisirs). Le marché de la mobilité au sens traditionnel se trouve davantage piloté par ces marchés tiers et perd de son autonomie.
- **Les modes de transport** (route-rail, transports aériens) et **les types de transports** (personnes, marchandises) se confondent, faisant à leur tour valoir de nouvelles exigences en termes d'intermodalité et de perméabilité.
- **Les données** deviennent une unité commerciale toujours plus importante sur le marché des transports. Le marché des données (avec des fournisseurs de plateformes pour services de mobilité) est en mesure de modifier en profondeur la structure du marché des transports. Cette tendance, déjà bien visible, va se renforcer considérablement avec l'automatisation et la connexion croissantes.
- **Le monde virtuel** (réalité virtuelle et augmentée) aura un impact plus fort, influençant la demande de transports tant professionnels (formes de communication virtuelles, « bureau numérique ») que récréatifs (« jeux virtuels »).

Deux facteurs clés permettent de préciser les scénarios d'avenir : le taux de diffusion des nouvelles technologies et les caractéristiques des comportements individuels et collectifs. Ces facteurs permettent de définir trois scénarios de référence :

1. *Évolution sans révolution*
2. *Révolution services de mobilité individuels*
3. *Révolution des services de mobilité collectifs*

Chance et risque à la fois

L'automatisation accrue, la professionnalisation accrue et l'accessibilité maximale aux services de mobilité ne sont pas des évolutions favorables par définition.

D'une part, les transports deviennent **plus confortables et moins coûteux** grâce à des déplacements plus détendus (avant tout en cas de trafic dense et lors du stationnement), à la possibilité de se livrer à des activités tierces dans le véhicule, à l'accès simplifié aux offres sur mesure et à des propositions connectées porte à porte.

Le déplacement automatisé supprimant certains éléments de coût (notamment de conducteur), le potentiel de réduction des coûts est considérable. Inversement, l'automatisation exige des investissements considérables dans les véhicules et l'infrastructure, dont le coût augmentera en raison du changement climatique. Le coût des transports du futur ne diminuera que si les marges des nouveaux modèles d'affaires sont minimisées et si le gain de productivité est répercuté sur la clientèle.

À l'inverse, cette évolution s'accompagne d'une croissance accrue de la mobilité dont les effets devront nécessairement être compatibles avec les exigences écologiques, aménagistes et sociétales, tout en garantissant une concurrence équitable des fournisseurs de services de mobilité.

Cette évolution comporte un important **potentiel d'accroissement de la sécurité**. Il faut ne faut pour autant pas perdre de vue la question de la fiabilité du pilotage automatisé, qui se double de questions d'ordre éthique, ainsi que celle de la vulnérabilité face à la cybercriminalité.

Contrairement au transport de voyageurs par voie terrestre, le fret et le transport aérien ne sont que ponctuellement pris en compte dans ce projet de recherche.

Les marchés du fret et de la logistique ont commencé leur mue il y a un certain temps déjà afin de faire face aux défis logistiques que représentent p. ex. le marché en ligne et la compétition qui est globale dans ce secteur. La robotique, l'automatisation et l'interconnexion des prestations de transport créent de nouvelles potentialités d'économies. La réduction des coûts sera selon toute vraisemblance plus importante côté fret routier que côté fret ferroviaire. L'automatisation croissante et les nouveaux carburants (l'hydrogène surtout, à long terme) génèrent des potentialités notamment pour les camions au long cours. L'interconnexion, l'automatisation successive de la manutention du fret et l'accroissement des capacités permettront d'accroître l'efficacité du fret ferroviaire.

Les potentialités techniques des nouveaux **moyens de transport aériens** (drones de fret, taxis aériens pour voyageurs) auront un impact sur le marché au moment où leurs avantages (fiabilité, prix) l'emporteront sur ceux du transport terrestre. Leur faible capacité et leur coût qui restera sans doute élevé en font des produits de niche (p. ex. déplacements d'affaires urbains, approvisionnement des régions rurales).

Des potentiels d'efficacité élevés pour une mobilité croissante

L'analyse des modèles qui sont à la base des scénarios montre que dans tous les scénarios, la prestation de transport augmente par rapport à aujourd'hui du fait de la croissance démographique et d'une meilleure accessibilité des offres de mobilité.

Seule une utilisation collective intense (selon le scénario no 3), couplée à une forte urbanisation (croissance interne des villes et des agglomérations) permettra de réduire les prestations de transport actuelles tout en maintenant la part assurée par le rail.

Évolution du trafic voyageurs dans les trois scénarios du futur

	S1 Évolution sans révolution	S2 Révolution des services de mobilité individuels	S3 Révolution des services de mobilité collectifs
Kilomètres-voyageurs (modification depuis 2015)	+ 30%	+ 35%	+ 40%
% transports en commun (2015: 27%)	29%	25%	49%
% rail (2015: 22%)	16%	15%	21%
Kilomètres-véhicules automobiles/taxi (modification depuis 2010)	+ 37%	+ 95%	- 9%
Taux de couverture des coûts (2015: 86%)	67%	50%	50%

Données: modélisations EBP et Ecoplan

Les acteurs globaux et locaux, principaux artisans du changement

Côté **offre**, la diffusion de l'automatisation et l'interconnexion des offres de mobilité existantes et nouvelles constituent des facteurs déterminants. L'évolution technique représentera sans doute une tendance globale, poussée par les grandes puissances économiques, notamment dans le domaine des véhicules et des carburants. Inversement, le marché du chemin de fer et des TP se caractérise plutôt par les spécificités nationales.

Côté **demande**, la population des villes et des agglomérations est appelée à jouer un rôle essentiel. La disponibilité et le coût de moyens de locomotion individuels (voiture, vélo) en comparaison avec les services de mobilité intégrés, à la croisée des actuels TP et des services à la demande (individuels et collectifs, proposés par des acteurs locaux ou globaux) aura un impact déterminant. Le vieillissement démographique constitue lui aussi un facteur important, la population âgée profitant du confort accru et, toujours plus fréquemment, de la facilité d'accès des services de mobilité automatisés et à la demande.

Les aspects critiques : des défis clés pour la politique et la société

Il s'agira de répondre à une série de questions apparues en rapport avec les nouvelles formes de mobilité automatisée, en plus de la question de l'autorisation de circuler et de celle de l'augmentation du trafic :

- **Rail ou route ?** C'est à la route que l'automatisation réserve le plus grand potentiel d'amélioration de l'efficacité, de baisse des coûts et de nouvelles formes d'offre, du moins en théorie. Ces avantages sont moins prononcés pour le rail. Il s'agit donc d'encourager les transports en commun et de voir cette démarche comme une chance pour continuer de développer les atouts des transports publics.
- ► Quel rôle attribuons-nous au trafic ferroviaire futur en sa qualité de pilier du système des transports en commun ? Comment garantir que les nouvelles prestations de mobilité offrent des services collectifs aptes à empêcher une augmentation des prestations de transport ?
- **Propriété ou service ?** La clé du succès des nouveaux services de mobilité est la diminution du nombre d'instruments de mobilité personnels sans pour autant générer de trafics inutiles.
- ► Comment faire percer l'idée du ménage sans voiture et celle du partage comme point de départ pour un système de transport collectif ? Comment accroître le taux de remplissage des véhicules routiers tout en satisfaisant les demandes potentielles ? Quel est le taux d'acceptation du covoiturage ('ride pooling') et de l'utilisation de véhicules automatiques ?
- **Autodétermination ou ingérence tierce ?** L'automatisation et la robotisation basées sur des algorithmes et sur l'intelligence artificielle font surgir des questions d'ordre éthique, un champ de tension qui touche à tous les domaines de la vie et de l'économie. Il s'agit donc de mener une réflexion éthique qui va au-delà du domaine des transports.
- ► Comment introduire l'intelligence artificielle utilement et progressivement ? Comment obtenir un consensus sur les questions d'ordre éthique qui apparaissent à ce propos (p. ex. pilotage des véhicules en situation critique) ?
- **Sécurité ou augmentation de la capacité ?** En premier lieu, l'automation accroît la sécurité du trafic. De plus, en harmonisant les vitesses (à un niveau moyen) et en diminuant les distances entre les véhicules ou les trains, les capacités augmentent. Toutefois, la réduction des distances peut entrer en conflit avec les principes sécuritaires.
- ► Comment concilier le principe « La sécurité d'abord » tout en accroissant la fiabilité du système de transport ?
- **Économies d'échelle ou domination du marché ?** L'innovation nécessite une marge de manœuvre pour des économies d'échelle pour voir apparaître de nouveaux potentiels commerciaux. Ce phénomène comporte le risque de laisser le pouvoir, voire la domination du marché, à quelques acteurs (globaux). Plusieurs modèles économiques (anglo-saxons, européens) sont en concurrence.
- ► Comment créer des conditions de concurrence équitables ainsi que des espaces créatifs qui permettent de conquérir progressivement de nouveaux marchés attrayants ? Comment assurer que les informations et données requises soient librement accessibles sans pour autant contrarier les incitations pour l'économie privée ?
- **Technologie simple ou technologie avancée ?** Le trafic cycliste et piéton pourra à désormais être intégré plus facilement à la chaîne de mobilité ; il ne tire toutefois aucun bénéfice direct de l'automatisation. Incontestablement, le vélo et la marche continuent à jouer un rôle essentiel pour le dernier kilomètre ou les courtes distances et ce rôle est appelé à se développer avec la poursuite de l'urbanisation.
- ► Comment assurer que les nouveaux services de mobilité n'entrent pas en concurrence avec la marche et le vélo pour les petits déplacements, mais qu'ils interviennent de manière complémentaire ?
- **Émotions ou rationalité ?** Les moyens de locomotion, quels qu'ils soient, véhiculent des émotions. Le système de transport du futur se base sur les véhicules robotisés, les services de mobilité individualisés, les aéronefs et les systèmes virtuels. Ce système

éveille des attentes côté transports collectifs, qui doivent être rationnels et très efficaces.

- ▶ Comment influencer le désir de possession dans le domaine de la mobilité ? Comment générer une envie de neuf et d'innovation sans pour autant perdre de vue l'objectif de l'efficacité accrue ?

Et parfois, ça ne se passe pas comme prévu : l'exemple du COVID-19.

La crise du coronavirus de 2020 le montre : des événements extérieurs, non prévisibles, peuvent avoir un effet sur le comportement en matière de mobilité. En l'occurrence, cette crise a tout pour accélérer la numérisation côté travail à domicile, contribuant ainsi à briser les pics de trafic. À long terme, elle risque toutefois de remettre en question l'attitude positive par rapport aux offres de transport en commun et à contribuer ainsi à réduire l'efficacité du trafic.

La question de la distribution des ressources : quatre postulats

Les scénarios esquissés ci-avant ne sont pas sans effet sur d'importantes questions de distribution des ressources :

- **Ville – campagne** : les nouveaux services de mobilité automatisés profitent différemment aux différents types d'espaces. Alors que la ville formera le noyau du développement de nouvelles formes de mobilité collective, la campagne va sans doute essentiellement profiter d'une meilleure accessibilité. Les modélisations réalisées dans le cadre du programme de recherche ont montré que les vecteurs analysés n'ont qu'un faible impact sur le développement territorial (p. ex. répartition spatiale du logement et du lieu de travail). En revanche, il est probable qu'une meilleure accessibilité et une plus grande fiabilité du trafic vont provoquer une augmentation de son volume.

- ▶ Un équilibre entre utilisation à des fins d'habitation et de travail et lieux à faible distance doit rester un objectif prioritaire de l'aménagement du territoire et de la planification des transports. Des mutations substantielles vont se produire dans les **agglomérations** : une approche urbaine de l'aménagement du territoire et de la planification sont la condition pour un développement harmonieux de ce type d'espace, avec des espaces publics de qualité, des facilités pour les ménages sans voiture et la priorité aux moyens de transport en commun ainsi qu'au trafic cycliste et piéton.

Les offres de transport automatiques collectives et efficaces devront également desservir l'**espace rural**.

- **Jeunes – moins jeunes** : la part des personnes âgées augmente dans notre société. Les aîné-e-s compteront parmi les principaux bénéficiaires des nouveaux services de mobilité automatisés. Quant aux jeunes, ils sont appelés à jouer un rôle de pionniers dans le développement de nouvelles offres numériques et connectées pour l'espace urbain.
 - ▶ Les moyens de locomotion collectifs doivent drainer des personnes de tous âges afin d'accroître leur taux d'utilisation.
- **Riches – pauvres** : les services de mobilité automatisés individualisés relèvent du luxe, alors que les services de mobilité standard et collectifs sont des prestations destinées à la collectivité. La progression des services « sur mesure » comporte un risque de ségrégation sociétale. Il faut en tenir compte dans la conception du système de transport, pour qu'il soit équitable et accessible à toutes et à tous.
 - ▶ La diversité doit être le maître mot des nouvelles formes d'offres de transport et des services de mobilité, qui doivent être accessibles librement à toutes et à tous, tout en veillant à ne pas faire exploser le volume de trafic.
- **Entreprises de toutes tailles, actives en Suisse, en Europe et dans le monde** : les acteurs de l'innovation dans le domaine des transports du futur sont des acteurs aussi bien locaux que globaux.
 - ▶ Les potentialités de création de valeur des nouveaux services de mobilité doivent générer un profit élevé dans la région.

Une approche proactive, orientée et dans la continuité

Laissez-faire ou pilotage proactif ? L'organisme de régulation a pour tâche de permettre une évolution qui permet à la fois de saisir les chances et d'éviter les risques. Il s'agit donc de mettre au point une approche basée sur la continuité et sur les forces existantes de la politique des transports suisse, à savoir : anticiper, piloter, accepter moyennant contrôle, essayer, coordonner avec les démarches internationales. C'est bien cette voie qui est choisie depuis quelques années déjà.

La politique des transports peut donc se référer aux éléments suivants :

- **Accepter la concurrence et faire des bénéfices** : en l'absence de concurrence, les technologies et offres nouvelles et innovantes risquent de ne pas dépasser le stade pionnier ou de la jeune pousse. Il s'agit donc de créer un cadre concurrentiel bien défini et bien délimité, qui tient compte des objectifs politiques sociétaux et économiques.
- **Autoriser les laboratoires et les espaces dédiés à l'expérimentation** : les nouvelles offres et les nouvelles formes de comportement sont tributaires d'acteurs politiques et économiques, mais aussi de la société civile. Les nouvelles formes de mobilité accompagnent les nouveaux modes de vie (logement, travail, loisirs). La mise en place de modalités de partage ne va pas sans essais dans la vie réelle, en collaboration par exemple avec des quartiers ou des volontaires choisis.
- **Tenir compte des cycles de décision et d'investissement** : les nouvelles infrastructures ont besoin d'un temps de préparation long et leur cycle de vie est de 50 ans au moins, alors que la mise en service de nouveaux moyens de locomotion peut se faire rapidement, tout comme leur retrait de la circulation. C'est ce que montrent les offres actuelles dans le domaine de la micromobilité urbaine. Chaque décision doit tenir compte de la durée pendant laquelle elle va freiner ou promouvoir les évolutions futures.
- **Piloter le taux d'utilisation** : l'utilisation collective de moyens de locomotion constitue un facteur essentiel ; il importe donc de créer des instruments aptes à influencer le taux d'utilisation des véhicules. La Suisse dispose à cet égard d'expériences précieuses dans le domaine du fret : en introduisant simultanément la **redevance poids lourds** liée aux prestations et la limite des 40 tonnes, elle a créé un instrument apte à augmenter le taux d'utilisation tout en taxant une partie des gains de productivité.
- **Internalisation des coûts externes** : ce postulat économique de la politique des transports reste un outil clé pour appliquer le principe du pollueur payeur et pour éviter les effets pervers en rapport avec l'autorisation et la taxation d'offres automatisées, de nouveaux carburants (décarbonisation des transports) et de nouvelles offres de mobilité.
- **La pénurie, une chance** : « La nécessité est mère de l'invention. » La théorie de l'innovation nous apprend que les inventions qui comptent sont le résultat d'une pénurie. Dans l'espace urbain et sur les autoroutes, de telles pénuries émergent. Comment les utiliser pour mettre à l'épreuve ou introduire des approches innovantes (p. ex. gestion du stationnement et stationnement automatisé, espaces multifonctionnels au lieu des embouteillages).
- **Coordination internationale et dialogue sur l'éthique** : le débat en cours sur la gestion des données et sur l'autorisation de processus régis par l'intelligence artificielle ne touchent pas seulement le monde des transports. Un dialogue permanent entre société, économie et politique est indispensable à ce propos.

L'État, à la fois régulateur et moteur : les nouveaux défis liés à son rôle de coordinateur, d'exploitant d'infrastructures et de propriétaire.

Ce qui précède met en lumière les défis, inédits et exigeants, que le régulateur est appelé à relever. L'autorisation de véhicules entièrement automatisés constitue une étape déterminante, tout comme la décision de réserver exclusivement les premiers tronçons routiers aux véhicules de niveau IV/V. Il en découlera de nouvelles exigences pour le développement de l'infrastructure et pour le pilotage du trafic afin d'augmenter la capacité et la sécurité. Il s'agira aussi d'assurer une concurrence équitable pour les nouvelles prestations de mobilité, la gestion des données, les modalités de commande et de financement des transports publics et l'intégration de nouvelles formes mixtes (TPI). La baisse escomptée du degré de couverture des coûts (avant tout due, côté

route, à la disparition des recettes générées par l'impôt sur les huiles minérales) exige la mise en place de nouvelles modalités de financement des transports.

Interventions requises du régulateur, agenda

Ces informations permettent d'établir une esquisse de calendrier pour définir la politique des transports de demain. Il s'agira d'une part de reconduire les grandes orientations de la politique des transports actuelle en les renforçant. D'autre part, il conviendra de remettre en question périodiquement certaines approches et de répondre aux questions nouvelles qui se posent.

Alors que certaines démarches pourront être mises en œuvre sans rupture, au moyen d'une adaptation successive des régulateurs aux développements futurs (p. ex. concernant l'automatisation jusqu'au niveau IV), des décisions de principe sont indispensables. Elles devront être prises à un stade précoce, au terme d'une pesée des intérêts, face aux développements de grande portée. Ces décisions devront être libres de toute idéologie. D'ailleurs, l'arrivée de nouvelles formes d'offres, entre TIM et TP, constitue une occasion de transcender des positions politiques divergentes.

Interventions requises sur le plan réglementaire (spécialement au niveau national)

Champs politiques et d'action	Thématiques/Questions nouvelles
Aménagement du territoire/ Projets d'agglomération <i>Soutien à l'urbanisation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Intégration spatiale de plaques tournantes (centres-sous-centres, le long des autoroutes) • Autorisation d'offres de partage dans l'espace public • Stationnement automatisé • Incitations pour favoriser les ménages sans voitures
Politique des infrastructures routières <i>Sécurité et capacités avec automatisation ; investissements dans les logiciels et non dans le matériel ; hiérarchie des réseaux</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mise au point concernant l'effet de l'automatisation sur la capacité, essais • Autorisation des étapes d'automatisation : aménagement des autoroutes, gestion des pistes • Programme de numérisation « Autoroutes » • Infrastructure sans impact négatif sur le climat • Nouvelles formes d'organisation de l'exploitation routière, avec mandats de prestation et système de pilotage
Législation routière <i>immatriculation véhicules, assurance</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Immatriculation et homologation • Comportement au volant en cas d'automatisation • Responsabilité en cas d'automatisation complète
Politique des infrastructures ferroviaires <i>Numérisation, nouveaux systèmes</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en œuvre de Smart Rail (numérisation infrastructure) et analyse des impacts aux capacités • Poursuite du développement du RER (2G) • Intégration des nouveaux systèmes et modèles d'exploitation (législation sur les concessions relatives aux infrastructures)
Politique des TP <i>Dessert de base, nouvelles offres de mobilité, commande et financement</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Redéfinition de la desserte minimale et des modalités de commande des TP • Autorisation de nouveaux systèmes et acteurs TPI (législation sur les concessions, sur les taxis) • Mobilité combinée, régulation des offres de plates-formes • Incitation à la mobilité partagée et à la MaaS
Financement et pilotage <i>Financement durable de l'infrastructure, incitations économiques à améliorer l'efficacité</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tarification de la mobilité en fonction du tronçon parcouru pour compenser la baisse des recettes générées par l'impôt sur les huiles minérales • Différenciation entre taux d'occupation, type de véhicule et créneau horaire • Exigences sur le taux d'occupation des véhicules automatiques
Fret <i>Transfert, place des différents modes de transport</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Autorisation des camions automatiques, gestion du remorquage virtuel • Encouragement et automatisation du trafic combiné : orienter la politique d'encouragement vers l'innovation • Développement de nouveaux systèmes logistiques (p. ex. cargo souterrain)

Interventions requises sur le plan réglementaire (spécialement au niveau national)

Champs politiques et d'action	Thématiques/Questions nouvelles
Trafic piéton et cycliste <i>Infrastructure cycliste, nouvelles offres de mobilité</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Développement de l'infrastructure, hiérarchisation du réseau (p. ex. voies rapides pour vélos) • Autorisation de nouvelles offres de micromobilité et définition des conditions • Adaptation du droit sur la circulation routière au trafic mixte à faible vitesse
Politique aérienne <i>Autorisation, sécurité</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Autorisation des drones • Autorisation des taxis aériens, gestion des essais pilotes
Numérisation/Données <i>Gestion et sécurité des données</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Accès et gestion des données : exigences en matière de libre-accès • Conditions applicables aux producteurs de données • Banque de données de la Confédération et infrastructure de sécurité

À ces aspects thématiques s'ajoutent des aspects organisationnels, qui concernent les domaines suivants :

- **Organisation générale** : coordination de la mobilité globale et de l'ensemble du trafic, attribution officielle du rôle de responsable de la mobilité du futur au niveau national (DETEC), définition des interfaces avec les autres secteurs (énergie, immeubles, télécommunication, etc.).
- **Distribution verticale des tâches** : le niveau de réglementation national va sans doute gagner en importance. Parallèlement, le rôle des villes et des agglomérations comme acteurs essentiels de la mise en œuvre va se renforcer.
- **Organisation de l'infrastructure** : définir le rôle des pouvoirs publics en leur qualité de propriétaires ainsi que les processus appelés à gérer les programmes de développement à long terme, de même que l'exploitation.
- **Positionnement par rapport aux transports publics** ainsi que les rôles (spécifiques) de la Confédération, des cantons et des communes en leur qualité de propriétaires.

Summary

Research package with a long-term horizon

The research package 'Transport of the future' considers a time horizon beyond that of typical forecasts. Its purpose is to identify and analyse possible disruptive effects. Four projects (technology, demography, spatial development, and climate) deal with future driving forces. Two projects (supply forms, urban transport) deal with concrete organizational aspects. One project focuses on demands on regulations and policy makers. To tie these together, future scenarios have been formulated. The impact structure 'driving forces - supply - potential - demands on the regulatory body' and the scenarios form the common thread for the entire research package. The variety of methods is deliberately broad and includes the analysis of new trends (so-called 'weak signals'), sketches of 'revolutionary images of the future', expert approaches, development of new quantitative models, case study analyses, and the involvement of pupils and students.

Effects and potential of the driving forces

The most important driver of future transport demand growth continues to be **demographic development**. In addition to the general trend of population growth to over ten million residents in Switzerland by 2060, there is also a rapidly growing share of older people. Furthermore, increasing **urbanisation** and new ways of living and working can increase space efficiency and slow the demand for settlement space. Both driving forces place increased demands on the accessibility, functionality and efficiency of the future transport system. **Automation and networking** in particular (thanks to digitisation and artificial intelligence) can – if used correctly – make a significant contribution to meeting these demands. For example, new business models and a new understanding of mobility services can greatly help households without a car to meet their mobility demands. **Climate change**, on the other hand, places greater demand on the resilience and reliability of the transport system. For example, handling increasing peak traffic volumes due to heat waves and extreme weather conditions. The requirements for fossil-free mobility also increase the demands for increased traffic efficiency.

The development of **society and the economy** (e.g. individualisation, new values, or globalisation) characterises the analysed driving forces; a technological revolution can only take place in a global context. Climate change can trigger global migration flows. At the same time, however, new values towards people, technology and the environment can shape future attitudes. It is therefore important to "think in scenarios".

Disruption potential due to technology networked mobility business models

The future of mobility is automated, networked and fossil-free. The understanding of mobility can therefore change significantly in the future:

- **New hybrids** will develop between today's individual transport and public transport. They will gain in importance, especially due to automation. So-called 'on-demand' public transport is creating new business models that combine taxi services and sharing approaches with automated vehicles used individually or collectively.
- The **relationship towards the possession of mobility tools** and the value chain of transport is changing: 'I am part of a multimodal overall system, not bound to the possession of mobility tools and I am a producer and consumer of transport services at the same time'. Mobility services are thus becoming an explicit service unit (**mobility as a service**).
- **The automobile is becoming 'autonomous'**: As a previous symbol of (separate) individual transport, the car is developing into an intelligent, fossil-free means of transportation that can be embedded in the network and the multimodal transport chain.
- **New value chains and interfaces** will link the transport market with other markets (residential, work, shopping, infrastructure, logistics, electricity, tourism, and leisure)

even more strongly than today. The mobility market in the traditional sense is thus increasingly controlled by other markets and losing its independence.

- **Modes of transport** (road, rail, air transport) and **types of transport** (passenger and freight transport) are becoming intermingled, placing new demands on intermodality and the permeability of systems.
- **Data** is becoming an increasingly important trading unit in the transport market. The data market itself (with platform providers for mobility services) has the potential to completely change the market structure. This trend, which is already visible today, will increase massively in the future due to automation and networking.
- In addition to the real world of mobility and transport, the **virtual world** ('virtual and augmented reality') can become increasingly important and influence transport demand, both in the world of work (virtual forms of communication, 'digital office') and in the world of leisure ('virtual games').

Two influencing factors are particularly relevant in making visions of the future more precise: The first is the extent of the diffusion of new technologies. The second is the extent of individual or collective behaviour. Three key scenarios can be derived from these two influencing factors:

1. *Evolution without disruption*
2. *Revolution of individual mobility services*
3. *Revolution of collective mobility services*

Opportunities and risks

Increasing automation and professionalisation and maximum access to mobility services are not inevitably positive developments.

Transport will become **cheaper and more comfortable** thanks to relaxed driving conditions (especially regarding the traffic volume and parking), possible alternative activities in the vehicle, easier access due to needs-based on-demand services and networked door-to-door services. Because automated driving eliminates various cost elements (especially chauffeur costs), there is considerable potential for cost reduction.

Conversely, automation also requires considerable investments in vehicles and infrastructure. Infrastructure costs are also increasing as a result of climate change. Transport will therefore only become cheaper in the future if strong competition minimises the margins of new business models and if the improvements in productivity are passed on to customers.

These developments are also associated with increased traffic growth as well as increasing demand for environmentally, spatially and socially compatible design and fair competition among mobility service providers.

Great opportunities are also associated with the potential for **increased safety** due to future mobility. However, the reliability of automated control systems, ethical dilemmas, and vulnerabilities due to cybercrime can put these opportunities in question.

In contrast to land-based passenger transport, freight and air transport have only been analysed selectively in the research project:

*The **freight transport and logistics market** are already undergoing changes because new logistics requirements (e.g. online trading) and global competition are challenging the industry. Robotics, automation and the networking of transport services create new potential for cost savings. Prospectively, the cost reduction potential is greater in road freight transport than in rail freight transport. With increasing automation and new forms of propulsion (in the longer term, especially hydrogen), there is potential for long-distance trucking. Increased networking, automated transshipment and capacity increases will also lead to efficiency gains in rail freight transport.*

*The technical potential of new **air transport methods** (cargo drones, passenger taxis) is relevant to the market if the advantages in terms of reliability and price outweigh those of land-based transport. In view of the low capacities and probable considerable costs, these forms of transport are likely to remain limited to niche markets in the future, e.g. in city business traffic or in rural areas.*

Mobility will continue to increase – with high potential for efficiency

The model analysis of the scenarios indicates that transport performance in all scenarios increases compared to today. This is particularly due to population growth and improved access to mobility services. Only strong collective usage (according to scenario 3), combined with strong urbanisation (growth in cities and agglomerations), can make it possible to reduce the number of kilometres travelled compared with today and at the same time maintain the share of rail transport.

Development of passenger transport in the three future scenarios

	S1 Evolution without disruption	S2 Revolution of individual mobility services	S3 Revolution of collective mobility services
Passenger kilometres (change compared to 2015)	+ 30%	+ 35%	+ 40%
% Collective transport (2015: 27%)	29%	25%	49%
% Rail (2015: 22%)	16%	15%	21%
Vehicle-kilometres car/taxi (change compared to 2010)	+ 37%	+ 95%	- 9%
Cost recovery ratio (2015: 86%)	67%	50%	50%

Basis: Model calculations EBP and Ecoplan

Key actors of change: global and local players

On the **supply side**, the focus is on the diffusion of automation and networking with new mobility solutions. It is to be expected that technological development will be a global trend, with the major economic powers as drivers. This applies particularly to the vehicle and drivetrain market. In contrast, the rail and public transport market is more nationally oriented.

On the **demand side**, the population in cities and agglomerations will play a central role. Important factors are the availability and prices of private transport modes (e.g. car, bicycle) compared to integrated mobility services at the interface between today's public transport and 'on demand' services (individual and collective). These can be provided by both local and global actors. Another factor is the rapidly growing elderly population, which is increasingly taking advantage of both the comfort benefits and the improved accessibility of 'on demand' and automated mobility services.

Critical points: Key issues for politics and society

Particularly regarding new forms of automated mobility, various questions beyond regulatory approval and transport growth need to be clarified:

- **Road vs. rail:** Thanks to automation, road has the greater theoretical potential for efficiency gains, cost reductions and new forms of service than rail. It is therefore a question of promoting collective transport and also using this as an opportunity to further develop the strengths of public transport:
 - ▶ What role should future rail transport play as the backbone of the collective transport system and how can it be ensured that new mobility services offer collective transport in order to avoid an increase in performance?
- **Individual vs. service oriented:** The decisive factor for new mobility services is that the possession of individual mobility tools decreases without unnecessarily inducing traffic.

► How can car-free households and the sharing concepts as approaches to a collective transport system be supported towards a breakthrough?

How can vehicle capacity factors in road transport be increased while at the same time satisfying potential demand? To what extent are ride pooling and the use of 'robovans' really accepted?

- **Self-determination vs. heteronomy:** Automation and robotization using algorithms and artificial intelligence have an ethical dimension. This field of tension covers all areas of life and the economy. Therefore, an ethical discourse is needed that goes beyond the transport sector.
 - How can artificial intelligence be gradually and meaningfully introduced? How can a consensus be reached on the associated ethical issues (e.g. controlling vehicles in critical situations)?
- **Safety vs. capacity:** Automation first increases traffic safety. If speeds (at medium level) can be harmonised and distances between vehicles or trains reduced, capacity will also increase. However, reducing distances could be contrary to safety considerations.
 - How can the principle of 'safety first' be put into practice while at the same time increasing the reliability of the transport system?
- **Economies of scale vs. market dominance:** Innovations need room for economies of scale in order to create market potential. However, there is a risk that specific (global) players will gain a high degree of market power and dominance. In this regard different competition models (American-Anglo-Saxon and European) oppose each other.
 - How can fair competition conditions and creative spaces be created to gradually open attractive new markets?
 - How can it be ensured that necessary information and data are made publicly available by implementing an 'open source approach' without jeopardising private incentives?
- **High-tech vs. low-tech:** Although cycling and walking could be integrated into the future mobility chain, they do not benefit directly from automation. It is however undisputed that they should continue to play an increasingly important role with respect to the last mile and for coping with short distances as urbanisation progresses.
 - How can it be ensured that new mobility services in local transport do not compete with cycling and walking, but specifically complement them?
- **Emotions vs. rationality:** Mobility – this applies to all means of transport – is associated with emotions. In the transport system of the future this accounts for robotic vehicles, individualised mobility services, aircraft or virtual systems. At the same time, there are increasing demands for a rational and highly efficient collective transport.
 - How can the desire for ownership in the mobility sector be influenced? How can the desire for new things and innovations be generated without losing sight of the goal of increasing efficiency?

It can also happen differently: Corona as an example

The corona crisis in 2020 demonstrates that exogenous, unpredictable events can also influence mobility behaviour. For example, it could accelerate digitisation regarding home office and thus contribute to breaking traffic peaks. However, the corona crisis could also call into question the positive value attitude towards collective transport services in the long term and thus reduce transport efficiency.

Postulates for dealing with distributional issues

The future developments outlined above also have an impact on important distributional issues:

- **Urban – rural:** All areas benefit in different ways from new automated mobility services. While the city will be the nucleus for the development of new forms of collective mobility, in rural areas improved accessibility is likely to play a major role. The model calculations in this research package have shown that the driving forces analysed here have little influence on spatial development (e.g. spatial distribution of living and working). On the other hand, it is likely that the volume of traffic that crosses spatial boundaries can increase, especially thanks to improved accessibility and reliability.
 - ▶ A balanced relationship between living and working and places of short distances must continue to be an important objective of spatial and transport planning. A decisive change will take place in **agglomerations**. Only if agglomerations apply an urban approach to spatial and transport planning will it be possible to achieve inner development that provides high quality of public space, orientation towards households with rare usage of cars, and a focus on collective means of transport, cycling and walking.
 Also, in **rural areas**, must automated services be designed to be efficient and collective.
- **Old – young:** The share of the older population is increasing. Older people can benefit from new automated services disproportionately. Young people, in contrast, can play a pioneering role in the development of new digital and networked services in urban areas.
 - ▶ The aim must be to ensure that collective means of transport are used by all age categories with a high capacity factor.
- **Rich – poor:** Individual automated mobility services are a luxury goods. Standardised and collective mobility services, on the other hand, are for the masses. The increasingly tailor-made services can therefore also lead to greater segregation. This places new demands on a fair and generally accessible transport system.
 - ▶ Mobility services and new forms of services should be highly diverse, freely selectable and accessible to all, but without exploding the volume of traffic.
- **Big and small business Switzerland-Europe-World:** In terms of the transport of the future both local and global players are innovators.
 - ▶ The aim is to ensure that the value-added potential of new mobility services generates a high regional benefit.

Organic, proactive and steering approach

Managing *laissez faire* or proactively: The regulator is faced with the challenge of influencing future development in a balanced way so that it is possible to make use of opportunities and to avoid risks. It is therefore necessary to develop an organic approach that builds on the previous strengths of Swiss transport policy by using the following concepts: anticipation, monitoring, limited approval, testing and coordination on an international level. This path has already been initiated in recent years.

This gives rise to the following points of reference for transport policy:

- **Enabling competition and making profits:** Without competition, there is a risk that new and innovative technologies and products will get stuck in pioneer and start-up status. Controlled competition must be developed with a clear framework, considering social and economic policy objectives.
- **Laboratories and experimental space:** New transport solutions and forms of behaviour not only require the engagement of actors from politics and business, but also from society in particular. New forms of mobility go hand in hand with new ways of life (living, working, leisure). In particular, the organisation of sharing approaches requires enabling and experimentation in real life, for example in cooperation with neighbourhoods or selected test persons.
- **Considering decision and investment cycles:** New infrastructure has a long lead time and a lifetime of at least 50 years, whereas new means of transport can be introduced or removed from the market quickly. This is shown, for example, by current offers in the

field of urban micro-mobility. When making any decision, it is therefore important to consider how long this will inhibit or encourage future developments.

- **Managing capacity utilisation:** Collective use of transport is central. Accordingly, it is necessary to develop instruments that influence the capacity utilisation. Switzerland has had positive experience in this respect in the freight transport sector: With the distance-related Heavy Vehicle Fee (LSVA) and the simultaneous introduction of the 40-tonne limit, a set of instruments has been created which increases capacity utilisation and absorbs part of the productivity effects.
- **Internalisation of external costs:** This economic postulate of transport policy continues to be of great importance in connection with the authorisation and pricing of automated services, new forms of propulsion to decarbonise transport, and new mobility services. It helps to ensure that the polluter pays principle is followed and helps to avoid negative effects.
- **Scarcity as an opportunity:** 'Necessity is the mother of invention'. The theory of innovation claims that great inventions are above all the result of necessity. Scarcity arises especially in urban areas or on motorways. The question therefore arises how bottlenecks can be used to test or introduce new innovative approaches (e.g. parking policy and automated parking, multifunctional spaces instead of traffic areas, automated harmonised driving to eliminate congestion).
- **International coordination and ethical dialogue:** In particular, the discussion on the handling of data as well as the approval of artificial intelligence concerns extends beyond the transport sector and requires a continuous discussion between society, economy and politics.

State as regulator and enabler – new challenges as coordinator, infrastructure manager, and owner

This places significant new demands on the regulator. Central to this is the approval of fully automated vehicles and the question of when the first road sections may be used exclusively by vehicles of level automation IV/V. This results in new requirements for infrastructure development and traffic control to increase capacity and safety. Also, ensuring fair competition for new mobility services, the handling of data, the future handling of constructing and financing public transport and the inclusion of new mixed forms is of importance. The expected decline in the cost recovery ratio (in road transport mainly caused by the loss of mineral oil tax revenues) requires new transport financing.

Need for regulatory action – Agenda

In light of these developments, a rough 'transport policy agenda' for dealing with the transport of the future can be derived. On the one hand, it is a question of continuing the direction of current transport policies. On the other hand, individual approaches must be questioned in the long term and new questions must be clarified.

While some issues can be implemented organically by regulating future developments in stages (e.g. regulation of automation up to level IV), fundamental decisions are also needed. These must be made early on (taking risk considerations into account) in order to allow (or not) new developments on a large scale. It is also a question of approaching the future without an ideological way of thinking. New forms of mobility services at the interface of current public and private transport can also be seen as an opportunity to overcome differences in political opinion.

Need for regulatory action (focus on national level)

Policy and action areas	New topics and questions
Spatial planning policy/ agglomeration programmes <i>Support for urbanisation</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Spatial embedding of hubs (centres, sub-centres, along motorways) • Admission of sharing offers in public space • Automated parking • Incentives for car-less households
Road infrastructure policy <i>Safety and capacity with automation; investment in software instead of hardware; network hierarchies</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Clarification of capacity benefits due to automation, • Enabling testing environments • Approval for the different degrees of automation: design of motorways and lane management • Digitisation programme for motorways • Climate-friendly infrastructure • New organisational forms of road operation with performance mandates and control concepts
Road traffic law <i>Registration of vehicles, insurance</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vehicle approval and type testing • Driver behaviour with automation • Clarification of liability issues for fully automated driving
Rail infrastructure policy <i>Digitalisation, new systems</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementation of Smart Rail (digitalisation of infrastructure) and clarification of capacity utilisation • Further development of urban railways (2G) • Introduction of new systems and operator models (infrastructure concession law)
Public transport policy <i>Basic services, new mobility services, ordering and financing</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Redefinition of the minimum requirements for public transport • Approval of new mixed transport systems and actors (concession law, taxi legislation) • Combined mobility, regulation of platform offers • Incentives for shared mobility and MaaS
Financing and steering <i>Sustainable financing Infrastructure, market-based incentives to increase efficiency</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mobility pricing: mileage-based levy to compensate for falling mineral oil tax revenues • Differentiation according to capacity utilisation, vehicle and time of day • Specifications for the utilisation of automated vehicles
Freight transport <i>Modal shift and the importance of carrier</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Approval of automated trucks and handling of platooning • Promotion and automation of combined transport: focusing support policy on innovation • Development of new logistics systems (e.g. cargo sous terrain)
Pedestrian and cycle traffic <i>Bicycle infrastructure, new transport services</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastructure development and network hierarchy (especially fast cycle routes) • Approval and conditions for new micro-mobility services • Further development of road traffic law for mixed traffic at low speeds
Air transport policy <i>Approval, safety</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Approval of drones • Approval of air taxis, dealing with pilot operations
Digitisation/ Data <i>Data management, data security</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Data access and handling: requirements for open source • Conditions for data producers • Database of the federal government and security infrastructure

In addition to these content-related topics, there are also organisational issues concerning:

- **overall organisation:** coordination of overall mobility and transport, institutionalised caretaker role for future mobility at national level (DETEC), clarification of interfaces with other sectors (energy, real estate, telecommunications, etc.).
- **vertical division of responsibilities:** the national level of regulation is expected to become more important. At the same time, however, the cities and agglomerations are key actors.
- **organisation of the infrastructure:** role of the public authorities as owners, processes for the long-term expansion programmes and operation.
- **positioning in public transport** and the (different) ownership roles of the federal government, cantons and municipalities.

1 Mobilität im Wandel – gestern, heute und morgen



1.1 Hohe Dynamik der bisherigen Verkehrsentwicklung

Eindrückliche Wachstumsraten in der Vergangenheit

Die Geschichte des Verkehrs und der Mobilitätsentwicklung ist geprägt von Wachstum. Die Dynamik in der Schweiz erklärt sich vor allem durch das Bevölkerungswachstum, das Wirtschaftswachstum und den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur von Strasse und Schiene ab den 1960er Jahren. So haben die Verkehrsleistungen (Pkm) des privaten motorisierten Strassenverkehrs um einen Faktor 5.5 gegenüber 1960 zugenommen. Demgegenüber ist der Schienenverkehr um einen Faktor 2.6 gestiegen (Basis: Bundesamt für Statistik 2019a). Diese eindrucklichen Wachstumsraten sind auch geprägt vom Zeitalter der Erdölwirtschaft. Das Verkehrswachstum und der damit verbundene Energieverbrauch – beides zentrale Produktionsfaktoren der Wirtschaft – entwickeln sich etwa parallel. Trotz einer laufend gesteigerten Motoreffizienz hat keine Entkopplung von Verkehrswachstum und Wachstum des Energieverbrauchs im Verkehr stattgefunden, wie folgende Abbildung zeigt: Zwischen 1980 und 2018 haben die Personenkilometer von Bahnen und MIV um 59% zugenommen, während die Bevölkerung um 35% gewachsen ist. Gleichzeitig ist der Energieverbrauch im Verkehr um 68% gestiegen, während das Bruttoinlandprodukt basierend auf dem Verwendungsansatz um 94% zugenommen hat.

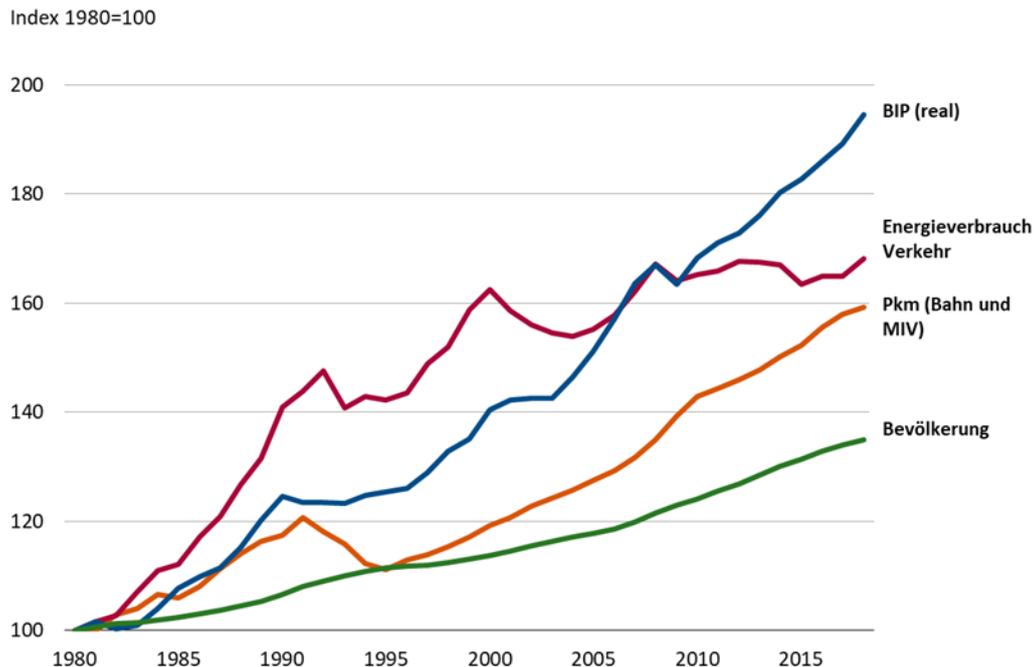


Abb.1 Indexierte Entwicklung (Index 1980=100) der ständigen Wohnbevölkerung, der Personenkilometer (Bahn und MIV), des Endverbrauchs Energie im Verkehr und Transport sowie des Bruttoinlandprodukts

Legende/Quellen: Eigene Berechnungen basierend auf verschiedenen Datensätzen. Personenkilometer (Bahn und MIV): Index basierend auf geleisteten Personenkilometern Eisenbahnen, Spezialbahnen und Privater motorisierter Verkehr in Mio. (Bundesamt für Statistik 2019a); Bruttoinlandprodukt: Index basierend auf Jahresaggregaten des Bruttoinlandproduktes in Mio. Franken, Verwendungsansatz (BFS, SECO) (Staatssekretariat für Wirtschaft 2020); Endverbrauch Energie Verkehr: Index basierend auf Endverbrauch Energie im Bereich Verkehr und Transport in TJ (Bundesamt für Energie 2020); Ständige Wohnbevölkerung: Index basierend auf Bilanz der ständigen Wohnbevölkerung Total per 31. Dezember der betrachteten Jahre (Bundesamt für Statistik 2019b).

Diverse Treiber innerhalb und ausserhalb des Verkehrssektors

Tab. 1 zeigt die Treiber, die die Mobilitätsentwicklung in den letzten Jahrzehnten ebenfalls mitgeprägt haben. Insbesondere das Wechselspiel zwischen gesellschaftlichen Veränderungen, Infrastrukturentwicklung, wirtschaftlicher Entwicklung und den Veränderungen im Regulativ (Liberalisierung und Globalisierung) hat die Verkehrsentwicklung beeinflusst.

Tab. 1 Wichtige Einflüsse für die Verkehrsentwicklung (in den letzten 40 Jahren)

Treiber	Entwicklung	Folgen für den Verkehr
Gesellschaft: Neue Wohn- und Arbeitsformen, neue Freizeitaktivitäten	Trend zu Kleinfamilie, Dienstleistungsgesellschaft Steigende Haushaltseinkommen	Zunahme der Anzahl Autos pro Haushalt Steigerung der Erwerbstätigkeit Mehr Freizeitverkehr
Raumentwicklung	Bildung von Agglomerationen, Zersiedelung, Trennung Wohn- und Arbeitsort	Steigende Entflechtung von Wohn- und Arbeitsort und grössere Pendlerwege, Zunahme der Durchschnittsdistanzen; starker Zusammenhang mit Infrastrukturentwicklung
Industrielle Entwicklung	Globalisierung der Wirtschaft, Industrie 3.0 und 4.0	Verlagerung von Produktionsstätten ins Ausland, abnehmende Wertschöpfungstiefe an einem Standort, zunehmender grenzüberschreitender Verkehr
Finanzierungsmodelle, Informatik und Telekommunikation	Fahrzeug-Leasing Mobile Computer und Telekommunikation, Globalisierung der Informationsgefässe	Vereinfachter Zugang zu Mobilitätswerkzeugen (z.B. Fahrzeuge, Fahrplan, Navigationssysteme)
Umwelt	Umweltdruck und -bewusstsein Luft, Lärm, Klimawandel	Technische Neuerungen (Fahrzeuge, z. B. Katalysator) Förderung öffentlicher Verkehr und Velo-Fussverkehr
Liberalisierung und Globalisierung	Marktzugang und internationaler Wettbewerb	Vor allem grosse Einflüsse im Güterverkehr und im Luftverkehr

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Nur wenige echte Revolutionen in den letzten 50 Jahren

Die bisherigen Trends können folgendermassen zusammengefasst werden:

- Das **Auto** ist besser und effizienter geworden. Die Effizienz ist aber zum Teil kompensiert worden (Gewicht, Motorisierung, Anzahl Fahrzeuge pro Haushalt). Vor allem ist die internationale Konkurrenz (z.B. mit dem Eintritt der asiatischen Produzenten) stark angestiegen, was die Fahrzeugpreise gesenkt hat. Das Erscheinungsbild der verschiedenen Marken hat sich stark angenähert. Das Auto ist immer noch ein motorisiertes individuelles Fortbewegungsmittel, mit einer durchschnittlichen Belegung von 1.56 Personen¹, im Pendlerverkehr während der Spitzenstunden allerdings deutlich tiefer. Die Nationalstrassen weisen die grösste Dynamik auf. Seit 1990 ist die Fahrleistung im Personen- und im Güterverkehr auf der Strasse um 38% angestiegen. Mit knapp +130% waren die Nationalstrassen von diesem Wachstum überproportional stark betroffen. Die Staustunden haben sich dort zwischen 2008 und 2019 verdreifacht.² Gleichzeitig ist der Strassenverkehr deutlich sicherer geworden. Seit 1970 ist die Zahl der Unfälle mit Todesfolgen kontinuierlich um gut 85% gesunken.³
- Der **ÖV** ist kundenorientierter geworden. Mit dem Taktfahrplan und der Liberalisierung im regionalen Personenverkehr ist die Angebotsqualität gestiegen. Im internationalen Verkehr hat der Hochgeschwindigkeitszug eine wichtige Rolle eingenommen. Zurzeit ist eine neue Dynamik im Gang: Neue Infrastrukturen im Agglomerationsverkehr

¹ Mikrozensus 2015 (Bundesamt für Statistik). Die Auslastung hat sich in den letzten 10-15 Jahren stabilisiert. In dieser Zeit hat auch das Car-Sharing in den Städten zugenommen.

² Verkehrsflussbericht ASTRA 2019

³ BfS: Verkehrsunfälle 2019c

(Stadtbahn/Schnellbussysteme); neue Informationsplattformen und Ticketing-Systeme (Apps). Der kontinuierliche Ausbau des Angebots hat allerdings nicht zu entsprechenden Effizienzverbesserungen geführt. Die durchschnittliche Auslastung liegt heute bei ca. 30%, der Kostendeckungsgrad bei ca. 35%⁴.

- Das **Fahrrad** hat mehrere Entwicklungsphasen erlebt. Erstens das individuelle Velo (seit den 80er Jahren, mit Mountain Bike) und zweitens das E-Bike seit ca. 2000. Neu kommen nun Bike-Sharing-Angebote im städtischen Raum dazu.
- Im **Luftverkehr** ist mit Abstand die grösste Dynamik zu beobachten. Im Vergleich zu 1960 sind die von der Schweiz aus zurückgelegten Personenkilometer um mehr als das 20fache gestiegen⁵. Entscheidend waren die globalen Liberalisierungen, die neue Geschäftsmodelle (z.B. Billig-Airlines, Hub-Konzepte, Erstarbung der Airlines im arabischen Raum) und die technische Entwicklung massiv gefördert haben. Der damit verbundene Kostendruck hat auch die Effizienz (Auslastung, spez. Kerosinausstoss) verbessert. Die Preiserosion hat hingegen die Nachfrage massiv erhöht. Der Luftverkehr ist vom Luxusgut zum Massentransportmittel geworden.
- Im **Güterverkehr** ist der globale Effekt (Globalisierung der Güter- und Rohstoffmärkte, Containerisierung) deutlich grösser als der nationale. Der LKW hat seine Effizienz massiv verbessert (v.a. Masse und Gewichte, Spezialisierung), in der Schweiz insbesondere auch infolge der Erhöhung der Gewichtslimite auf 40 Tonnen bei gleichzeitiger Einführung der LSWA. Seine Leistung ist zwischen 1960 und 2015 um das 8fache gestiegen.⁶ Demgegenüber ist es dem Schienengüterverkehr bis anhin nicht gelungen, flächendeckend innovative Betriebssysteme oder Technologien umzusetzen. Die Liberalisierung im Schienengüterverkehr hat die Preise für die Verloader gesenkt, damit aber auch die Margen für die Bahnen (insbesondere im Massentransport) beeinträchtigt.

Treiber verändern sich

Die bisher beobachtete Verkehrsdynamik hat auch die schweizerische Verkehrsprognostik geprägt. Die aktuellen Verkehrsperspektiven 2040 des Bundes gehen von einem weiteren Wachstum aus. Neu ist die zunehmende Dynamik im Einkaufs- und Freizeitverkehr. Das Resultat ist weiterhin ein evolutives Wachstum der Verkehrswege und -leistungen.



Abb.2 Treiber und Ergebnisse der CH-Verkehrsperspektiven

Quelle: ARE 2016: Veränderungen zwischen 2010 und 2040.

⁴ BAV

⁵ BfS Mobilität und Verkehr 2020

⁶ BfS Mobilität und Verkehr 2020

Folgende Trends waren zwar bereits in der Vergangenheit zu beobachten, eröffnen aber in Zukunft neue Möglichkeiten:

- Die zunehmende **Technologisierung und Digitalisierung** ermöglicht sowohl intelligente, vernetzte und automatisierte Steuerungen und Mobilitätsangebote als auch neue Zugänge zu diesen Mobilitätsangeboten.
- Die **Bevölkerung** wächst weiter. Die zunehmende Alterung führt auch zu strukturellen Änderungen der Mobilitätsnachfrage und neuen Anforderungen an das Verkehrssystem.
- Die **Abstimmung von Raumentwicklung und Verkehr** ist ein wichtiges Postulat der Verkehrs- und Raumordnungspolitik und soll die Innenentwicklung fördern bzw. eine weitere Zersiedelung verhindern. Damit einher geht eine verstärkte Ausrichtung des Siedlungswachstums auf den ÖV und ein Wachstum der Städte, verknüpft mit neuen Ansprüchen an integrierte Mobilitätsservices.
- Die **Klimaveränderung** führt einerseits zu Änderungen im Mobilitätsverhalten (v.a. hitzebedingt) und neuen Ansprüchen an die Stabilität und Sicherheit des Verkehrs, andererseits verpflichtet sie zur Senkung der Klimagasemissionen, was selbst wiederum sowohl das Angebot (v.a. neue fossilfreie Antriebsformen) als auch unser Mobilitätsverhalten beeinflussen wird.

In diesen Trends sind heute schwache Signale (sogenannten «Weak Signals») sichtbar, die die Zukunft stark prägen könnten. In der Verkehrsprognostik ist es eine grosse Herausforderung, mit solchen sogenannten «Weak Signals» umzugehen.

Schwache Signale und ihre Relevanz: Zwei Beispiele

- 1.) *Künstliche Intelligenz (KI) ermöglicht autonomes Fahren, automatisiert und optimiert Arbeitsprozesse und vereinfacht den Alltag der Menschen – soweit die Theorie. Japan setzt Roboter für die Pflege und Schalterdienste ein. Google fährt vollautomatisch, und alle grösseren Städte haben vollautomatische Shuttles im Versuchsbetrieb im Einsatz – soweit die heutigen schwachen Signale. Was allerdings in den meisten Medien und auf Kongressen gehypt und wie eine fertig entwickelte, erfolgreiche Technologie dargestellt wird, steckt in Wahrheit noch in den Kinderschuhen und kämpft mit diversen Herausforderungen. So hat sich der anfängliche Hype zu den Potenzialen etwas gelegt: Das Signal bleibt, aber die Erwartungen sind zurzeit etwas gedämpft (Quelle: Zukunftsinstitut.ch).*
- 2.) *Uber revolutioniert nicht nur den Taximarkt, sondern ist auch ein weltweites Signal für neue Formen von Mobilitätsanbietern zwischen Taxi und Ride Pooling. Der anfängliche rasche und weltweite Erfolg ist mittlerweile gebremst worden, weil die Arbeitsbedingungen in der öffentlichen Diskussion kritisiert werden und diverse Städte Uber die Bewilligung entzogen haben. Gleichzeitig hat das Unternehmen grosse finanzielle Verluste eingefahren. Trotzdem ist Uber aber auch ein wichtiger potenzieller Interessent der automatisierten Mobilität, wenn dadurch die Akzeptanzprobleme der Fahrer beseitigt werden können (Wirtschafts-Woche 2019, Uber 2020).*

1.2 Treiber im Forschungspaket 'Verkehr der Zukunft'

Das Forschungspaket 'Verkehr der Zukunft' befasst sich mit diesen Treibern und versucht, diese im Gesamtkonzept zu analysieren. Die Treiber des Verkehrs der Zukunft sind in der folgenden Darstellung zusammengefasst. Sie bilden die Basis für neue Geschäftsformen und Potenziale der zukünftigen Mobilität, die für die Verkehrsplanung und -politik (Regulativ) neue Anforderungen stellen. Diese Zusammenhänge bilden gleichzeitig den «roten Faden» des Forschungspakets 'Verkehr der Zukunft'.

Verkehr der Zukunft

Welche Faktoren beeinflussen die Mobilität der Schweiz bis 2060?

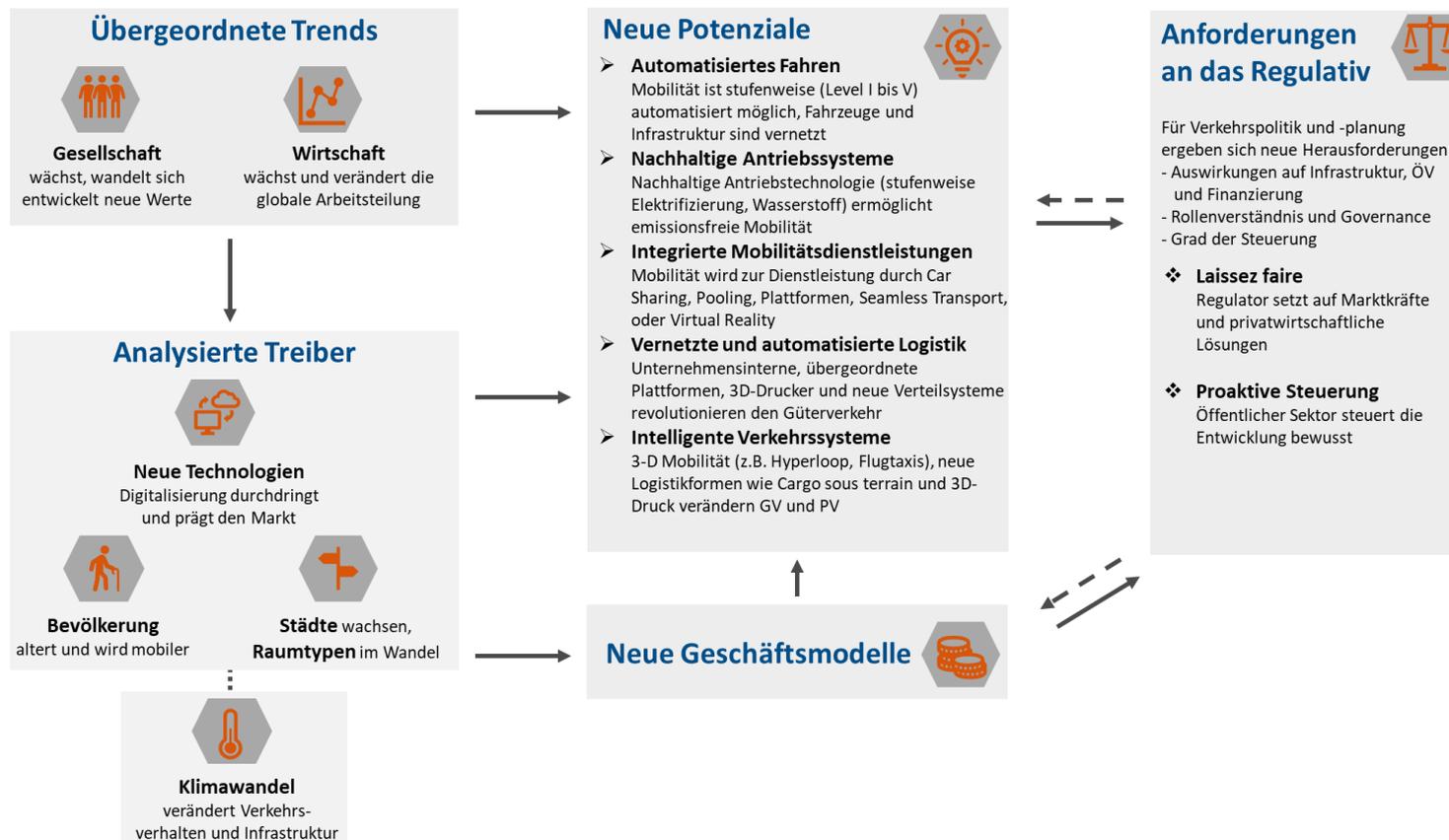


Abb.3 Verkehr der Zukunft: Treiber – Geschäftsmodelle – Potenziale – Anforderungen an das Regulativ

1.3 2060: Fokus auf Disruptionen

Das Forschungspaket 'Verkehr der Zukunft' fokussiert auf die Entwicklung bis 2060. Dabei geht es weniger um den genauen Zeitpunkt, sondern vielmehr um die Absicht, langfristig zu denken und in die 'übernächste Geländekammer' zu blicken. Es geht nicht darum, neue Verkehrsperspektiven zu erstellen. Ziel ist es zu analysieren, welche Entwicklungen relevant sind und wie die neuen Treiber wirken könnten, wenn sich die heutigen 'schwachen Signale' langfristig in die eine oder andere Richtung entwickeln.

Der Fokus liegt auf dem Erkennen von disruptiven Entwicklungen und der Frage, welche Bedingungen relevant sind, damit diese auch eintreten können.

Disruption, worum geht es?

Disruption ist in der Regel stark verknüpft mit Technologien, die sich als Innovationen durchsetzen und bisherige Technologien aus dem Markt verdrängen können. Disruption ist aber nicht eine Technologie, sondern der Prozess der Markteinführung. Diese entspringt entweder in Low-End-Bereichen oder in neuen Märkten. Beispiele kennen wir aus der Unterhaltungselektronik: etwa die Entwicklung von der Schallplatte zur CD zum Download zum Streaming. Das bekannteste Beispiel für eine disruptive Technologie ist sicher das Internet, das zu völlig neuen Informationsbeschaffungs- und Kommunikationsformen und damit verbundenen Marktangeboten geführt hat. Gut sichtbar ist das beim Telefon: Es hat sich von einer starren Festanlage nun zu einem Mobile Device entwickelt, das zugleich vernetzte Kommunikationszentrale (u.a. Telefon), Computer, aber auch eine intelligente Plattform mit breitem Zugang für neue Applikationen ist. Auch in der Industrie haben neuartige Fertigungsmethoden disruptive Effekte ausgelöst, etwa die Halbleitertechnik, CAD oder Robotik.

Interessanterweise sind die echten disruptiven Effekte im Verkehr bereits älteren Datums. Die wichtigste ist sicherlich die Verdrängung der Pferdekutsche durch das Automobil in den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts. Seither haben sich zwar das Aussehen und die Verkehrsangebote massiv verändert, aber im technologischen und gesellschaftlichen Sinne sind sie nach wie vor Fortbewegungsmittel. Am meisten hat sich der Luftverkehr verändert: Dank des technologischen Fortschritts (nicht zuletzt während der Kriegsjahre) und infolge der weltweiten Liberalisierung mit dem Eintritt von Billigflug-Angeboten hat sich der Luftverkehr sowohl angebotsseitig als auch bezüglich des Stellenwerts in der Gesellschaft massiv gewandelt.

Eine echte Disruption hat im Verkehrsbereich vor über 100 Jahren stattgefunden, als die traditionelle Pferdekutsche, die über hunderte von Jahren das wichtigste Transportmittel im Landverkehr war, vom Auto verdrängt worden ist.

2 Das Forschungspaket im Überblick



2.1 Zukunftsforschung als Herausforderung

Der Fokus auf Disruptionen in 40 Jahren (2060) ist einerseits eine Chance, aus bestehenden analytischen Mustern auszubrechen und neue Blickwinkel für die Verkehrsentwicklung zu generieren. Gleichzeitig stellt sich damit auch eine grosse Herausforderung an den Forschungsansatz selbst. Die Gratwanderung zwischen analytisch klar hergeleiteten Erkenntnissen und reiner 'Science-Fiction' ist bei einem solchen langfristigen Forschungsthema allgegenwärtig. Es bedarf neuer methodischer Ansätze, die herkömmliche Analysemethoden ergänzen und gleichzeitig ein Denken 'out of the box'. Ein zentraler Wert besteht im Erkennen und Strukturieren von bestehenden und neuen Zusammenhängen, also einer möglichst transparenten und gut validierten Systematik.

Das Forschungspaket hat deshalb verschiedene Maximen angewendet, die in der Synthese nun wieder zusammenfliessen:

- Der 'rote Faden' mit der Unterscheidung von verschiedenen Themen entlang der Übersicht in Abbildung 3: Treiber – Potenziale – Regulativ;
- Die Erarbeitung gemeinsamer Szenarien (Zukunftsbilder), die von den einzelnen Forschungsprojekten in den jeweiligen Themenfeldern validiert und vertieft wurden;
- Die Anwendung von unterschiedlichen Forschungsmethoden, um die komplexe Materie von verschiedenen Seiten und Disziplinen zu analysieren und auch gegenseitige Validierungen der Erkenntnisse zu ermöglichen;
- Der laufende Austausch zwischen den einzelnen Forschungsprojekten, um den Zusammenhängen im Gesamtsystem gerecht zu werden und die Struktur laufend zu hinterfragen. Die Forschungsstellen haben dabei auch als Experten in den anderen Forschungsprojekten innerhalb des Forschungspakets fungiert;
- Die Anwendung kreativer Forschungsmethoden unter Einbezug von Jugendlichen und jungen Erwachsenen.

Für eine Zukunftsforschung 'jenseits' des absehbaren Betrachtungshorizonts ist es auch relevant, den Verkehr bzw. die Mobilität in den Gesamtkontext zu stellen und andere Märkte einzubeziehen, insbesondere die Märkte entlang der Wertschöpfungskette (Fahrzeugindustrie, Telekom, Datenverfügbarkeit und -zugang, Energie) und die verkehrserzeugenden Märkte (Wohnen, Arbeiten, Freizeit). Entsprechend wichtig ist ein gemeinsames Verständnis der Positionierung des Verkehrs respektive der Mobilität im Gesamtsystem.

Langfristige Entwicklungen können auch von exogenen Schocks (aktuell z.B. die Corona-Krise) und vom damit einhergehenden Wertewandel in Gesellschaft, Wirtschaft und Politik beeinflusst werden. Das Forschungsprojekt fokussiert bewusst nicht auf diesen Wertewandel, sondern analysiert die Entwicklungen der zentralen Treiber, im Bewusstsein, dass diese Treiber auch einen Einfluss auf die Entwicklung der Werte haben können. Die Grundthese lautet dabei, dass der Wertewandel, insbesondere die Einstellungen zur zukünftigen Mobilität kein Selbstzweck ist, sondern Folge der Entwicklungen von zentralen Treibern, deren Relevanz und Akzeptanz und deren politischer Steuerung.

Exogene Schocks: Beispiel Corona

Die Corona-Krise hat während dem Lockdown im 2. Quartal 2020 das Mobilitätsverhalten kurzfristig drastisch verändert und das Verkehrsvolumen (insbesondere im öffentlichen Verkehr und im Luftverkehr) praktisch zum Erliegen gebracht. Inwieweit diese unvorhersehbare Entwicklung einen Einfluss auf das langfristige Verkehrsverhalten hat, muss jedoch zum heutigen Zeitpunkt offenbleiben. Zu erwarten ist, dass gewisse Potenziale der Digitalisierung (Home-Office, Videokonferenzen) an Dynamik gewinnen. Denkbar sind auch längerfristige Einflüsse auf den Tourismusverkehr. Vieles aber bleibt Spekulation. Deshalb hat das Forschungspaket darauf verzichtet, den Einfluss exogener Schocks in den Entwicklungen abzubilden. Einerseits sind exogene Schocks immer denkbar; gleichzeitig stellt sich aber auch die Frage, wie relevant und ursächlich sie

für die Gestaltung der zukünftigen Verkehrsentwicklung letztlich sind. Ebenso wenig ist es nicht die Absicht der erarbeiteten Zukunftsbilder, die Wirkung politischer Massnahmen abzubilden. Vielmehr sollen sie die Basis bilden für eine Bewertung aus verkehrspolitischer Sicht und die Ableitung von Fragen sein, die sich aus verkehrspolitischer Sicht stellen, um die eine oder andere Richtung (bzw. Disruption) einzuleiten oder eben nicht.

2.2 Aufbau und Forschungsfragen

Struktur und innerer Zusammenhang

Das Initialprojekt (EBP/Interface 2015) hat den Stand der Forschung ausgeleuchtet und eine entsprechende breite Auswertung der vorhandenen Literatur vorgenommen. In der jüngsten Vergangenheit sind insbesondere im Zusammenhang mit der Ausarbeitung der Verkehrsperspektiven (ARE) und der Erarbeitung des Initialprojekts 'automatisiertes Fahren' (RappTrans 2016) weitere Literaturhinweise dazugekommen. Auf internationaler Ebene zu nennen sind insbesondere die Arbeiten von IFMO (2016) und die Projekte im Zusammenhang mit dem EU-Forschungsprogramm Horizon 2020.

Das Forschungspaket 'Verkehr der Zukunft 2060' setzt sich aus sieben Teilprojekten zusammen. Diese lassen sich folgendermassen charakterisieren:



Abb.4 Aufbau des Forschungspakets 'Verkehr der Zukunft 2060'

Die Leitung des Forschungspakets 'Verkehr der Zukunft 2060' hat die Forschungsprojekte begleitet und koordiniert sowie die Mobilitätsszenarien als gemeinsame Basis vorgegeben.

Forschungsziele, Fragestellungen und Systemabgrenzung

Im Zentrum des Forschungspakets steht die Früherkennung von möglichen Entwicklungen mit einem Langfristblick. Folgende übergeordnete Fragestellungen bilden die Leitschnur für die einzelnen Forschungsprojekte:

- Welche langfristigen Zusammenhänge und Interaktionen zwischen den zentralen Treibern sind für die Mobilitäts- und Verkehrsentwicklung relevant?
- Wie lassen sich diese Zusammenhänge und die zentralen Entwicklungsfelder strukturieren und benennen?
- Wie wirken sich die neuen Trends aus und wie können heute schwache Signale die Verkehrszukunft prägen?
- Welche disruptiven Effekte können dabei entstehen?

- Welche Chancen und Risiken ergeben sich dadurch für das Verkehrssystem selbst, aber auch für Gesellschaft, Wirtschaft und Umwelt?
- Welche Anforderungen an die Politik (allgemein, Verkehrspolitik speziell) lassen sich daraus ableiten?
- Welche Folgerungen und Zukunftsthemen lassen sich für die Verkehrsplanung und die -forschung ableiten?

Das Forschungspaket konzentriert sich auf den **Landverkehr** in der Schweiz unter Berücksichtigung von internationalen Entwicklungen. Der Luftverkehr ist punktuell berücksichtigt (im Zusammenhang mit den technologischen Potenzialen rund um Drohnen und Lufttaxis).

Der Fokus liegt auf den analysierten Treibern. Daraus ergibt sich auch eine thematische Schwerpunktbildung. Sie liegt auf dem **Personenverkehr und konzentriert sich auf den Strassenverkehr**, weil hier am meisten disruptive Entwicklungen denkbar sind. Der Güterverkehr wird, wo relevant mitberücksichtigt, aber nicht vertieft. Ebenfalls nicht vertieft ist der Themenbereich Energie, insbesondere im Zusammenhang mit der Entwicklung von neuen Antriebsarten, weil hier diverse andere Forschungsaktivitäten stattfinden.

Koordination mit parallel laufenden Aktivitäten

Die Zukunftsforschung im Mobilitätsbereich ist sehr dynamisch und umfasst diverse Akteure in der Forschung, Produktion, Anwendung und Umsetzung. Entsprechend hat ein laufender Austausch und Koordination mit anderen Forschungs- und Umsetzungsaktivitäten stattgefunden, insbesondere mit dem parallel laufenden **ASTRA-Forschungspaket 'Automatisiertes Fahren'**. Dieses Forschungspaket konzentriert sich auf eine wesentliche Entwicklung der technologischen Treiber im Strassenverkehr. Der Austausch hat wertvolle Synergien erzeugt (Festlegung der Szenarien, Plausibilisierung der Auswirkungen mit unterschiedlichen Modellansätzen, Konkretisierung der Angebotsformen und Geschäftsmodelle).

Der Austausch mit weiteren Initiativen und Arbeiten der SBB (Mobilitätsbilder), Avenir Mobilité, ITS-Schweiz/Asut und entsprechenden Grundlagenarbeiten und Debatten hat die Analyse befruchtet. Von grosser Bedeutung war auch die Koordination mit den Aktivitäten der hoheitlichen Akteure auf Bundesebene (v.a. ASTRA, BAV, ARE, BFE) sowie auf Kantons- und Städteebene (fachlicher Austausch, laufender Input in Perspektivarbeiten).

Funktion des Syntheseberichts

Der vorliegende Synthesebericht der Paketleitung fasst einerseits die Erkenntnisse der einzelnen Forschungsprojekte zusammen und stellt sie in den Gesamtzusammenhang. Gleichzeitig werden die Erkenntnisse gewürdigt und punktuell (auf Basis eigener Analysen) ergänzt.

2.3 Multimethoden - Ansatz

Zur Erarbeitung des Forschungspakets 'Verkehr der Zukunft' wurde ein umfassender Multimethoden-Ansatz gewählt. Angesichts der Komplexität und des Zeithorizonts wurden sowohl qualitative als auch quantitative Ansätze angewendet. Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl der eingesetzten Methoden und Ansätze im Überblick und erläutert beispielhaft, wie einzelne Projekte vorgegangen sind.

Tab. 2 Übersicht qualitativer Forschungsmethoden im Rahmen des Forschungspakets

Methoden/Ansatz	Beschreibung/Erläuterung	Beispiele
Qualitative Ansätze		
Literaturanalyse	Umfassende Auswertung und Würdigung. Diese Analyse diente zur Identifikation der systemischen Zusammenhänge und Schlüsselemente, aber auch zur Einordnung von Ergebnissen.	<ul style="list-style-type: none"> • Alle Projekte
Experteninterviews und -workshop	Im Rahmen ihrer Forschungsarbeiten haben alle Projekte Workshops mit in- und ausländischen Experten aus verschiedenen Disziplinen und Fachbereichen durchgeführt. Die Workshops dienten zur Aufarbeitung spezifischer Fragen, zur Vertiefung und zur Validierung.	<ul style="list-style-type: none"> • Alle Projekte
Jugendworkshops	Workshops mit Schüler/-innen sowie Studierenden, um die Perspektive von Jugendlichen und jungen Erwachsenen einzubeziehen. Dabei wurden unter anderem Einstellungen zu künftigen Mobilitätslösungen, Zukunftsbildern sowie Erwartungen an den Verkehr der Zukunft diskutiert.	<ul style="list-style-type: none"> • Paketleitung: Interaktive Workshops an der ZHAW, HSLU sowie Kantonsschule Wettingen
Systemanalyse und Wirkungsmodell	Systematische Darstellung von Wirkungsmustern und Entwicklungen in qualitativer oder grobquantitativer Form.	<ul style="list-style-type: none"> • Alle Projekte
Weak Signals/ Wild Cards	Bei Weak Signals handelt es sich um noch schwache Veränderungen, die Potenzial für markante Veränderungen haben; bei Wild Cards um Ereignisse von geringer Wahrscheinlichkeit, aber hohem Einfluss. Dabei konnten die Experten auch Analogien aus anderen Bereichen heranziehen.	<ul style="list-style-type: none"> • Angebotsformen: Mögliche Detektionsformen von Disruptionen • Technologischer Wandel: Schwache Signale ermitteln, die auf Diskontinuitäten hinweisen
Szenarienbildung	Faktorenanalyse (PESTEL) und Szenario-Software (SzenarioWizard)	<ul style="list-style-type: none"> • Paketleitung und Demografie
Business-Modelle	Business Model Canvas nach Osterwalder und Pigneur (2011): Dabei handelt es sich um ein praxisorientiertes Analysetool zur Visualisierung von Geschäftsmodellen.	<ul style="list-style-type: none"> • Angebotsformen: Klassifizierung und Beschreibung der Angebotstypen
Delphi-Verfahren	Befragung von Experten nach Schlüsseltechnologien und deren Ausprägungen je Szenario.	<ul style="list-style-type: none"> • Technologischer Wandel: Iterativer Prozess zur Abholung von Experteneinschätzungen
Fallstudien	Die selektiven Anwendungsbeispiele helfen, mögliche Entwicklungen zu veranschaulichen und ein zu hohes Abstraktionsniveau zu vermeiden.	<ul style="list-style-type: none"> • Auswirkungen des Klimawandels auf Verkehrsnachfrage in Zürich und Engelberg • Fallstudien zur Mobilität im urbanen Raum (Genf/Nyon, Bern/Thun, Umgebung Zürich)
Fiktive Personas	Um die Bedürfnisse und Verhaltensweisen einzelner Bevölkerungsgruppen greifbar zu machen, haben einzelne Projekte die mögliche künftige Lebensweise und den Alltag fiktiver Personas illustriert.	<ul style="list-style-type: none"> • Demografische Alterung: Schematische Darstellung von Persona-Karten • Illustration der Szenarien der Paketleitung
Quantitative Ansätze		
Datenanalyse	Im Rahmen der Forschungsarbeiten wurden diverse Datenanalysen durchgeführt. Basierend auf verfügbaren Datengrundlagen und -prognosen haben einzelne Teilprojekte mögliche künftige Entwicklungen in verschiedenen Szenarien berechnet. Als Basis hierfür diente unter anderem die Analyse bisheriger Entwicklungen im Mobilitätsbereich (z.B. Mikrozensus).	<ul style="list-style-type: none"> • Demografische Alterung: Analyse von Mikrozensus-Daten zur Bevölkerungsentwicklung und zur Ermittlung verhaltenshomogener Gruppen
Bayes'sche Netze	Mithilfe der Methode der Bayes'schen Netze hat ein Projekt Grundlagen zur Methodik des Wirkungsnetzes der Wechselwirkungen von Raum und Verkehr erarbeitet. Analysiert wurden dabei die Wirkung der Bevölkerungsverteilung auf den Verkehr, des Verkehrsangebots auf die Verkehrsnachfrage sowie die gesamt resultierende Verkehrsnachfrage und Siedlungsfläche im Jahr 2060.	<ul style="list-style-type: none"> • Raum und Verkehr: Berechnungen z.B. zu Verkehrsleistungen basierend auf Referenzen und Eckwerten aus der Verkehrsstatistik
Simulationsmodell	Basierend auf einem Simulationsmodell hat ein Projekt entlang veränderbarer Parameter u.a. Chancen und Herausforderungen für die Verkehrsfinanzierung analysiert.	<ul style="list-style-type: none"> • Regulativ: Verkehrsfinanzierungsmodell

Die drei quantitativen Forschungsansätze dienen auch dazu, die Szenarien hinsichtlich ihrer zentralen Ausprägungen (Entwicklung der Verkehrs- und Fahrleistungen und ihrer demografischen und räumlichen Verteilung der einzelnen Angebotsformen, Entwicklung der Einnahmen und Ausgaben) für den Zeitpunkt 2060 zu ermitteln.

2.4 Szenarien als 'roter Faden'

Zwei Entwicklungsdimensionen

Die Szenarien dienen dazu, mögliche Zukunftsbilder darzustellen, als Basis für die Abbildung möglicher Entwicklungen der Treiber mit disruptiven Ausprägungen, für die Analyse der verkehrlichen und räumlichen Auswirkungen und für die Analyse möglicher Anknüpfungspunkte für die zukünftige Ausgestaltung des Regulativs.

Dazu bedarf es einer systematischen Analyse der möglichen Einflussfaktoren: Welchen Einfluss haben die verschiedenen Parameter – einzeln und gebündelt – auf den Mobilitätssektor in der Schweiz? Die Szenarienbildung lässt sich mit verschiedenen Ansätzen bewerkstelligen. Das Hauptziel besteht darin, die Unsicherheit und die Relevanz von verschiedenen Parametern einerseits analytisch, zweitens auch im Rahmen eines Expertenprozesses zu ermitteln. Gleichzeitig kann hier auf eine umfassende Literatur zurückgegriffen werden (vgl. Literaturverzeichnis und Ansatz Szenario Wizard, s. folgende Infobox). Dabei zeigt sich: Zwei Dimensionen stechen besonders hervor:

1. Diffusion: Wie stark können sich neue Technologien und damit verbundene Mobilitätsservices im Verkehr etablieren? Diese Entwicklung hängt vor allem von der wirtschaftlichen Dynamik (global) und der Akzeptanz neuer Technologien ab.

2. Kohäsion: Wie werden neue Mobilitätsservices genutzt: individuell oder kollektiv? Die Kohäsion beschreibt auch den Grad der räumlichen Verdichtung. Damit verknüpft ist die Bereitschaft zur kollektiven Nutzung von Mobilitätswerkzeugen – bei abnehmendem Besitzgrad, also die Relevanz des Mobilitätsverbundes und des Effizienzgedankens in der Verkehrswelt.



Abb.5 Drei Zukunftsszenarien des Forschungspakets Verkehr der Zukunft
 Quellen Fotos: ASTRA 2020b, Pixabay 2020, SBB 2020, Wikipedia 2020.

Das Forschungspaket baut vor diesem Hintergrund auf drei verschiedenen Szenarien auf. Die Zukunftsbilder dienen in Rohform als Input und Grundlage für die einzelnen Forschungsarbeiten. Die Projekte haben sich explizit mit den Zukunftsbildern auseinandergesetzt und ihre Resultate, Erkenntnisse und Kernaussagen gemäss den Szenarien differenziert.

Szenario Wizzard: Ein Tool zur Szenarienbildung
 Im Rahmen des Forschungsprojekts 'Demografischer Wandel' hat Interface ein Software-Tool (Szenario Wizzard) eingesetzt, um die Szenarien in Bezug auf die ältere Bevölkerung zu ermitteln. Dieser methodische Ansatz war geprägt durch intensive Expertengespräche. Zentrale Inputs sind dabei die Identifikation verschiedener Parameter, deren Wechselwirkungen und Kausalitätsbezug mit anderen Parametern und deren Relevanz im Gesamtsystem. In mehreren Runden sind dabei die verschiedenen Parameter diskutiert und im Expertenprozess plausibilisiert worden. Der Expertenansatz mit 'SzenarioWizzard'-Modellierung hat die VdZ-Szenarienlogik bestätigt. Aus den ermittelten sieben Szenarien können drei Szenarien den VdZ-Szenarien direkt zugeordnet werden. Damit konnte der Szenarienansatz systematisch plausibilisiert werden.

Szenario Nr. 4	Szenario Nr. 1	Szenario Nr. 2	Szenario Nr. 3	Szenario Nr. 5	Szenario Nr. 6	Szenario Nr. 7
		1 Diffusion vollautonomes Fahrzeug: Vollständige Durchdringung			1 Diffusion vollautonomes Fahrzeug: Nur auf Hochleistungsstrassen	
		6 Technologie ausserhalb Mobilität: Technikaffinität			6 Technologie ausserhalb Mobilität: Technikkritik	
2 Politische Steuerung / Preise: ÖV-Förderung			2 Politische Steuerung / Preise: Kostenwahrheit		2 Politische Steuerung / Preise: ÖV-Förderung	2 Politische Steuerung / Preise: Kostenwahrheit
3 Räumliche Entwicklung: Polyzentrische Entwicklung			3 Räumliche Entwicklung: Zersiedlung		3 Räumliche Entwicklung: Polyzentrische Entwicklung	3 Räumliche Entwicklung: Zersiedlung
4 Qualität des ÖVs: Qualitativ hochstehender ÖV			4 Qualität des ÖVs: Qualitätsabbau beim ÖV		4 Qualität des ÖVs: Qualitativ hochstehender ÖV	4 Qualität des ÖVs: Qualitätsabbau beim ÖV
5 Leistungsfähigkeit nahräumlicher ÖV: Sehr leistungsfähiger ÖV			5 Leistungsfähigkeit nahräumlicher ÖV: Stagnation beim ÖV		5 Leistungsfähigkeit nahräumlicher ÖV: Sehr leistungsfähiger ÖV	5 Leistungsfähigkeit nahräumlicher ÖV: Stagnation beim ÖV
7 Integration Mobilitätswerkzeuge (Maas): Mobilität aus einer Hand			7 Integration Mobilitätswerkzeuge (Maas): Geringe Integration der Mobilitätswerkzeuge	7 Integration Mobilitätswerkzeuge (Maas): Mobilität aus einer Hand	7 Integration Mobilitätswerkzeuge (Maas): Geringe Integration der Mobilitätswerkzeuge	
8 Shared Mobility Angebote: Sharing als Trend			8 Shared Mobility Angebote: Sharing als Nische	8 Shared Mobility Angebote: Sharing als Trend	8 Shared Mobility Angebote: Sharing als Nische	
9 Mobilitätsbudget von Älteren: Auskömmliches Alter		9 Mobilitätsbudget von Älteren: Reiche Alte			9 Mobilitätsbudget von Älteren: Auskömmliches Alter	

Quelle: Interface/Uni Zürich

Die drei Pfeile zeigen, welche Szenarien im Paket relevant sind (rot: Evolution ohne Disruption; blau: Revolution der individuellen Mobilitätsservices; grün: Revolution der kollektiven Mobilitätsservices).

Die drei Szenarien im Überblick

Szenario 1 – Evolution ohne Disruption

Grundannahme in diesem Szenario ist, dass neue Technologien das Mobilitätssystem nur schwach prägen und sich die heutigen Trends fortsetzen. Das Verhältnis von Individualverkehr und öffentlichem Verkehr gleicht gegenwärtigen Gegebenheiten. Insgesamt profitiert der Transportsektor zwar von technologischen Entwicklungen, etwa im Bereich des automatisierten Fahrens, das Verkehrssystem als Ganzes verändert sich dadurch aber nicht einschneidend. Die Digitalisierung unterstützt, aber führt nicht zu fundamentalen Verhaltensänderungen. Insgesamt wächst das Verkehrsaufkommen weiter, einhergehend mit dem Ausbau der Verkehrsinfrastruktur. Die Einstellung zur Mobilität insgesamt ähnelt der heutigen Attitüde. Regulative Einschränkungen orientieren sich an den heutigen verkehrspolitischen Absichten und Stossrichtungen. Insofern kann dieses Szenario auch als Trend- oder Vergleichsszenario bezeichnet werden.

Szenario 2 – Revolution der individuellen Mobilitätsservices

Dieses Szenario geht davon aus, dass die Automatisierung des Verkehrs die Individualisierung im Mobilitätsbereich verstärkt. Dies geht einher mit einer geringen räumlichen Konzentration (Stadtflucht) und einer dezentralen Besiedlung mit einem hohen Anspruch an Individualität. Die Nachfrage nach individuellen, an persönliche Bedürfnisse angepasste Mobilitätslösungen ist hoch. Automatisiertes Fahren führt insbesondere im motorisierten Individualverkehr zu höheren Marktanteilen. Flottenanbieter setzen auf persönlich zugeschnittene Services und auf Fortbewegung per Auto als Erlebnis. Das Verlangen, ein eigenes Fahrzeug zu besitzen, bleibt erhalten, jedoch haben Robotaxis mit 'massgeschneiderter' Ausstattung eine grosse Bedeutung. Konsumenten haben einen hohen Anspruch an den Komfort. Auch Lufttaxis erfüllen den Wunsch nach schnellen individuellen Transporten in Städten. Der fortgeschrittene Automatisierungsgrad erleichtert es Bevölkerungsgruppen wie Senioren, Kindern und Jugendlichen, selbstständig und allein mobil zu sein. Im Güterverkehr setzen sich neue, automatisierte und fossilfrei betriebene LKWs durch. Die Bahn verliert Marktanteile.

Szenario 3 – Revolution der kollektiven Mobilitätsservices

In diesem Szenario setzen sich ebenfalls neue technologische Potenziale durch. Aufgrund der räumlichen Entwicklung (Urbanisierung und Stärkung der Städte) findet die Mobilität vor allem kollektiv und multimodal statt. Anstatt eines individuellen Verkehrsmittels fragt die Bevölkerung Services der integrierten und multimodalen Mobilität nach. Smart City und Smart Transport prägen das Mobilitätsverhalten: Die Angebote sind effizient organisiert und nutzen die Potenziale der Digitalisierung aus. Die Unterscheidung zwischen öffentlichem Verkehr und Individualverkehr wird aufgeweicht: Das ermöglichen unter anderem neue automatisierte Angebote mit hohem Besetzungsgrad – sowohl ober- und unterirdisch als auch virtuell. Der Sharing-Gedanke ist ausgeprägt. Der Bahn-, Tram und Busverkehr ist automatisiert ausgebaut. Robo-Vans und -Shuttles dienen primär der Feinverteilung. Das Umsteigen findet an hocheffizienten Hubs statt. Die Infrastruktur ist auf diese Form der Mobilität und den hohen Automatisierungsgrad ausgerichtet und kann dank zentraler Steuerung die Kapazitäten optimieren. Diese Entwicklung erfordert im Vergleich zu anderen Szenarien ein geringeres Mass an notwendigen Massnahmen im Bereich der Hardware, dafür umso mehr intelligente und lernende Software. Die Flächeneffizienz wird auch deshalb erhöht, weil unterirdisch mit Hyperloops und Cargo sous terrain neue Transportkapazitäten geschaffen werden.

3 Treiber: Technologischer Wandel

Basis dieses Kapitels ist insbesondere das folgende Forschungsprojekt
SVI 2017/003
Technologischer Wandel und seine Folgen für Mobilität und Verkehr
 de Haan, P.; Straumann, R.; Bianchetti, R.; Stetter, A. (EBP Schweiz AG);
 Oehry, B.; Jermann, J. (Rapp Trans AG)



3.1 Schlüsseltechnologien

Sechs Schlüsseltechnologien prägen den Verkehr der Zukunft

Die Digitalisierung kann als Oberbegriff für einen einschneidenden technologischen Wandel bezeichnet werden: Mehr verfügbare Daten (offener Zugang, Ortungsdienste), schnellere Hardware (z.B. Quantencomputer), intelligentere Software (z.B. Suchdienste) und intensiver Austausch (interaktive Plattformen) eröffnen neue Möglichkeiten für Schlüsseltechnologien, die den Verkehr der Zukunft prägen. Das Projekt 'Technologischer Wandel' hat mit einem Expertenprozess die folgenden sechs Technologien identifiziert.

Tab. 3 Schlüsseltechnologien mit direkter Relevanz für das zukünftige Verkehrssystem

Technologie	Beschreibung	Bedeutung für das Verkehrssystem	Treiber und Voraussetzungen
Nachhaltige Antriebsenergie	Fossillfreie Antriebe über den gesamten Lebenszyklus, wie beispielsweise nachhaltige Elektrifizierung von Verkehrsmitteln, verbesserte Batterietechnologien oder weitere Lösungen wie z.B. Wasserstoffantriebe.	Geringe direkte Einflüsse auf das Verkehrsgeschehen. Neue Organisationsformen Verkehr-Energieproduktion mit Veränderung der Wertschöpfungskette	Entwicklung Energiepreise Globale Fahrzeugindustrie und Energieindustrie Klima- und Energiepolitik
Automatisierte Fahrzeuge	Sukzessive Weiterentwicklung von Assistenzsystemen hin zu vollständig automatisierten fahrerlosen Fahrzeugen.	Strassenverkehr: Komfort- und Kostenveränderung, neue Geschäftsmodelle (z.B. Taxis, Sharing) Schienenverkehr: Kapazität	Globale Fahrzeugindustrie Sicherheitsansprüche Akzeptanz in Politik und Gesellschaft
Additive Fertigungsverfahren (inkl. 3D-Druck)	Generative Fertigungsverfahren zur Herstellung dreidimensionaler Gegenstände, auf Basis von standardisierten Rohmaterialien (z.B. Kunststoffe).	Güterverkehr: Dezentrale Produktion; neue Transportströme Rohstoffe/Feinverteiler Neue Logistikformen: Abnahme Stückgut und Lagerung; Zunahme Tank-/Silogüter	Globale Industrieproduktion Industrielle Bedürfnisse, Standardisierungspotenzial Entwicklung Rohmaterialien
Virtual & Augmented Reality	Darstellung und gleichzeitige Wahrnehmung der Wirklichkeit und ihrer physikalischen Eigenschaften in einer in Echtzeit computer-generierten, interaktiven virtuellen Umgebung.	Kann die Mobilitätsnachfrage reduzieren. (Virtuelle Konferenzen, Freizeiterlebnisse).	Anwendungsformen Gesellschaftliche Akzeptanz
Automatisierte Luftfahrzeuge (inkl. Drohnen)	Fortbewegung von Gütern und Personen auf dem Luftweg.	PV und GV: Rascher Transport von Personen, Rasche Feinverteilung	Kostenentwicklung in der Luftfahrtindustrie Organisation unterer Luftraum Bedürfnisse und Kapazitätsverhältnisse
Neue Verkehrssysteme & -infrastruktur	Unterirdische integrierte Lösungen wie Hochgeschwindigkeits-transportssysteme, Güter-Röhrensysteme, intermodale Behälter.	Neues Rückgrat, sowohl im Personenverkehr (z.B. Hyperloop) wie auch im Güterverkehr (z.B. Cargo sous terrain).	Kapazitätsverhältnisse im Landverkehr Reisezeit- und Zuverlässigkeitsvorteile für die gesamte Wegekette Nachhaltige Finanzierung

Sechs weitere Schlüsseltechnologien ermöglichen die Entwicklung

Neben diesen sogenannten 'main technologies' hat das Forschungsprojekt sechs unterstützende Schlüsseltechnologien ('enabling technologies') identifiziert. Diese setzen zum einen die notwendigen Voraussetzungen für die Haupt-Schlüsseltechnologien. Zum anderen beeinflussen sie die zuvor beschriebenen systemischen Parameter. Generell wirken sie sich indirekt auf das Verkehrsangebot und die Verkehrsnachfrage aus. Das bedeutet, dass diese Schlüsseltechnologien über ein Produkt, eine Veredelung, als Geschäftsmodell oder als weiterführende Technologie auf das Verkehrssystem wirken.

Tab. 4 Schlüsseltechnologien mit unterstützender Relevanz für das Verkehrssystem

Technologie	Beschreibung	Bedeutung für das Verkehrssystem	Treiber und Voraussetzungen
Energie-speicherung (Batterien)	Effiziente und langlebige Batterien, intelligente Speichersysteme, die die Produktionsspitzen glätten.	Zentrale Voraussetzung für die Entwicklung von nachhaltigen Antrieben in allen Strassenverkehren (v.a. Elektromobilität).	Globale technische Forschung und Entwicklung und Rohmaterialien (z.B. Kobalt, Lithium) Energiepolitik Organisation Rohstoffmärkte Globale Akzeptanz und Zusammenarbeit
Robotik	Automatisierung von Umschlagsvorgängen und Tools zur Fortbewegung bewegungseingeschränkter Personen (z.B. Exoskelette).	Zentrale Voraussetzung für die Automatisierung Neue Logistikabläufe und Transportmöglichkeiten im Güter- und im Personenverkehr	Globale Forschung und Industrie Kostensenkungspotenzial Akzeptanz Arbeitnehmerorganisationen
Vernetzung	Interkonnektivität verschiedenster Alltagsgegenstände über Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Unter anderem wird mithilfe von Sensoren eine umfangreiche Informationsdichte (Big Data) geschaffen.	Nutzung und Weiterverarbeitung grosser Datenmengen in Echtzeit können unter anderem das vernetzte automatisierte Fahren ermöglichen. Das setzt technische Vorkehrungen und Datenschutz voraus.	Globale IT-Industrie Aspekte und gesellschaftlicher und politischer Umgang mit Datenschutz
Künstliche Intelligenz	Die Fähigkeit künstlicher Agenten (Maschinen, Computerprogramme), ihre Umgebung wahrzunehmen und adäquate Massnahmen zu treffen. Grundlagen sind: Computer Vision und Machine Learning sowie Big Data und Crowdsourcing.	Basis für das automatisierte Fahren und integrierte Systeme Infrastruktur und Verkehr: Kontinuierliche Fehlerbehebung und Weiterentwicklung der Steuerungssysteme.	Globale IT-Industrie Aspekte und gesellschaftlicher Umgang mit ethischen Grundsatzfragen
Revolutionäre User Devices	Teilweise Verschmelzung von Mensch und Maschine: Zu revolutionären user devices zählen beispielsweise Konzepte der Bioelektronik wie kybernetische Organismen, die ermöglichen, dass perfekte Informationen jederzeit zur Verfügung stehen.	Ermöglichen eine neuartige personalisierte Informationsvermittlung und eine organische Interaktion mit Mobilitätsplattformen. Relevanz für neuartige Geschäftsmodelle (Mobility as a service).	Globale IT-Industrie Marktdurchdringung und individuelle Relevanz und Nutzen Potenzial der damit verbundenen neuen Geschäftsmodelle
Blockchain	Protokoll zur Sicherung der Integrität von Daten in einer Abfolge von fälschungssicheren Datenblöcken durch den Einsatz kryptographischer Verfahren und durch die verteilte Speicherung in einem Peer-to-Peer-Netzwerk.	Neue Abrechnungsmethoden und Geschäftsmodelle im Mobilitätsbereich.	Entwicklung der globalen Finanzindustrie Durchsetzungspotenzial gegenüber konventionellen Speicherungen von Geschäftsdaten Regulierung

3.2 Diffusion und Wirkungen auf den Verkehr

Wann und wie Schlüsseltechnologien den Markt durchdringen, hängt von verschiedenen Faktoren ab

Die folgenden fünf Faktoren sind hinsichtlich der Diffusionsgeschwindigkeit und Marktpenetration neuer Technologien von zentraler Bedeutung:

1. Das **Kundenbedürfnis und damit verknüpft das Potenzial für neue Businessmodelle**: Wie wichtig, wie gross, wie mächtig ist das Bedürfnis bzw. der damit einhergehende Nutzen und wie günstig ist das Produkt? Ein typisches Beispiel dafür ist Virtual Reality: Grundsätzlich ist die Technologie bereits heute verfügbar. Die Nachfrage ist noch bescheiden. Gerade ein exogener Schock wie die Corona-Krise im Jahr 2020 kann aber die Nachfrage nachhaltig verändern, sowohl im professionellen Bereich (Home-Office) als auch bei der Freizeitgestaltung.
2. Liberale globale **Wirtschaftsmechanismen**: Alle Technologien haben gemeinsam, dass sie globaler Natur sind und dabei auch von globalen wirtschaftlichen und politischen Strukturen (z.B. int. Wettbewerb, Skalenerträge) abhängig sind. Die globalen Entwicklungen von Plattformanbietern wie Uber oder Booking.com haben eindrücklich gezeigt, wie schnell globale neue Technologien und damit verknüpfte Geschäftsmodelle Fuss fassen können.
3. Der **Produktezyklus**: Entscheidend sind hier die Lebensdauern von Infrastrukturen (ca. 40 Jahre) und Fahrzeugen (ca. zwölf Jahre bzw. max. 24 Jahre, bis die letzten Fahrzeuge 'ausgemustert' werden). Beides ist von grosser Bedeutung für die Diffusion alternativer Antriebe und automatisierter und vernetzter Infrastruktur.
4. Der **Beitrag zur Lösung von Verkehrsproblemen**, insbesondere die Verbesserung der Sicherheit, der Verkehrseffizienz und der Senkung von Umweltbelastungen. Die Herausforderungen des fossilfreien Verkehrs nehmen hier eine besondere Stellung ein.
5. Die **gesellschaftliche und politische Akzeptanz**: Ethische Fragen der künstlichen Intelligenz, der Automatisierung, der Datensicherheit und des Datenschutzes, der Verdrängung von Arbeit durch Kapital, aber auch Fragen hinsichtlich der Entwicklung der Marktmacht beschäftigen uns seit der Industrialisierung. Solche Fragen werden relevanter und erhöhen die Ansprüche an die Komplexität und das Tempo politischer Entscheidungen.

Diese Faktoren sind vor allem auch entscheidend für die Entwicklung der Kosten von Schlüsseltechnologien und damit für die Marktpreise der damit verbundenen Produkte.

In Bezug auf die sechs identifizierten Schlüsseltechnologien lassen sich diese Diffusionsfaktoren folgendermassen zusammenfassen: Automatisierte Fahrzeuge und nachhaltige Antriebssysteme werden sich entlang der Investitionszyklen entwickeln und den Markt bis 2060 zu einem hohen Prozentanteil penetrieren. Bei den automatisierten Fahrzeugen ist allerdings die Umstellung zum vollends fahrerlosen Betrieb abhängig von ethischen und politischen Entscheiden und entsprechenden Akzeptanzdiskussionen. Neue Fertigungssysteme werden sich in Teilmärkten etablieren, können aber nicht alle Produktionssysteme ersetzen. Wichtige Anwendungsbereiche sind einerseits Halbfabrikate und Konsumgüter. Automatisierte Luftfahrzeuge dürften eher in Nischen diffundieren, abhängig vom Problemdruck (v.a. in Städten) und den Preisen. Neue Verkehrssysteme bedingen grosse politische Infrastrukturentscheide und sind deshalb stark abhängig vom Zustand der bestehenden Infrastruktur und den Nachfragepotenzialen. Aus heutiger Sicht bestehen die Potenziale für neue Verkehrssysteme in der Schweiz eher im Güterverkehr (z.B. Cargo sous terrain). 'Virtual' und 'augmented reality' werden sich weiter etablieren und dienen im Mobilitätsbereich als Ergänzung, mit dämpfender Wirkung auf die Mobilitätsnachfrage.

Die folgende Abbildung fasst die Einschätzungen zusammen und setzt die Entwicklung auf die Zeitachse:

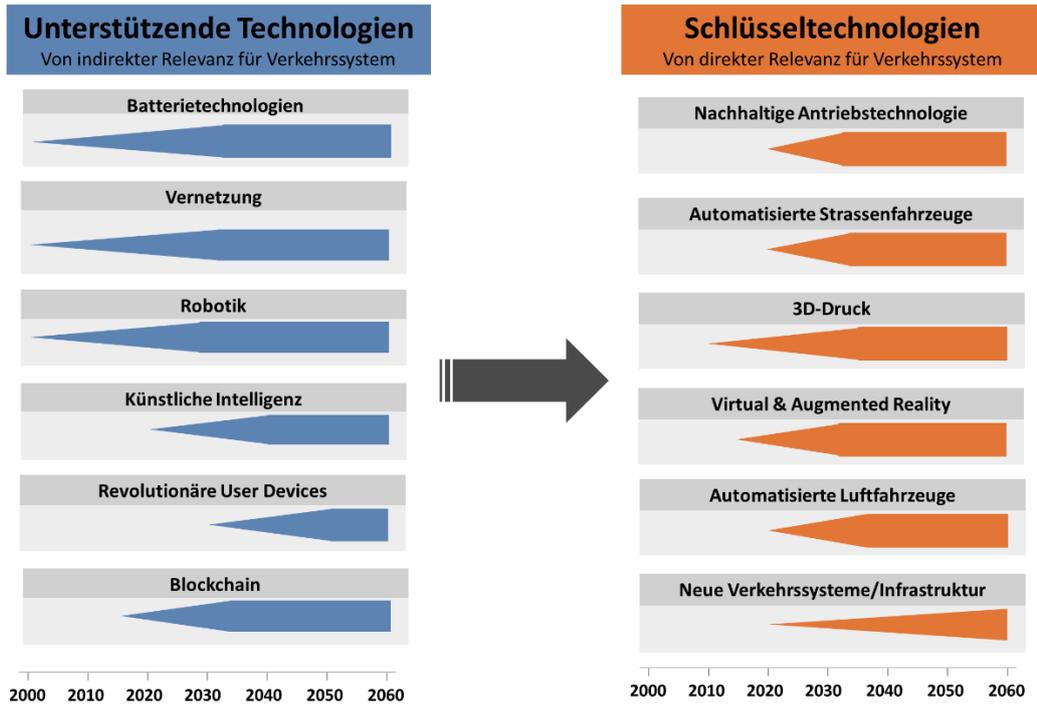


Abb.6 Schlüsseltechnologien im Verkehrssystem: Zusammenhänge und Zeitpunkte

Grundlage: EBP/Rapp Trans

Lesebeispiel: Bei den Batterietechnologien erfolgt die Einführungsphase im Markt bis 2030. Ab 2030 ist die Technologie im Markt etabliert

Das Disruptionspotenzial hängt von den Wirkungen in einzelnen Segmenten ab

Die identifizierten Technologien bilden die Grundlage für neue Geschäftsmodelle, die den Mobilitätmarkt stark beeinflussen können. Die folgende Tabelle zeigt, welche Relevanz die Schlüsseltechnologien für das Verkehrssystem haben. Von grosser Bedeutung ist die Kostenentwicklung und das Potenzial, auch die Verkehrspreise zu senken.

Tab. 5 Wirkungen der Schlüsseltechnologien im Verkehrssystem

Technologie	Hauptwirkungen	Relevanz Verkehrsmittel und -träger	Relevanz Verkehrsmärkte/ Altersgruppen
Nachhaltige Antriebsenergie	Senkung Emissionen, Lärm bei niedrigen Geschwindigkeiten	Hoch: PW, Busse, Lieferwagen (E-Antriebe) Mittel: LKW: Ladeinfrastruktur, Wasserstoff Niedrig: Synthetische Treibstoffe (Luftverkehr)	Alle Verkehrsmärkte
Automatisierte Fahrzeuge	Hohe örtliche und zeitliche Verfügbarkeit Komfort (alternative Tätigkeiten während der Fahrt, Parking) Kosten (wenn Chauffeur wegfällt)	Hoch: • Taxibetriebe (Kosten minus 80%) • Kleinbusse, Busse (Kosten minus 50 bis 55%) Flotten-(Sharing)-Anbieter • LKW (Kosten minus 40%) • Lieferwagen (Kosten minus 25%)	Hoch: Autobahnen, Umland ausserhalb des Stadtkerns Mittel: Stadtkern Hoch bei heute eingeschränktem Zugang: Jugend, ältere Personen

Technologie	Hauptwirkungen	Relevanz Verkehrsmittel und -träger	Relevanz Verkehrsmärkte/ Altersgruppen
		Mittel: <ul style="list-style-type: none"> • PW (Kosten plus 4%), • ÖPNV (Bus minus 55%) Gering: Bahn (Kosten minus 6%)	
Additive Fertigungsverfahren (inkl. 3D-Druck)	Hohe örtliche und zeitliche Verfügbarkeit Geringere Produktionskosten (Lagerhaltung, Transport)	Mittel: Strassengüterverkehr, Bahngüterverkehr Gering: Feinverteilung	Mittel: Halbfabrikate, Konsumgüterindustrie
Virtual & Augmented Reality	Ersatz Verkehr	Mittel: Alle Verkehrsmittel im Personenverkehr	Freizeit und -Geschäftsverkehr Jugend
Automatisierte Luftfahrzeuge (inkl. Drohnen)	Zeitliche und örtliche Verfügbarkeit Zuverlässigkeit und geringe Reisezeit	Mittel: Taxibetriebe, Lieferservices	Hoch: Geschäftsfahrten in städtischen Räumen und Feinverteilung in städtischen und abgelegenen Räumen
Neue Verkehrssysteme & -infrastruktur	Reisezeitgewinne im Personenverkehr Zuverlässige Transportkette im Güterverkehr	Mittel: Ersatz Bahn, Reise-car	Intercity-Verkehr Konsumgüterverkehr

Grundlage: Rapp Trans, EBP (Kostensenkungspotenziale)

Insbesondere durch automatisierte Fahrzeuge, durch Virtual Reality und automatisierte Luftfahrzeuge ergeben sich auch signifikante Disruptionspotenziale. Im Unterschied zu anderen Technologien können hier völlig neue Märkte entstehen, die heute noch nicht vorhanden sind. Die Schlüsseltechnologie 'automatisierte Fahrzeuge' ist die einzige Schlüsseltechnologie, die mit hoher Eintretenswahrscheinlichkeit ein Disruptionspotenzial aufweist, das über den Mobilitätsmarkt hinausgeht. Dies hängt insbesondere mit der Möglichkeit zusammen, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln (vgl. Kapitel 7).

3.3 Herausforderungen

Technologische Neuerungen bieten grosse Potenziale für den Verkehr der Zukunft.

Es ist davon auszugehen, dass die identifizierten Schlüsseltechnologien relevante Mobilitätskomponenten wie Sicherheit, Verfügbarkeit, Zeit, Kosten und Komfort in den kommenden Jahren und Jahrzehnten massgeblich prägen werden.

► Die Relevanz und die Geschwindigkeit für Disruptionspotenziale hängen von konkreten Einsatz- und Anwendungsmöglichkeiten ab: Die Technologien bieten eine Chance, neue Geschäftsmodelle zu entwickeln. Eine Herausforderung bildet die optimale Kombination von Fahrzeugtechnologien und Angebotsformen.

Dabei kommt der Marktakzeptanz und dem Regulator eine entscheidende Rolle zu: Ob und wenn ja in welchem Ausmass die Schlüsseltechnologien mit Chancen und Risiken hinsichtlich des Verkehrs der Zukunft verbunden sind, wird insbesondere von marktseitigen und regulatorischen Entscheidungen beeinflusst. Keine der Schlüsseltechnologien würde sich ohne Anpassung der Regulierung von sich aus durchsetzen.

Es braucht eine Kombination von Schlüsseltechnologien: Schlüsseltechnologien können vor allem dann den Verkehr hinsichtlich Energie, Klima und der Inanspruchnahme von Flächen effizienter gestalten, wenn sie miteinander kombiniert werden.

► Die Marktdurchdringung ist bei Digitalisierungs- und IT-Technologien am schnellsten. Diese bilden eine Klammer zu allen identifizierten Technologien. Dazu bedarf es aber auch einer entsprechenden digitalen Infrastruktur (z.B. 5G-Netz).

Es ist davon auszugehen, dass automatisierte Fahrzeuge die weitreichendsten Auswirkungen auf das Verkehrssystem haben dürften. Eine entscheidende Grundvoraussetzung dafür ist die Vernetzung mit einer hohen Datenverfügbarkeit, verbunden mit revolutionären User Devices. Diese Elemente bilden die Basis für neue disruptive Geschäftsmodelle, die in den Szenarien enthalten sind.

Eine grosse Herausforderung im Strassenverkehr ist die Kombination und Vernetzung von automatisiertem Fahren und intelligenten Leitsystemen der Strasseninfrastruktur.

Sauberer, smarter, aber auch weniger? Die Schlüsseltechnologien haben den Anspruch, negative Effekte des Verkehrs (z.B. Emissionen, Stau) zu beseitigen, erhöhen aber gleichzeitig die Verfügbarkeit und reduzieren die Kosten.

► Die Schlüsseltechnologien ermöglichen in erster Linie eine Steigerung der Sicherheit und Attraktivität des Verkehrs. Die Herausforderung besteht also darin, die möglichen Effizienzgewinne nachhaltig umzusetzen, um unerwünschten induzierten Verkehr zu minimieren.

Den Verkehr respektive einzelne Fahrten zu substituieren vermag insbesondere die Schlüsseltechnologie Virtual Reality. Die Herausforderung besteht also darin, diese Schlüsseltechnologie zu nutzen, um Reboundeffekte zu minimieren.

Disruptionspotenziale sind im Strassenverkehr am höchsten, aber mit langer Übergangsphase: Automatisiertes Fahren und die damit verbundenen Geschäftsmodelle sind vor allem im Strassenverkehr relevant.

► Auf der Ebene der Transportmittel wird die Marktdurchdringung bei den Personenwagen, Bussen und Nutzfahrzeugen am schnellsten geschehen, während bei Flugzeugen und Zügen die Automatisierung weniger Kostenvorteile erzeugt.

Die Herausforderung besteht also darin, die Digitalisierung der Bahn bzw. der Massentransportmittel so voranzutreiben, dass diese ihre Effizienzpotenziale ausschöpfen können.

Im Güterverkehr sind die auffallendsten Chancen (aber auch Risiken) mit unterstützenden Schlüsseltechnologien im Umfeld der Automatisierung verbunden: Vernetzung, künstliche Intelligenz oder Blockchain, aber auch neue Verkehrssysteme wie etwa unterirdische Transportlösungen haben das Potenzial, die gesamte Prozesskette und damit auch die Logistikabläufe neu zu gestalten.

Neue Technologien im Bahnverkehr: Smart Rail

Im Forschungspaket sind die Technologiepotenziale der Bahn nicht vertieft worden. Die Bahnforschung befasst sich bereits seit längerer Zeit mit neuen Technologien insbesondere im Kontext der Digitalisierung. Die Bahnen haben dafür die Initiative 'Smart Rail' ins Leben gerufen <https://www.smartrail40.ch/>. Dabei geht es darum, Bahninfrastruktur, Rollmaterial und Mobilitätsdienstleistungen und deren Prozesse intelligent zu vernetzen. Wichtige Elemente sind der fahrerlose Betrieb (ATO Automatic Train Operation), hoch standardisiertes Rollmaterial und Behälter im Personen- und Güterverkehr, Automatisierung der Infrastruktur und Traffic Management System, um kurze Blockabstände und somit höhere Kapazitäten zu ermöglichen, Einsatz von Robotik, präventiver Diagnostik im Bau und Unterhalt und automatisierte Umladeprozesse im Güterverkehr. Im Unterschied zum Strassenverkehr ist die Umsetzung integriert, das heisst stärker auf das Gesamtsystem bezogen.

4 Treiber: Demografie

Basis dieses Kapitels ist insbesondere das folgende Forschungsprojekt
SVI 2017/001

Folgen der demographischen Alterung für den Verkehr

Haefeli, U.; Studer, S., Oechslin, L. (Interface Politikstudien Forschung Beratung); Artho, J. (Universität Zürich – Sozialforschungsstelle); Weber, U. (wb-planung GmbH)

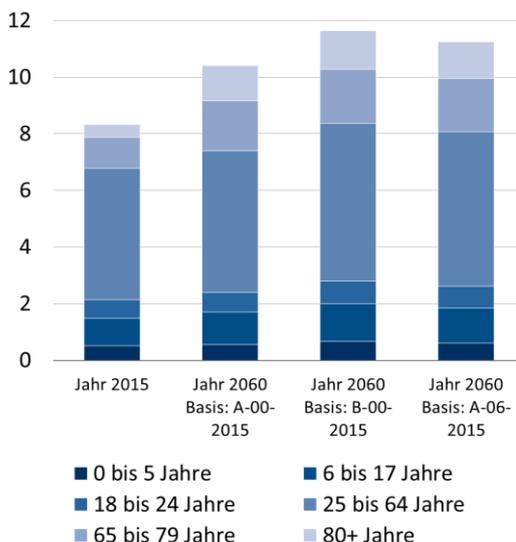


4.1 Demografische Trends bis 2060

2 bis 3.5 Millionen Personen mehr als heute, rund 30 Prozent sind über 65 Jahre alt

Die Bevölkerungsszenarien des BfS (2015)⁷ unterscheiden verschiedene Einflussfaktoren, vor allem die Geburtenrate, Lebenserwartung und Wanderungssaldo. Alle Szenarien zeigen gegenüber 2015 ein deutliches Wachstum. Das Referenzszenario geht von einer Bevölkerung im Jahr 2060 von 10.4 Millionen (plus 26%) aus. Im hohen Szenario sind es gar 11.6 Millionen (plus 40%). Der grosse Unterschied, und damit auch die grösste Unsicherheit bezieht sich auf die Annahmen bezüglich der zukünftigen Entwicklung des Wanderungssaldos. Das grösste Wachstum verzeichnet die ältere Bevölkerung (über 65 Jahre). Ihr Anteil wächst im Referenzszenario von 2015 bis 2060 von 18% auf 28 bis 29%. Dieser rasant wachsende Anteil ist ein Megatrend und unterscheidet sich zwischen den Szenarien nur wenig. Der Anteil der ausländischen Bevölkerung nimmt ebenfalls zu: Er steigt von 2015 bis 2060 von 24.3% auf 30.7% (Referenzszenario) bzw. max. 35.2 % (Szenario mit hohem Wanderungssaldo).

Anzahl Personen (in Mio.)



Anteil Personen (in Prozent)

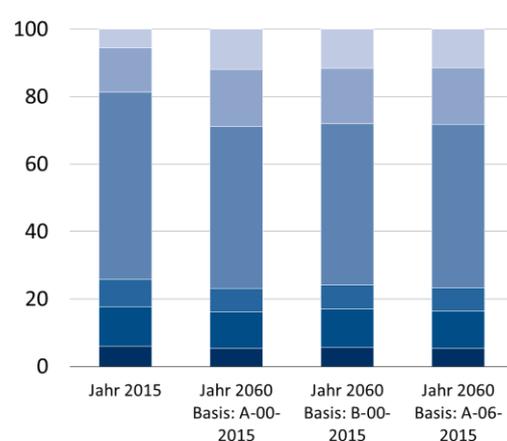


Abb.7 Prognostizierte Anzahl Personen absolut und in Prozent der Gesamtbevölkerung für das Jahr 2015 beziehungsweise für das Jahr 2060 für das Referenzszenario (A-00-2015), das hohe Szenario (B-00-2015) und die Variante hoher Wanderungssaldo des Referenzszenarios (A-06-2015).

Quelle: Interface/Uni ZH

⁷ Zwischenzeitlich hat das Bundesamt für Statistik die langfristigen Bevölkerungsszenarien aktualisiert (vgl. BfS 2020 <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/zukunftige-entwicklung.gnpdetail.2020-0194.html>)

Diese zeigen aber strukturell keine Unterschiede, so dass die Aussagen im Bericht nicht betroffen sind.

Grosser Einfluss auf zukünftige Anteile der Mobilitätstypen

Allgemeine Trends wie Individualisierung und Flexibilisierung, steigendes Umwelt- und Gesundheitsbewusstsein und Ansprüche an eine hohe Arbeits- und Freizeitqualität werden die Mobilitätsansprüche der Zukunft beeinflussen. Von zentraler Bedeutung für mögliche Disruptionen sind Einstellungen der Gesellschaft zu zukünftigen Technologien und insbesondere zum Individualverkehr bzw. zu zukünftigen Mobilitätsservices und deren individueller und kollektiver Ausprägung (z.B. Automatisierung und Sharing Economy). Diese Faktoren prägen denn auch die Ausgestaltung der Szenarien. Die diesbezüglichen Annahmen sind im Anhang ersichtlich.

Aus den verschiedenen soziodemografischen Faktoren lassen sich verschiedene Lebensentwürfe ableiten, die die unterschiedlichen Einstellungen und den Zugang zur Mobilität repräsentieren.

Tab. 6 Typologie der Mobilitätsnutzenden im Wandel

Alters- gruppe	Typen	Anteil		Wohn- flächen- nach- frage	Mobili- tätsrate
		2015	2060		
0-17	Kinder	12%	11%	Sehr tief	Hoch
18-24	Jugendliche	8%	7%	Tief	
	«Nestwärmer»: eher über 21-jährige erwerbstätige Frauen und Männer mit Führerausweis in oft ländlichen Mehrpersonenhaushalten mit Auto und gutem Haushaltseinkommen	4%	3-4%	Tief	Sehr hoch
	«Küken»: eher unter 21-jährige, erwerbstätige Frauen und Männer mit eher tiefem Bildungsniveau und ohne Führerausweis in Haushalten mit Kindern und Auto und gutem Haushaltseinkommen.	3%	3%	Tief	Hoch
	«Ausgeflogene»: eher über 21-jährige Frauen und Männer mit eher hohem Bildungsniveau in unterschiedlichen Haushaltstypen in der Stadt ohne Auto und mit tiefem Haushaltseinkommen	1%	1-2%	Mittel	Hoch
25-64	Erwachsene	60%	51%		
	«Karrieretypen»: erwerbstätige Frauen und Männer in Zwei- und Mehrpersonenhaushalten in eher städtischem Gebiet mit Auto und mit hohem sozialem Status, insbesondere hohem Haushaltseinkommen.	30%	12-24%	Sehr hoch	Sehr hoch
	«Familiientypen»: jüngere Frauen und Männer in Mehrpersonenhaushalten mit Kindern in eher ländlichem Gebiet mit Auto und mittlerem sozialem Status.	17%	10-12%	Mittel	Hoch
	«Hausfrauen 50+»: ältere, eher nicht erwerbstätige Frauen in Zweipersonenhaushalten, oft ohne Führerausweis und mit tiefem sozialem Status.	5%	2%	Mittel	Tief
	«Urbane Singles»: jüngere Frauen und Männer in Einpersonenhaushalten in städtischem Gebiet ohne Auto, aber mit GA und hohem Bildungsniveau.	8%	6-8%	Hoch	Hoch
über 64	Senior/innen	20%	31%		
	«Jüngere Seniorenelite»: eher jüngere Senioren in Mehrpersonenhaushalten mit Auto und Führerausweis und hohem sozialem Status (bezüglich Ausbildung und Haushaltseinkommen), teilweise weiterhin erwerbstätig (14%).	11%	10-19%	Mittel	Tief
	«Unterprivilegierte Seniorinnen»: eher ältere Frauen in Einpersonenhaushalten ohne Auto und ohne Führerausweis mit eher tiefem Haushaltseinkommen.	5%	2-6%	Mittel	Sehr tief
	«Finanziell abgesicherte Seniorinnen»: eher ältere Frauen mit Auto, aber nur zur Hälfte mit Führerausweis, mit mittlerem Haushaltseinkommen.	4%	6-17%	Mittel	Sehr tief

Quelle: Interface / EBP

Die Streubereiche in den Anteilen der verhaltenshomogenen Gruppen im Jahr 2060 ergeben sich aus unterschiedlichen Entwicklungsannahmen, die auch in den Mobilitätsszenarien unterstellt werden. Insgesamt steigt der Anteil der über 64-Jährigen von heute 20% auf 31% an. Den grössten Zuwachs erhalten die finanziell abgesicherten Senioren, deren Anteil sich von heute 4% auf 6% bis 17% erhöht. Vor allem im Szenario S2 (Individualisierung) ist der Anteil sehr hoch.

In Zukunft sind auch neue Mobilitätstypen zu erwarten, die das Mobilitätsverhalten beeinflussen. Das Forschungspaket hat insbesondere zwei neue Erwachsenen-Typen identifiziert:

- Die **Arbeitsnomaden** sind charakterisiert durch hohe Einkommen und eine sehr hohe Wohnflächennachfrage und Mobilitätsrate. Darin ähneln sie den Karrieretypen. Sie besitzen jedoch ein ausgeprägt kollektives Fahrverhalten und eine klare Tendenz, in Kernstädten oder ländlichen Gemeinden zu wohnen. Der Anteil der Arbeitsnomaden wird für 2060 auf 4% geschätzt.
- Die **Netzwerk-Familien** gleichen den Familientypen, indem sie zwischen mittel und tiefe Einstufungen bez. Einkommen, Wohnflächennachfrage und Mobilitätsrate haben. Sie unterscheiden sich aber ebenfalls durch ihr kollektives Fahrverhalten und einer klareren Raumtyppräferenz zur Kernstadt. Ihr Anteil wird für 2060 auf 7% geschätzt.

Grosser Einfluss der Mobilitätstypen auf den Zweck, Zeit und Modalsplit

Die Veränderungen bei den charakterisierten Mobilitätstypen haben einen direkten Einfluss auf das Mobilitätsverhalten. Dies betrifft sowohl die Mobilitätsw Zwecke, Unterwegszeiten und Distanzen als auch den Modalsplit. Die folgende Tabelle zeigt die Anteile der Hauptverkehrsmittel, wie sie im Mikrozensus Verkehr (2015) beobachtet werden konnten:

- Der MIV-Anteil ist vor allem bei den Nestwärmern, den Karrieretypen, den Familientypen und der jüngeren Seniorenelite überdurchschnittlich hoch. Demgegenüber ist bei den Küken, den Ausgeflogenen und den Urban Singles der ÖV-Anteil überdurchschnittlich.
- Generell hoch ist die Nutzung des Fuss- und Veloverkehrs. Bei allen Mobilitätstypen ist dies mehr als die Hälfte. Besonders hoch ist der Anteil bei den Ausgeflogenen und bei den Urban Singles.

Tab. 7 Nutzung der Verkehrsmittel nach Mobilitätstyp 2015

	Typ	MIV	ÖV	Fuss/Velo	Andere Verkehrsmittel
Ausbildungsalter	Nestwärmer	73,7%	21,6%	59,4%	2,5%
	Küken	45,7%	49,6%	75,3%	3,3%
	Ausgeflogene	31,2%	55,3%	84,3%	3,7%
Erwerbstätigenalter	Karrieretypen	74,0%	14,5%	59,0%	2,5%
	Familientypen	67,2%	9,5%	57,2%	1,6%
	Hausfrauen 50+	50,5%	13,0%	62,7%	2,0%
	Urbane Singles	18,9%	53,8%	86,7%	2,9%
Rentenalter	Jüngere Seniorenelite	55,8%	9,4%	59,8%	1,7%
	Unterprivilegierte Seniorinnen	13,1%	25,5%	66,5%	2,0%
	Finanziell abgesicherte Seniorinnen	44,9%	7,7%	54,4%	1,2%

Quelle: Interface/Uni Zürich, basierend auf den Daten des Mikrozensus MZMV 2015. Lesebeispiel: Am Stichtag nutzen 73,7 Prozent der «Nestwärmer» den MIV, 21,6 Prozent den ÖV, 59,4 Prozent den Fuss- und Veloverkehr und 2,5 Prozent andere Verkehrsmittel.

4.2 Fokus Alter

Unterschiedliche Anteile und Verkehrsverhalten der Bevölkerung über 64 Jahren

Für die ältere Bevölkerung (ab 64 Jahren) sind die unterschiedlichen Ausprägungen der Szenarien (siehe Kapitel 2.4) besonders relevant. Entsprechend sind auch die Annahmen bezüglich der Anteile der verhaltenshomogenen Gruppen unterschiedlich, wie folgende Tabelle zeigt.

Tab. 8 Senior/innen: Entwicklung der drei Mobilitäts-Typologien in den drei Szenarien (absolute Grössen in Mio. und Anteil in Prozent) 2060

	2015		2060					
			S1: Evolution		S2: Revolution Individuell		S3: Revolution Kollektiv	
Jüngere Seniorenelite	0.81	52%	1.33	39%	1.09	33%	2.04	62%
Unterprivilegierte Seniorinnen	0.42	27%	0.21	7%	0.59	18%	0.49	15%
Finanziell abgesicherte Seniorinnen	0.33	21%	1.48	54%	1.62	49%	0.76	23%

Grundlage: Interface/Uni Zürich, EBP

Die demografische Alterung führt zu starken Verkehrszunahmen

Diese unterschiedlichen Anteile beeinflussen die Verkehrsnachfrage in den drei Szenarien signifikant. Die Anzahl der absolut zurückgelegten Kilometer der älteren Bevölkerung steigt im Szenario S1 (Evolution) gegenüber 2015 um einen Faktor 2.4 an. Noch stärker (um mehr als das Dreifache) steigen sie in den beiden disruptiven Szenarien mit automatisierten neuen Mobilitätsservices (individuell oder kollektiv) an. Die grösste Dynamik erfährt der Freizeitverkehr. In allen Szenarien nimmt die Nachfrage nach einer sinnvollen Tätigkeit nach der Pensionierung in Form von freiwilliger und gering entschädigter Arbeit und damit die Verkehrsleistung in der Rubrik Arbeit zu.

Die starke Dynamik der älteren Bevölkerung spielt aber auch bei der Verkehrsmittelwahl eine wichtige Rolle, wie die folgende Figur zeigt. Die hohe Attraktivität von neuen automatisierten Mobilitätsservices (Auto) kommt in den beiden disruptiven Szenarien S2 und S3 zum Ausdruck.

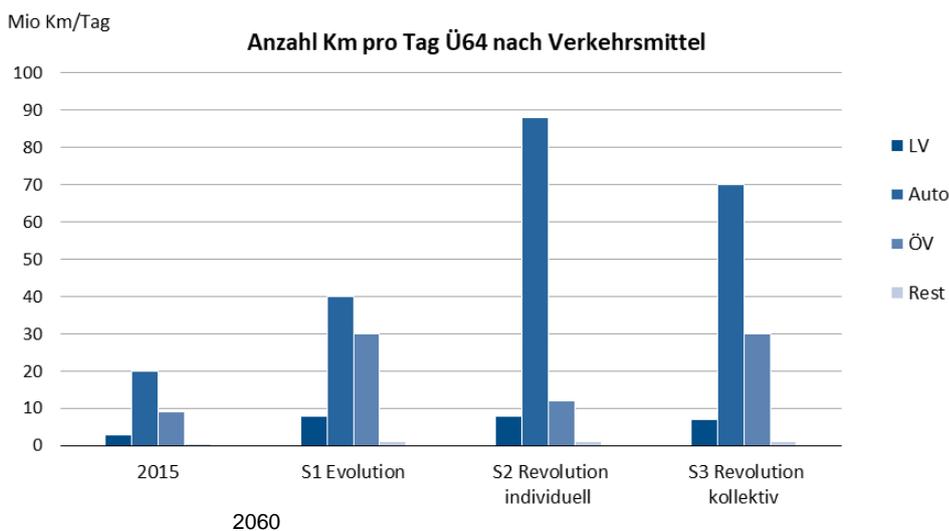
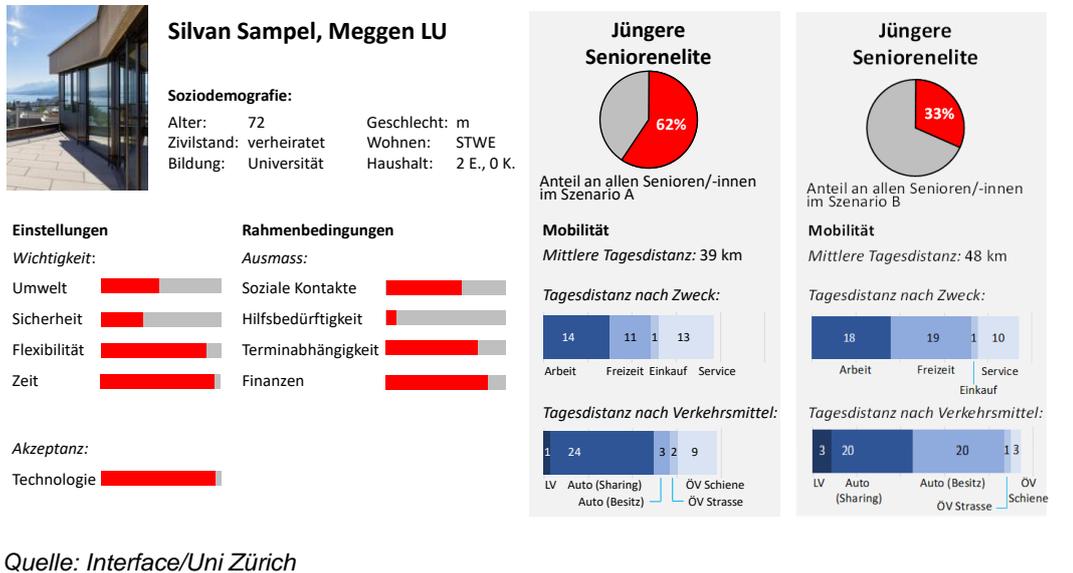


Abb. 8 Entwicklung der Verkehrsnachfrage der älteren Bevölkerung im Jahr 2015 im Vergleich mit dem Jahr 2060 nach Szenarien:

Quelle: Interface/Uni Zürich

Altersspezifische Personas:

Das Forschungsprojekt 'Demografische Alterung' hat Personas für einzelne typische Personen in Altersgruppen entwickelt. Diese Steckbriefe ermöglichen es, das Mobilitätsverhalten in den einzelnen Szenarien abzubilden. Beispielhaft ist hier ein Steckbrief für einen Vertreter der jüngeren Seniorenelite abgebildet.

**Spezifische Bedürfnisse und Services werden wichtiger**

Die signifikante Zunahme der Mobilitätstypen im Rentenalter erfordert auch eine Auseinandersetzung mit den Bedürfnissen und der Nachfrage nach spezifischen Angeboten. Diese Bedürfnisse lassen sich auch auf andere Mobilitätstypen übertragen und schliessen auch Ansprüche von spezifischen Bevölkerungsgruppen (z.B. Frauen, Ausländer) mit ein. Grundsätzlich lassen sich drei Stufen von Bedürfnissen unterscheiden:

- Primäre Bedürfnisse wie Security (Sicherheit im öffentlichen Raum), Safety (Verkehrssicherheit und Unfallrisiko), Verfügbarkeit und Zugänglichkeit zu den Mobilitätsservices (z.B. Angebotshäufigkeit und Behindertengerechtigkeit) und Erschwinglichkeit (Preise, Tarife).
- Sekundäre Bedürfnisse wie Komplexität, Kontrollierbarkeit (z.B. Berechenbarkeit, Zuverlässigkeit), Personal (Unterstützung) und Sauberkeit.
- Tertiäre Bedürfnisse wie Normen, d.h. Vertrautheit mit der Benutzung des Verkehrsmittels.

Zur Befriedigung dieser Bedürfnisse können fünf Kategorien von Angebotsservices unterschieden werden:

1. Institutionalisierte Transport- und Begleitservices: Angebote für spezifische Behindertentransporte, Abholservices für ältere Personen oder Begleitedienste. Häufig sind solche Angebote privat organisiert, unter Einbezug von Freiwilligenarbeit.
2. Ausstattung der Verkehrsmittel und -flächen: Behindertengerechte Zustiege, Fahrassistenzsysteme, sichere stufenfreie und wetterfeste Aufenthaltsflächen, sichtbare und einfache Leitsysteme.
3. Integrale Angebote: spezifische Mobilitätspakete für ältere Personen (Reise, Abholdienst, Aufenthalt, Tarif, Nebenleistungen).
4. Kurse, Trainings und Kampagnen: zur Sicherstellung der Fahrtüchtigkeit, dem Umgang mit digitalen Schnittstellen im öffentlichen Verkehr und der Nutzung verschiedener Angebotsservices.
5. 'Inclusive Design': Hier geht es darum, vor allem Verkehrsangebote und Siedlungsgebiete (Städte) so weiterzuentwickeln, dass alle Personengruppen berücksichtigt werden. Der heutige Fokus liegt vor allem auf der arbeitstätigen Bevölkerung.

Die neuen Mobilitätstrends unterstützen die neuen Ansprüche

Verschiedene Trends des technologischen Wandels können dazu führen, dass die steigenden Bedürfnisse der älteren Bevölkerung einfacher befriedigt werden können:

- **Automatisierte Fahrzeuge** – seien dies eigene Fahrzeuge oder Sharing-Angebote (Robotaxis, Robovans) – werden die Mobilitätsmöglichkeiten älterer Personen markant erhöhen, weil für die Mobilität auf der Strasse kein Führerschein mehr nötig sein wird. Die Akzeptanz der älteren Personen könnte in einer Anfangsphase zwar kritisch sein, mit der Zeit jedoch dadurch erreicht werden, dass automatisierte Fahrzeuge stark mobilitätseingeschränkten Personen Mobilität überhaupt ermöglichen und langfristig praktisch nur noch automatisierte Fahrzeuge im Verkehr sein werden.
- **Mobility as a Service (MaaS)** wird die Komplexität von Organisation und Realisierung der Mobilität in erheblichem Masse vermindern, weil die Mobilität über eine einzige Plattform und unabhängig von Mobilitätsanbietern, Verkehrsmitteln und Verkehrsträgern von der Planung über die Realisierung bis zur Bezahlung abgehandelt werden kann. Die Nützlichkeit von MaaS-Anwendungen für mobilitätseingeschränkte Personen steht und fällt jedoch mit der Einbindung von spezialisierten Angeboten wie Transport- und Begleitsdiensten. Die Akzeptanz von MaaS-Anwendungen dürfte im Wesentlichen vom einfachen Zugang, von der Datensicherheit und der Transparenz, wie mit den Daten umgegangen wird, abhängen sowie vom Vertrauen in die Integrität der Plattform-Anbieter und den dahinterstehenden Mobilitätsanbietern.
- **Virtual Reality** wird im Zusammenhang mit der Mobilität älterer Personen ebenfalls thematisiert. Dank Weiterentwicklungen (z.B. haptisches Erleben, Geräuschwahrnehmungen) wird sie die Möglichkeiten, die reale Welt zu erleben ohne dass die eigene Wohnung verlassen werden muss, drastisch vergrössern und verbessern. Inwiefern virtuelle Realität die materielle Realität tatsächlich gleichwertig ersetzen kann, bleibt jedoch fraglich.
- Der **Transfer** von der eigenen Wohnung zu einem Verkehrsmittel respektive von einem Verkehrsmittel zum Bestimmungsort ist zentral und ein grosses Bedürfnis. Diese Lücke wird geschlossen werden müssen, damit stark mobilitätseingeschränkte Personen von den restlichen Entwicklungen im Mobilitätsbereich profitieren können. Möglichkeiten dazu sind einerseits Sitze, die mit Stühlen, Rollstühlen, und Fahrzeugen kompatibel sind, sodass eine Person einen Sitz nicht mehr verlassen muss. Andererseits gibt es Entwicklungen im Bereich von Exoskeletten: Die aktuell vielversprechendste Vision besteht in sogenannten textilen Muskeln, die wie Kleidungsstücke getragen werden können und eine selbstständige Fortbewegung ermöglichen.

4.3 Einstellungen von Jugendlichen und jungen Erwachsenen

Die Jugend von heute repräsentiert die Entscheidungsträger von morgen. Die im Rahmen des Forschungspakets durchgeführten Workshops mit Jugendlichen und jungen Erwachsenen⁸ haben folgendes gezeigt:

Technologie: Schüler/innen und Studierende sind nicht per se technologiegläubig – sehen aber viele Vorteile

Zentrale Vorteile bilden aus Sicht der Workshop-Teilnehmenden die erhöhte Effizienz und bessere Erreichbarkeit. Dazu braucht es einen verbesserten Zugang zur kollektiven Mobilität.

Gegenüber automatisiertem Fahren zeigen sich die befragten Jugendlichen aufgeschlossen. Vor allem praktische Gründe – einfache Verfügbarkeit, Selbständigkeit im Alter, weniger Kalamitäten wie Stau und Parken – spielen dabei eine Rolle. Dabei ist aus ihrer Sicht wichtig, dass der europäische Mobilitätssektor eine Vorbildfunktion einnimmt.

⁸ Insgesamt wurden drei Workshops mit je ca. 30 Teilnehmenden durchgeführt: Studierende Hochschule Luzern und ZHAW Winterthur, Kantonsschule Wettingen.

Automatisiertes Fahren müsse deshalb mit der Entwicklung von neuen Mobilitätsservices einhergehen. Dabei äusserten die befragten Workshop-Teilnehmenden aber auch ethische Bedenken hinsichtlich eines vollautomatisierten Betriebs sowie Besorgnis vor zu viel künstlicher Intelligenz.

'3D-Angebote' faszinieren: Im Rahmen der Workshops haben die Jugendlichen grosses Potenzial in Hyperloops, Cargo sous terrain und Flugtaxi gesehen.

Mobilitätsdienstleistungen: Niederschwellige Handhabung entscheidend

Aus Sicht der Jugendlichen sind Mobilitätsdienstleistungen vor allem dann attraktiv und interessant, wenn sie einfach zugänglich sind. Dazu gehört auch die Online-Verfügbarkeit (via Apps, Plattformen).

Mobilität ist kein Selbstzweck. Das «Paket» ist relevant: Mobilitätsdienstleistungen werden als Teil von weiteren Dienstleistungen, z.B. Tourismus, Events, Home-Delivery betrachtet.

Sharing: In aktueller Situation der befragten Jugendlichen und jungen Erwachsenen noch kein Bedürfnis, generell aber zukunftssträchtig

Sharing ist aus Sicht der Jugendlichen generell (noch) kein intrinsisches Bedürfnis und kein zentraler Trend: «Airbnb» wird rege genutzt, bei Mobilitätsangeboten zeigen sich die Jugendlichen jedoch mehrheitlich zurückhaltend.

Dennoch wird Sharing-Angeboten grosses Zukunftspotenzial zugeschrieben. Das setzt aber eine höhere Verfügbarkeit und attraktivere Preise gegenüber heute voraus.

Klimawandel: Politik aus Sicht der Jugend stark gefordert

Klimatische Veränderungen sehen die meisten der Workshop-Teilnehmenden als zentrale Treiber für Veränderung der Mobilität. Aus Ihrer Sicht ist die öffentliche Hand gefordert, indem sie regelt, fördert und limitiert.

Entscheidend ist dabei das Vorantreiben fossilfreier Antriebe, v.a. Elektromobilität. Geringe Potenziale gibt es indes beim Flugverkehr. Hier sind individuelle Verhaltensänderungen notwendig.

Als erste Anzeichen von Umdenken sehen viele der Workshop-Teilnehmenden eine erhöhte Sensibilisierung, die mit dem Thema einhergeht.

Plattformökonomie: Grosses Potenzial – und Bedürfnis

Das Bedürfnis nach zentralen Mobilitätsplattformen («alles aus einer Hand») ist bei den befragten Jugendlichen gross. Bei dieser Entwicklung könnte «GAFA» (Google, Amazon, Facebook, Apple), chinesische Anbieter und der Plattformkapitalismus eine wichtige Rolle spielen. Vor diesem Hintergrund sehen die Jugendlichen aber die Marktmacht dieser Player kritisch: Die Mobilitätszukunft dürfe nicht in der Hand von einzelnen Privatkonzernen sein.

Organisation Gesamtsystem Verkehr: Angebot neuer Lösungen – und Disruptionen

Zentral für die Diffusion ist das Angebot an neuen Systemlösungen. Für Disruptionen spielen organisatorische Fragen (v.a. in Zusammenhang mit Infrastruktur) deshalb eine grössere Rolle als die Zulassung neuer Fahrzeugtechnologien.

Die Jugendlichen erwarten, dass sich der physische Verkehr, wie wir ihn heute kennen, verändern wird, in den städtischen Gebieten hin zu integrierten kollektiven Angeboten, im ländlichen Raum eher geprägt durch automatisierte individuelle Angebote. Zudem gehen sie davon aus, dass die Mobilität in der Schweiz und in Europa zunehmend durch aussereuropäische Entwicklungen (v.a. USA, Asien) geprägt sein wird.

Künftige Lebensformen: Künstliche Intelligenz und Automatisierung halten Einzug in Alltag – und prägen damit auch Mobilitätsformen.

Die Jugendlichen sind sich sicher, dass persönliche Kontakte, soziale Netzwerke und Emotionen auch in Zukunft einen hohen Stellenwert einnehmen werden.

Die Menschheit wird sich sukzessive an Künstliche Intelligenz und Automatisierung gewöhnen. Das ist jedoch ein langjähriger Prozess.

Mobilität ist dabei nur eine Anwendungsform. Gesundheits-Assistenten beispielsweise optimieren Tagesablauf, Ernährung und Freizeitgestaltung.

Trotz dieser zusätzlichen Annehmlichkeiten gehen die Jugendlichen und jungen Erwachsenen davon aus, dass die Zeit als solche weiterhin ein knappes Gut sein wird.

4.4 Herausforderungen

Die demografische Entwicklung ist einerseits der Wachstumstreiber Nr. 1 per se, andererseits aber relevant für signifikante strukturelle Änderungen für die zukünftige Verkehrsnachfrage. Diese sind insbesondere gekoppelt mit neuen Anforderungen an das Mobilitätssystem und an die Möglichkeiten von neuen Technologien und Angebotsformen:

Die Veränderung der verhaltenshomogenen Gruppen beeinflusst die zukünftige Verkehrsnachfrage: Dominant sind vor allem drei Trends: erstens die absolute und relative Zunahme der Anteile der Bevölkerung über 64 Jahre, zweitens die (anteilmässige) Abnahme der sogenannten Karrieretypen, also vor allem Personen in Kleinhaushalten und drittens der Trend zur Multilokalität, mit mehreren Wohnsitzen und Arbeitsorten.

► Während das absolute Wachstum und der zunehmende Anteil der älteren Bevölkerung die zukünftige Mobilitätsnachfrage erhöht, kann die Abnahme der Kleinhaushalte und der Trend zur Multilokalität dämpfend wirken. Die gesellschaftlichen Entwicklungen überlagern sich dabei mit der Verteilung der verhaltenshomogenen Gruppen in den einzelnen Räumen (Kernstadt, Agglomeration, ländlicher Raum). Je attraktiver die städtischen Räume sind, desto grösser ist auch das Potenzial für eine integrierte kollektive Mobilität.

Ältere Menschen werden das Mobilitätssystem 2060 stärker prägen als heute: Es ist zu erwarten, dass der Anteil älterer Menschen 2060 sehr viel höher ist als heute. Dies ist nicht nur für die Mobilitätsnachfrage, sondern auch bezüglich politischer Mitwirkung relevant.

► Dies erhöht einerseits die Nachfrage nach bedürfnisgerechten Angeboten, stellt aber auch neue Herausforderungen an die Verfügbarkeit und Bezahlbarkeit spezifischer Angebote – nicht zuletzt vor dem Hintergrund der aktuellen Rentendiskussion.

Dies erhöht aber auch die Ansprüche an das demokratische System, andere Mobilitätstypen, insbesondere junge Menschen und neue Familien- und Wohnformen gebührend zu berücksichtigen.

Technologischer Wandel bringt viele altersspezifische Chancen: Das automatisierte Fahren erhöht die Mobilitätschancen älterer Menschen stark. Ältere Menschen könnten – untypischerweise – zu «early adopters» neuer Mobilitätsangebote werden. Insbesondere von einem voll automatisierten Verkehrssystem können jene älteren Menschen besonders profitieren, die heute kein Auto (mehr) fahren.

► Dies erhöht die Nachfrage nach Mobilitätsangeboten und damit auch der gefahrenen Kilometer, stellt aber auch neue Anforderungen an die Ausstattung und den Einsatzbereich – sowohl im Individualverkehr als auch im öffentlichen Verkehr. Insbesondere das automatisierte Fahren kann das Mobilitätsaufkommen bei der älteren Bevölkerung erhöhen.

Demografischer Wandel erhöht die Ansprüche an eine integrierte Verkehrsplanung: Das Mobilitätsaufkommen wird mit heutigen Verkehrskonzepten nicht mehr zu bewältigen sein. Auch ist abzusehen, dass rein infrastrukturelle Lösungen nicht genügen werden.

► Das oben erwähnte Konzept des «inclusive design» wird in Zukunft zum Treiber für die Umsetzung der neuen Bedürfnisse und Anforderungen an die Gestaltung des Mobilitätssystem der Zukunft. Dies geht weit über die reine Verkehrsplanung hinaus und betrifft auch die Gestaltung von Wohn- und öffentlichem Aufenthaltsraum. Dies führt zu neuen verkehrspolitischen Herausforderungen, insbesondere in der Frage, welche Rolle die öffentliche Hand bei der Bestellung und Förderung neuer (kollektiver) Mobilitätsformen spielen soll.

5 Treiber: Raumstruktur

Basis dieses Kapitels ist insbesondere das folgende Forschungsprojekt
 SVI 2017/002
Wechselwirkungen Verkehr und Raum
 Bruns, F.; Abegg, C.; Erismann, B.; Fumasoli, T.; Pahud-Schiesser, N. (EBP Schweiz AG)



5.1 Wirkungsgefüge Raum und Verkehr

Neue Technologien und demografische Entwicklungen überlagern die heutigen Wechselbeziehungen zwischen Raum und Verkehr

Raum und Verkehr beeinflussen sich gegenseitig: Verkehrsnetze und -angebote (Fahrpläne) beeinflussen in ihrer Anordnung und ihrem Ausbau direkt die individuellen Mobilitätsentscheide, aber auch die Erreichbarkeit von Städten, Dörfern und Regionen. Gute Erreichbarkeit und damit verbunden eine hohe Standortattraktivität beeinflussen die Wohnortwahl der Menschen oder die Standortentscheidungen von Unternehmen. Damit steht die Erreichbarkeit eines Gebiets in Zusammenhang mit der Immobiliennachfrage, den Grundstückspreisen, der Bautätigkeit und damit der wirtschaftlichen Entwicklung vor Ort.

Die räumliche Verteilung der Wohn-, Arbeits- und Freizeitstandorte beeinflusst wiederum die Verkehrsnachfrage. Entscheidender Standortfaktor ist dabei die verkehrliche Erschliessung (Strasse und Schiene). Je dichter und besser erschlossen ein Gebiet ist, desto grösser ist das Potenzial für kurze Wegelängen und die Erschliessung mit öffentlichem (kollektivem) Verkehr. Wenig dicht bebaute Gebiete im Agglomerationsumland und an peripheren Lagen hingegen erhöhen tendenziell die Länge der Wege und die Wahrscheinlichkeit zur Nutzung des MIV. Dies weil in dichten Gebieten einerseits mehr Möglichkeiten zur Durchführung der Aktivität im nahen Umkreis bestehen, andererseits aber auch, weil in dichten Gebieten das Verkehrsangebot anders strukturiert ist. Der MIV verfügt über eingeschränkte Parkierungs- und Strassenkapazitäten, während die hohe Mobilitätsnachfrage ein dichtes ÖV-Angebot ermöglicht.

Die Stossrichtung der aktuellen Raumentwicklungsstrategie des Bundes geht von diesen Zusammenhängen aus und postuliert die Innenentwicklung und die Verdichtung in den Kernstädten und den Agglomerationsräumen. Diese Politik soll der zunehmenden Zersiedelung entgegenwirken und dürfte auch bei der Entwicklung in langfristiger Zukunft einen zentralen Trend darstellen. Diese Prozesse sind eingebettet und überlagert von weiteren Faktoren, die insbesondere auch mit der Betrachtung des Jahres 2060 von Bedeutung sind:

- Neue Technologien – wie z.B. automatisierte Fahrzeuge – verändern vor allem das Verkehrsnetz und -angebot. Sie verbessern die Erreichbarkeit ebenso wie damit verknüpfte neue Mobilitätsdienstleistungen. Diese dürften sich in den einzelnen Teilräumen unterscheiden.
- Demografische Entwicklungen (z.B. wo wohnt die stark zunehmende ältere Bevölkerung) beeinflussen die Wohnortwahl und damit auch Entscheide hinsichtlich von Arbeits- und Freizeitwegen. Diese sind oft eng verknüpft mit Wertevorstellungen.
- Wirtschaftliche Entwicklungen bestimmen das Einkommen der Menschen und Unternehmen und damit die finanziellen Möglichkeiten für Mobilitäts- und Standortentscheide.
- Regulierungen steuern die Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln und die Preise ihrer Nutzung. Damit wirken sie ebenfalls auf Verkehrsnetz und -angebot. Dieses ist ebenfalls geprägt durch Regulierungen in der Raumnutzung und den Immobilienmärkten.

Diese Zusammenhänge gehen sukzessive im Zeitablauf vonstatten, wobei sie unterschiedliche Dynamiken haben: Die Wirkung von Verkehrsnetz und Angebot auf die individuellen Mobilitätsentscheidungen funktioniert sehr schnell, wie z.B. die Anpassungen nach Inbetriebnahme von Verkehrsinfrastrukturen zeigen. Standortentscheide werden dann erst langsam und über viele Jahre beeinflusst. Aus Verkehrssicht lässt sich festhalten, dass eine optimale Dichte dann gegeben ist, wenn die Potenziale für den kollektiven Verkehr zu geringen Kosten genutzt werden können.

Neuer Modellierungsansatz: Bayes'sche Netze

Um die Zusammenhänge zwischen Raumentwicklung und Verkehr mit konkreten Einflussfaktoren quantitativ abzubilden, ist im Rahmen des Forschungspakets 'Verkehr der Zukunft' von EBP ein neues Modell auf Basis der Bayes'schen Netze aufgebaut worden. Das Modell beruht auf Zusammenhängen von Einflussvariablen auf einen Knoten, der dann selbst wieder neue Einflussparameter beeinflusst. Die Knoten bilden bedingte Wahrscheinlichkeiten der zugeordneten Variablen ab. Sie werden durch Wahrscheinlichkeitsverteilungen beschrieben. Das Modell lässt sich quantitativ ausformulieren. Im Vergleich zu klassischen Verkehrsmodellen kann der Zusammenhang zwischen Verkehr und Flächennachfrage nach Bevölkerungsgruppen und Raumtypen explizit abgebildet werden. Auf der anderen Seite ist aber festzuhalten, dass der Modellansatz kein Verkehrsnetz enthält und detaillierte relationale Beziehungen nicht abbilden kann. Im Unterschied zu systemdynamischen Modellen lässt es auch keine Rückkopplungen zu.

Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über das Modell. Es unterscheidet drei Raumtypen sowie vier Teilsysteme. Dabei bestehen vor allem Abhängigkeiten zwischen Personenverkehr, den Wohn- und Arbeitsflächen sowie dem Güterverkehr. Ein wichtiges Bindeglied ist die Abhängigkeit zwischen der Nachfrage nach Arbeitsflächen und der Nutzung von Wohnflächen.

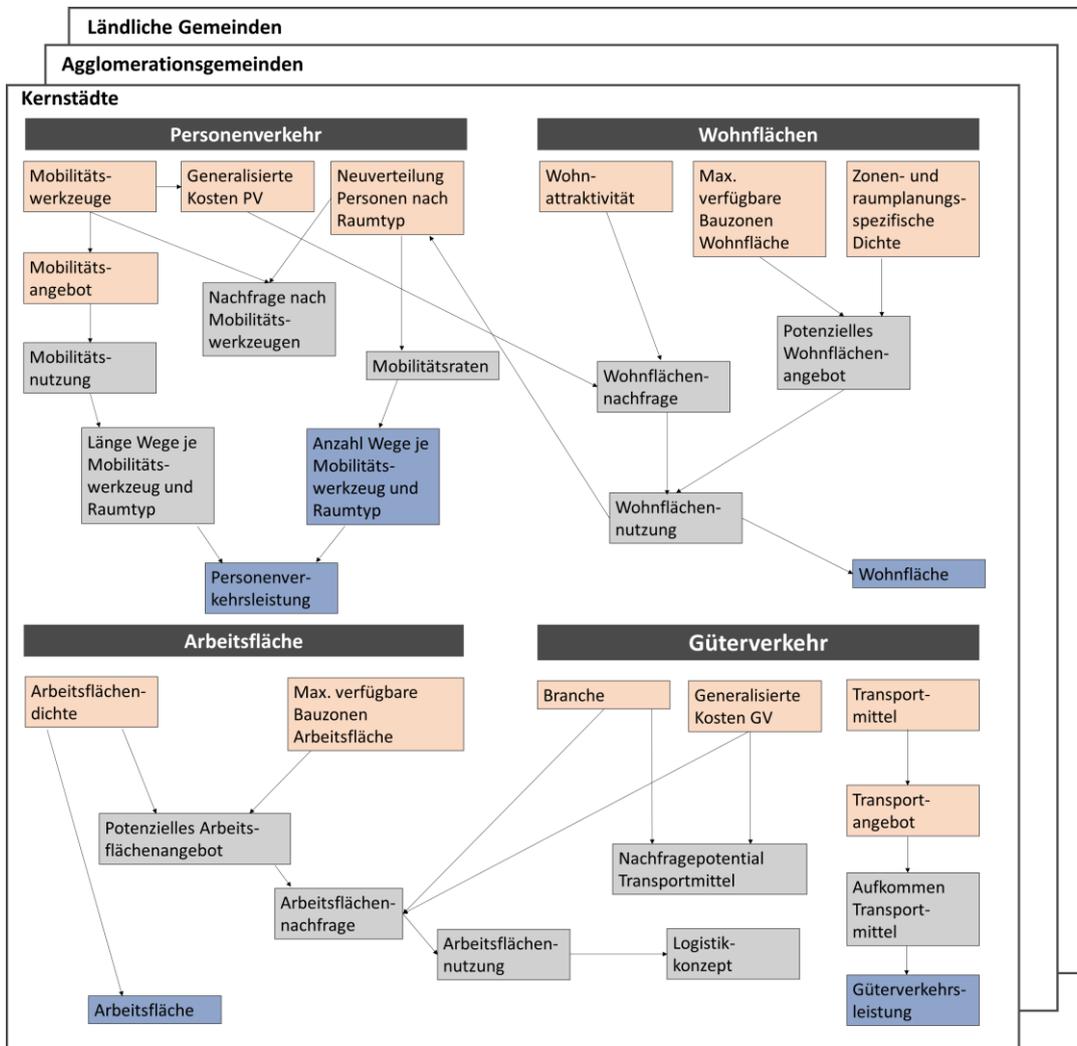


Abb. 9: Gesamtes Wirkungsnetz zu Wechselwirkung Verkehr-Raum auf Basis des Modells der Bayes'schen Netze (EBP)

Orange: Input-Knoten; Grau: Kausalitätsknoten; Blau: Output-Knoten;
 Quelle: EBP: Langfristige Wechselwirkung Verkehr-Raum

5.2 Räumliche Trends 2060

Starke Zunahme in allen Räumen, Verdichtung nur im Szenario S3

Mit dem Modell lassen sich das demografische Wachstum und die Änderung der verhaltenshomogenen Gruppen räumlich für die einzelnen Szenarien abbilden. Während in den Szenarien S1 'Evolution' und S2 'Revolution Individuell' die Bevölkerung in allen Regionstypen (Kernstadt, Agglomeration, Land) etwa ähnlich wächst, führt das Szenario S3 'Revolution Kollektiv' zu einem übermässigen Wachstum in den Kernstädten (+ 43%). Die Wachstumsraten in der Agglomeration, wo 2060 ca. 40 bis 45% der Bevölkerung lebt, sind in allen Szenarien in etwa ähnlich. Das heisst: Urbanisierung bedeutet zunächst ein überproportionales Wachstum in den Kernstädten und ein unterproportionales Wachstum in den ländlichen Räumen.

Bei den Arbeitsplätzen sind allerdings die Konzentrationseffekte weniger deutlich. Das Wachstum der Arbeitsplätze in den Kernstädten ist nur unwesentlich höher als in den anderen Szenarien und liegt bei 24%. Dies liegt insbesondere daran, dass die zunehmende Digitalisierung im Dienstleistungssektor dezentrale Arbeitsplätze generell begünstigt. In vielen Städten ist zudem das prognostizierte Wachstum an neuen Wohnflächen geringer als die erwartete und erwünschte Entwicklung. D.h. der Bedarf an Angestellten kann nur durch das Umland gedeckt werden, was wiederum zu Verkehr führt.

Gleichzeitig wird sichtbar, dass nur eine verstärkte Urbanisierung gemäss Szenario S3 in der Lage ist, die Siedlungsflächen zu stabilisieren. Ein individualisiertes Wachstum gemäss Szenario 2 würde die Zersiedelung am meisten fördern und führt zu einem Wachstum der Siedlungsflächen von rund 20% gegenüber heute.

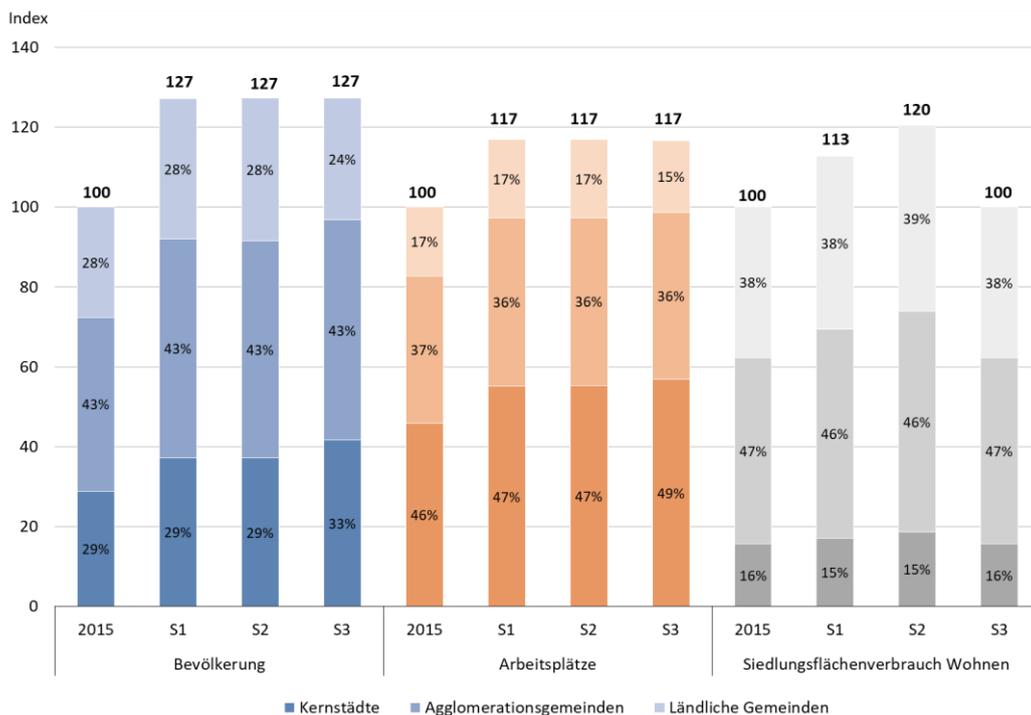


Abb.10 Bevölkerung, Arbeitsplätze und Siedlungsverbrauch Wohnen 2015 und 2060 je Szenario und Raumtyp

Angaben über Säulen: Entwicklung indexiert (Index 2015=100); Angaben in Säulen: Anteile der verschiedenen Raumtypen innerhalb der Kategorie in Prozent. Bevölkerung 2060 in Mio. nach Wohnflächenmarkt und mit neuen Verkehrsangeboten; Arbeitsplätze 2060 in Mio. VZÄ; Siedlungsflächenverbrauch Wohnen basierend auf ha. Legende Raumtypen: Kernstädte (dunkel), Agglomerationsgemeinden (mittel), Ländliche Gemeinden (hell). In allen Szenarien ist das Referenzszenario des BfS für die Bevölkerungsprognose unterstellt. Grundlage: EBP: Wechselwirkungen Verkehr und Raum

5.3 Wirkungen auf den Verkehr

Literaturauswertung: Verdichtung spart Verkehr

Der quantitative Zusammenhang zwischen Veränderungen in der Raumstruktur und veränderten Verkehrsströmen ist wissenschaftlich hinlänglich untersucht worden. Das Forschungsprojekt hat eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt: Alle diese Arbeiten zeichnen ein ähnliches Bild: Eine verdichtete Bauweise und eine klare Setzung von Infrastrukturprioritäten erhöhen sowohl die Raum- als auch die Verkehrseffizienz und tragen zu einer Dämpfung des Verkehrswachstums – insbesondere im motorisierten Individualverkehr – bei. Die Ergebnisse lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- Der Modalsplit verschiebt sich mit höherer Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichte weg vom motorisierten Individualverkehr hin zum öffentlichen Verkehr und zum Fussverkehr.
- Menschen in dicht besiedelten Gebieten legen für alle Verkehrszwecke in der Alltagsmobilität im Inland (auch im Freizeitbereich) kürzere Distanzen zurück.
- Die autofreien Haushalte nehmen mit zunehmender Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichte zu, während Haushalte mit zwei oder mehr Autos abnehmen. Der Anteil der Haushalte mit einem Auto bleibt, abgesehen von Gebieten mit relativ hoher Bevölkerungsdichte, beinahe konstant und nimmt bei hohen Dichten ebenfalls ab.
- Bei hohen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichten haben tendenziell weniger Leute einen Führerausweis.
- Die Anzahl Ausgänge und Wege pro Tag und Person sowie die durchschnittlichen Tagesunterwegszeiten pro Person sind unabhängig von der Dichte des Wohnortes.

Allerdings gibt es gewisse **gegenläufige Trends**, die in einer Gesamtbetrachtung zu berücksichtigen sind. Innenentwicklung erhöht gleichzeitig die Standortattraktivität und kann zu einer Gentrifizierung führen. Die damit verbundenen höheren Einkommen der (neu) ansässigen Bevölkerung können eine Steigerung der Mobilitätsbedürfnisse zur Folge haben. Ein typisches Beispiel dafür sind die im vorhergehenden Kapitel (Demografische Alterung) erwähnten Arbeitsnomaden. Die Gentrifizierung kann zudem zu Verdrängungseffekten ausserhalb der Städte führen, die wiederum – zumindest für die betroffenen Bevölkerungsschichten, meist mittelständische Familien, die Weglängen erhöhen. Schliesslich gilt der nachgewiesene positive Effekt insbesondere im Inland. Werden die Auslands- und Übernachtungsreisen dazu genommen, ist bei den Tagesdistanzen der Zusammenhang zwischen Dichte und Verkürzung der Wege nicht mehr erkennbar.

Modellierung einzelner Zusammenhänge

Mit dem neu entwickelten Modell der Bayes'schen Netze können diese Zusammenhänge modelliert und quantitativ bestätigt werden. Im Folgenden werden drei typische Wirkungsmuster beispielhaft vertieft:

- **Infrastrukturausbau ausserhalb der Kernstädte fördert die Zersiedelung:** Bei einem Infrastrukturausbau werden die Geschwindigkeiten erhöht und damit die generalisierten Kosten gesenkt.
Im **Personenverkehr** hat eine Erhöhung der Geschwindigkeit um 5% (PW) bzw. 2% (ÖV) eine Senkung der generalisierten Kosten um 3.4% (PW) bzw. 1% (ÖV) zur Folge. Dies führt im Personenverkehr zu einer Erhöhung des Verkehrsaufkommens um insgesamt 2.7%. Das Wachstum betrifft vor allem den PW-Verkehr. Der ÖV wächst demgegenüber nur um 0.3 bis 0.4%. Während das Verkehrsaufkommen in den Kernstädten rückläufig ist, steigt dessen Anteil in den ländlichen Gemeinden. Entsprechend verschiebt sich auch der Flächenverbrauch (Wohnflächen, Arbeitsflächen) aus den Kernstädten und Agglomerationsgemeinden in die ländlichen Gemeinden. Die Zunahme beträgt insgesamt 0.1%.
Im **Güterverkehr** machen Zeitkosten einen geringeren Teil der Gesamtkosten aus. Deshalb ist die Senkung der generalisierten Kosten kleiner und beträgt für LKW 0.8%, für Lieferwagen 3.4% und im Schienenverkehr 0.4%. Der Effekt der Zersiedelung (Mehrverkehr und Verlagerung von Kernstädten in die ländlichen Gemeinden) ist allerdings deutlich geringer als im Personenverkehr.

- **Urbanes Wachstum mit differenzierter Wirkung auf den Modalsplit des Arbeitsverkehrs:** Bei einer Zunahme der Bevölkerung in den Kernstädten erhöht sich die Flächeneffizienz des **Personenverkehrs**. Entsprechend verbessert sich der Modalsplit. Insgesamt sind aber die Standortentscheide von Unternehmen relevant. Wenn Headquarters aus den Kernstädten wegziehen und günstigere Flächen nachfragen, besteht das Risiko, dass zunehmende Wegpendlerströme den Modalsplit negativ beeinflussen. Die Verbesserung des Modalsplits in den Städten kann also kompensiert werden durch vermehrte MIV-Fahrten ausserhalb oder durch neue Angebotsformen. Generell kann die Zunahme von digitalen Arbeitsplätzen (Home-Office, Co-Working-Spaces) die Nachfrage nach Pendlerverkehr dämpfen.
- Im **Güterverkehr** können gegenläufige Effekte entstehen. Da sich die Transportbranche aus den städtischen Zentren hinausbewegt («Logistics Sprawl») und sich gleichzeitig der Detailhandel in den Kernstädten konzentriert, erhöhen sich die Weglängen. Dies hat eine Zunahme der Güterverkehrsleistung zur Folge, die grösser ist als das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum.
- **Eine Verteuerung der Mobilität unterstützt die Innenentwicklung und verbessert den Modalsplit.** Eine Verteuerung der Mobilität wirkt mit umgekehrten Vorzeichen im Vergleich zum Ausbau von Infrastrukturen auf Strasse und Schiene (mit entsprechend ausgebautem Angebot). Um dieselben Grössenordnungen (reziprok) zu erzeugen wie beim Infrastrukturausbau sind folgende Preiserhöhungen im Personenverkehr notwendig: Eine Preiserhöhung um 23% beim PW führt zu einer Erhöhung der generalisierten Kosten um 3.5%. Im ÖV ist eine 3% Preiserhöhung notwendig, um die Kosten um 1% zu erhöhen.
Die Änderung der generalisierten Kosten und des Modal-Splits beeinflusst die Nachfrage nach Wohnflächen. Personen mit weniger stark ländlichen Wohnpräferenzen werden unter Berücksichtigung ihrer Einkommen prüfen, aus den ländlichen Regionen in Agglomerationsgemeinden und in die Kernstädte umzuziehen. Entsprechend dem gewählten Verkehrsmittel je Raumtyp ergeben sich durch den Struktureffekt auch unterschiedliche Weglängen. Zudem sinkt die Weglänge. Insgesamt resultiert eine Reduktion der Verkehrsleistung im Personenverkehr.

5.4 Herausforderungen

Urbanisierung geschieht nicht von allein: Die Schweiz 2060 wird in Zukunft dann urbaner sein als heute, wenn das Siedlungsflächenangebot raumplanerisch gesteuert wird. Dies erhöht die Ansprüche der Abstimmung von Siedlung und Verkehr. Erst wenn es gelingt, die Urbanisierung derart zu gestalten, dass sich die veränderte Bevölkerungsstruktur auf neue Mobilitätsangebote einlässt und gleichzeitig die neuen Mobilitätsangebote einen signifikanten Einfluss auf die generalisierten Kosten haben, ist eine gesteigerte Nachfrage nach kollektiven Verkehrsmitteln zu erwarten.

► Die Steuerungsmittel im raumplanerischen Bereich sind diesbezüglich beschränkt. Sie liegen vielmehr im Verkehrsbereich.

Das formulierte raumordnungspolitische Postulat der Innenentwicklung muss in Zukunft noch stärker die Infrastrukturentwicklung, die Entwicklung der Mobilitätspreise und der Standortentscheide der Wirtschaft berücksichtigen.

Um gegenläufigen Effekten bei Wirtschafts- und Pendlerverkehren entgegenzuwirken, sind auch neue multilokale Arbeitsformen (Home-Office, Co-Working-Spaces) in die Abstimmung einzubeziehen.

Wenn Urbanisierung stattfindet, dann mit höherer Affinität für integrierte Mobilitätsdienstleistungen: Urbanisierung erhöht die Verkehrseffizienz und bremst die Nachfrage nach Siedlungsflächen.

► Dies ist eine grosse Chance, um neue kollektive Mobilitätsangebote und -formen zu nutzen. Eine entscheidende Determinante ist dabei der Besitz eines eigenen Autos bzw. die Anzahl autofreier Haushalte. Dies wird insbesondere im Szenario 3 abgebildet.

Herausforderung Agglomerationsraum: Die raumplanerische Kernfrage besteht darin, ob in den bereits dichten Räumen ausreichend Wohn- und Arbeitsraum geschaffen werden

kann, der bezahlbar bleibt, um eine unerwünschte Gentrifizierung zu vermeiden. Über Siedlungsflächen und Dichten kann die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung nur beschränkt gesteuert werden. Die Verdichtung weist insbesondere in den Kernstädten Grenzen auf. Neben steigenden Kosten sind auch steigende Belastungen (Immissionen, Klima, s. Kapitel 6) zu beachten.

► Der Fokus liegt deshalb neben den Kernstädten insbesondere auf den Agglomerationsgemeinden. Urbanes Wachstum und Innenentwicklung muss sich deshalb insbesondere auf die Gemeinden rund um die Kernstädte beziehen.

Die Raumplanung weist hier eine bedeutende Hebelwirkung auf. Entscheidend ist, dass der urbane Raum (insbesondere in den Agglomerationsgemeinden) attraktiv gestaltet wird, ohne dass die Immobilienpreise steigen. Dies ist sowohl eine Herausforderung für die Wohnbaupolitik (v.a. auch für ältere Personen) als auch für die Gestaltung der öffentlichen Räume.

Herausforderung automatisiertes Fahren ausserhalb der Kernstädte: Automatisiertes Fahren kann die Erreichbarkeit dieser Räume stärken, u.a. weil Pendlerfahrten wieder attraktiver werden, und weil der Zugang zu Freizeitfahrten vereinfacht wird.

► Individualisiertes Fahren im ländlichen Raum – wie es im Szenario 2 abgebildet ist – kann die Zersiedelung und somit das Verkehrswachstum zusätzlich ankurbeln. Entsprechend ist es wichtig, dass auch im ländlichen Raum neue Angebotsformen effizient genutzt werden.

6 Treiber: Klimawandel

Basis dieses Kapitels ist insbesondere das folgende Forschungsprojekt
 SVI 2011/003
 Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage
 Sutter, D.; Petry, C.; Peter, M.; Wunderlich, A. (INFRAS Forschung und Beratung)



6.1 Zentrale Wirkungsketten

Urbane Gebiete und Berggebiete am stärksten betroffen

Klimawandel erhöht sowohl die Durchschnittstemperaturen als auch die Wetterlagen mit Extremereignissen. Sie wirken sich sowohl auf das Verkehrsangebot wie auch auf die Verkehrsnachfrage aus. Die folgende Abbildung fasst die Effekte zusammen.

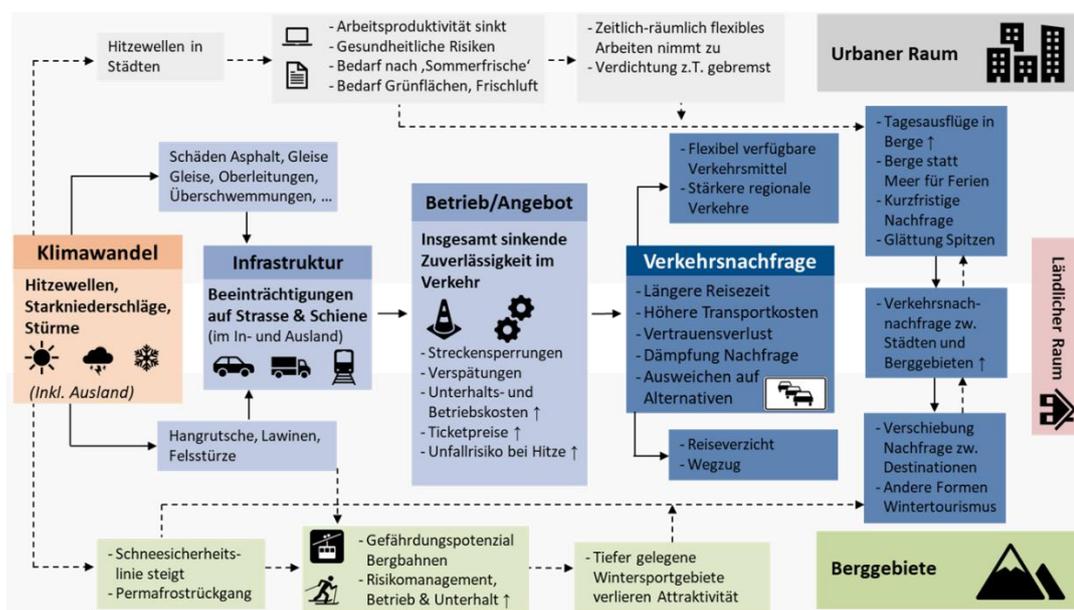


Abb. 11 Zusammenhänge Klimawandel-Verkehr

Quelle: INFRAS

Hervorzuheben sind insbesondere die folgenden Wirkungszusammenhänge:

- **Verhaltensänderungen infolge von Sommerhitze in urbanen Gebieten**
 Aufgrund spezifischer Gegebenheiten (tiefe Lage, hoher Versiegelungsgrad) sind viele Städte, verglichen mit peripheren Räumen, exponierter gegenüber Temperaturanstiegen. Tagsüber heizen sie sich stärker auf, nachts kühlen sie weniger stark ab. Trotz Klimaanlage und verbesserter Luftzirkulationssysteme ist anzunehmen, dass die städtische Bevölkerung im Sommer verstärkt nach «Abkühlung» ausserhalb der «Hitzeinseln» strebt und in ihrer Freizeit zunehmend ländliche Gebiete oder Bergregionen aufsucht. Anpassungen der Arbeitswelt sind denkbar: Arbeits- und Ferienzeiten könnten flexibler gestaltet sein (z.B. «Siesta-Kultur», längere Pausen). Besonders herausfordernd dürfte die Anpassung der urbanen Siedlungsstruktur sein (Grünflächen, Beschattung, Frischluft).
- **Direkte Verhaltens-/Nachfrageänderungen in Berggebieten aufgrund von Extremwetterereignissen/Klimaveränderungen**
 Sinkende Schneesicherheit, erhöhte Lawinengefahr, Rückgang von Permafrost und sinkende Infrastruktur-Stabilitäten führen je nach Gebiet zu veränderter touristischer Nachfrage in der Wintersaison sowie zu erhöhten Betriebs- und Unterhaltskosten. Während die destabilisierende Wirkung auf Seilbahninstallationen generell absehbar sein könnte, dürften Ereignisse wie Lawinen, Felsstürze oder Murgänge nur bedingt

prognostizierbar sein. Durch Verschiebungen der Schneefallgrenze könnte die Nachfrage nach höher gelegenen Skigebieten steigen.

- **Angebotsveränderungen im Verkehr aufgrund von extremen Wetterereignissen**
Durch klimatische Veränderungen und damit eingehende Extremwetterverhältnisse könnten sich Probleme in der Angebotssituation im Transportsektor verschärfen. Dazu zählen beispielsweise Ereignisse wie Versorgungsinstabilitäten aufgrund von unterbrochenen Lieferketten sowie technischen Ausfällen von Kühl- und Klimaanlage in Zügen und Lkws, aber auch Verkehrsunfälle aufgrund von Hitze.
- **Beeinträchtigung der Infrastruktur in Berggebieten aufgrund von Extremwetterereignissen**
Kurzfristig können Extremwetterereignisse zu Infrastrukturschäden, wie Streckensperrungen, Ausfällen und Verspätungen führen. Davon können peripher gelegene Berggebiete besonders betroffen sein. Umso erforderlicher sind bestehende – oder schnellstmöglich funktionierende – Alternativrouten. Langfristig dürfte die Summe an Extremwetterereignissen und die damit einhergehenden Folgen für die verkehrliche Anbindung von Berggebieten dazu führen, dass die Unsicherheit der Bevölkerung in diesen Gebieten steigt, die verkehrliche Zuverlässigkeit sinkt und die Attraktivität als Wohngebiet abnimmt. Gleichzeitig steigen die Kosten für verkehrliche Erhaltungs- und allenfalls Anpassungsmassnahmen.
- **Beeinträchtigung der Infrastruktur in urbanen und ländlichen Gebieten durch Extremwetterereignisse**
Klimatisch bedingte Extremwetterereignisse können zu Asphalt Schäden, Gleisverformungen und Instabilitäten – sowohl auf der Strasse als auch der Schiene – führen und damit die Infrastruktur beeinträchtigen. Mit Blick auf das Angebot können diese Entwicklungen zu sinkender Zuverlässigkeit der Infrastrukturen und längeren Reisezeiten führen. Nachfrageseitig kann kurzfristig der Bedarf nach alternativen Verkehrsträgern wachsen, langfristig jedoch können verlängerte Reisezeiten und steigende -kosten die Folge sein.
- **Indirekte Wirkungen über Effekte im Ausland**
Klimabedingte Schäden und politische Instabilitäten machen sich im Tourismus und bei der Migration bemerkbar. Die Güterstruktur verändert sich. Zentrale Folgen sind Schäden an Produktionsstätten, veränderte Ressourcenverfügbarkeit und sinkende Kaufkraft. Für das Verkehrsangebot kann das bedeuten, dass die Nachfrage nach lokal verfügbaren Produkten und Dienstleistungen steigt, die wachsende Nachfrage im Personenverkehr Massnahmen zur Glättung von Verkehrsspitzen erfordert und Virtual Reality-Techniken als Alternativen zum persönlichen Reisen an Bedeutung gewinnen.

6.2 Wirkungen auf den Verkehr 2060

Regionale Verschiebungen, Verkehrszwecke, Verkehrsstruktur und -qualität betroffen

Die Folgen des Klimawandels wirken sich auf den Verkehr in der gesamten Schweiz aus. Regional und lokal können erhebliche Unterschiede bestehen. Gegenüber heute sind vor allem die folgenden Trends relevant:

- **Suche nach Kühle: Zunehmender Freizeitverkehr und häufigere Verkehrsspitzen**
Zunehmende Sommerhitze in Städten führt zu wachsenden Verkehrsströmen im Freizeitverkehr. Kurzreisen in kühlere Berggebiete und ländliche Regionen werden attraktiver. Die Intensität der Verkehrsspitzen in der längeren Sommerperiode nimmt zu. Es kommt zu Überlastungen und Kapazitätsengpässen auf Hauptachsen und Zufahrten in Berggebiete, wie sie heute im Wintertourismus punktuell möglich sind.
- **Multilokales Wohnen nimmt zu – gut erschlossene Berggebiete werden als Wohnsitz attraktiver und lösen neue Verkehrsströme aus**
Dank kühlerer Temperaturen werden gut erschlossene Berggebiete als temporärer oder dauerhafter Wohnsitz attraktiver. Das führt zu einem Anstieg des Pendlerverkehrs zwischen diesen gut erschlossenen ländlich geprägten Regionen und den städtischen

Agglomerationen. Angebotsformen an der Schnittstelle ÖV/MIV können diese zusätzlichen Mobilitätsbedürfnisse teilweise aufgreifen. Im Vergleich zum Freizeitverkehr fallen die Nachfrageeffekte im Pendelverkehr weniger ausgeprägt aus. Sehr peripher gelegene Gebiete können von dieser Entwicklung weniger profitieren.

- **Attraktivität städtischer Gebiete als Wohnort sinkt, Druck aufs Land löst neue Verkehrsströme aus**

Weil städtische Gebiete infolge klimatischer Veränderungen als Wohnort an Attraktivität verlieren, steigt der Siedlungsdruck in ländlichen Gebieten. Der Pendelverkehr zwischen ländlichen Gebieten und städtischen Agglomerationen wächst. Das erfordert den Bau zusätzlicher Verkehrsinfrastrukturen in den Bereichen Strasse und Schiene sowie einen Angebotsausbau im ÖV. Gleichwohl können ländliche Zentren als Arbeitsräume relevanter werden – vorausgesetzt ihnen gelingt es, ihre Vorteile gegenüber urbanen Gebieten zu stärken.

- **Zuverlässigkeit im Verkehr sinkt – Güterverkehr besonders herausgefordert**

Durch Extremwetterereignisse beschädigte oder blockierte Infrastrukturen mindern die Zuverlässigkeit und Planbarkeit des Verkehrs («Level of Service»). Auch der Verkehrsbetrieb ist direkt betroffen, etwa aufgrund technischer Schäden an Fahrzeugen infolge von Hitze. Diese Entwicklung beeinträchtigt insbesondere auch den Güterverkehr, beispielsweise in Form unterbrochener Kühlketten: Lieferketten können unterbrochen werden, Transportzeiten verlängern sich. Das führt zu steigenden Transportkosten – und langfristig zu einer gedämpften Güterverkehrsnachfrage, insbesondere über grössere Distanzen.

- **Kühlungsbedarf steigt, Hitzeschäden von Verkehrsinfrastrukturen nehmen zu**

Die Sommerhitze führt dazu, dass verkehrliche Infrastrukturen zunehmend von Hitzeschäden betroffen sind. Um das Service-Level insbesondere auch im Güterverkehr zu halten, ist der gewerbliche Verkehrsbetrieb in Hitzeperioden besonders herausgefordert: Verkehrsteilnehmende, Güter und technische Infrastrukturen haben einen erhöhten Kühlungsbedarf, was wiederum zusätzliche Kosten verursacht.

- **Starke Nachfragesteigerung im Veloverkehr – nicht nur positiv**

Angesichts kürzerer und schwächerer Winter mit weniger Schnee und Eisglätte sowie milderem Temperaturen verlängert sich die Velosaison, insbesondere in städtischen Gebieten. An trockenen und warmen Tagen, vor allem in der Sommerhälfte, gewinnen Velos als Verkehrsmittel an Attraktivität. Das ist grundsätzlich positiv zu würdigen. Daneben ist aber auch mit einer Zunahme von Unfällen mit Zweiradbeteiligung zu rechnen. Es sind zusätzliche Investitionen in die Veloinfrastruktur sowie in Verkehrssicherheitsmassnahmen notwendig, um das steigende Unfallrisiko möglichst gering zu halten.

Zürich als dicht bebaute Stadt und wichtiger Verkehrsknotenpunkt

Als grösste Stadt der Schweiz ist Zürich nicht nur ein wirtschaftlicher Hotspot, sondern auch ein Verkehrsknotenpunkt von herausragender Bedeutung. Basierend auf Daten zum Verkehrsverhalten können beim Vergleich zwischen Zürich und dem durchschnittlich etwas wärmeren Lugano verhältnismässig wenig Unterschiede festgestellt werden. Leichte Abweichungen ergeben sich beim Verkehrszweck 'Arbeit': die Verkehrsspitzen in Zürich sind jeweils knapp eine Stunde früher als in Lugano zu beobachten. Im Freizeitverkehr zeigt sich zudem in Lugano im Sommer ein Nachfragerückgang am Nachmittag, dafür im Winter eine erhöhte Nachfrage nach dem Mittag verglichen mit Zürich.

Analysen von Verkehrsunfalldaten zeigen zudem, dass klimatische Veränderungen die Verkehrssicherheit direkt und indirekt beeinflussen: Höhere Durchschnittstemperaturen und Trockenperioden führen zu einer Verlängerung der Velosaison. Das hat auch Konsequenzen für die Sicherheit im Strassenverkehr, wie die Velounfallzahlen der Hitzesommer bzw. Hitzejahre 2015 und 2018 zeigen. Der Klimawandel wird die Nachfrage im Veloverkehr weiter erhöhen, mit möglichen Folgen für die Unfallzahlen.

Der innerstädtische ÖV ist generell gegenüber klimatischen oder witterungsbedingten Herausforderungen gut gewappnet. Die eigentlichen Herausforderungen liegen insbesondere in technischen Themen – hier zeigen sich die Probleme vor allem an Hitzetagen (z.B. Funktionsfähigkeit von Klimaanlagen vs. Leistungsfähigkeit bei der Fahrzeugreichweite). Im Winter dürften sich die Schwierigkeiten aufgrund milderer Temperaturen eher verringern.

- **Der Tourismusverkehr steigt – Gewinner und Verlierer**

In Sommermonaten können insbesondere jene Destinationen in Bergen und ländlichen Räumen von Tagestouristen profitieren, die verkehrlich gut erschlossen sind und sich nah an Städten/Agglomerationen befinden. In Wintermonaten wird es aufgrund klimatischer Veränderungen zu einem Nachfragerückgang kommen – allerdings auch hier mit deutlichen Unterschieden je nach Destination: Während der Wintertourismus in einige Regionen aufgrund abnehmender Schneesicherheit ganz verschwinden wird, könnten andere Destinationen, etwa aufgrund ihrer höheren Lage, von einem relativen Vorteil gegenüber der Konkurrenz im Wintertourismus profitieren. Gleichwohl sind langfristig auch diese Gebiete gefordert, touristische Alternativangebote zu schaffen.

Engelberg als touristische Destination im Berggebiet mit Extremwettererfahrung

Engelberg (OW) zählt zu den bedeutendsten Feriendestination für Winter- und Sommertourismus in der Schweiz. Doch um die heute vorhandene Qualität der touristischen Angebote und Verkehrsinfrastrukturen weiterhin halten zu können, sind künftig grössere Anstrengungen notwendig. Beispielhaft deutlich werden die Auswirkungen klimatischer Veränderungen am langfristigen Verlust des Titlisgletschers – mit entsprechenden Folgen für die touristische Nachfrage, die stark von möglichen Alternativangeboten abhängen dürfte.

Der zunehmende Nachfragedruck im Sommer, die Sicherung der touristischen und verkehrlichen Infrastruktur mit entsprechendem Finanzbedarf und Mittelknappheit dürfte flächig für die allermeisten touristisch orientierten Berggebiete gelten. In Berggebieten nahe grösseren Agglomerationen ist ein Trend zu Kurzaufenthalten und 'multilokalem' Wohnen zu erwarten. Höher gelegene Gebiete wie Engelberg können weiterhin und dauerhaft klassischen Wintertourismus anbieten, während in Destinationen in tieferen, weniger privilegierten Lagen (insbesondere in den Voralpen) mittel- und langfristig der Skitourismus verschwinden wird.

Alle Berggebiete müssen sich darauf einstellen, angesichts zunehmender Extremwetterereignisse in die Sicherung und den Unterhalt von Verkehrsinfrastrukturen investieren zu müssen. Allerdings: Gebiete ohne redundante Verkehrserschliessung sind stärker exponiert, haben ein höheres Risiko von der Umwelt abgeschnitten zu werden, und müssen möglicherweise in den Bau bzw. Ausbau alternativer Verkehrsinfrastrukturen investieren.

- **Verkehrsinfrastruktur wird teurer – Transportkosten steigen**

Angesichts klimabedingter Extremereignisse steigt der Bedarf an Investitionen in Anpassungs-, Reparatur- und Unterhaltsmassnahmen die erforderlich sind, um die verkehrliche Zuverlässigkeit und Erreichbarkeit sicherzustellen. Infolgedessen wächst der Anteil verkehrsbedingter Ausgaben an den Gesamtausgaben der Volkswirtschaft. Gleichzeitig erhöht sich infolge klimatischer Veränderungen die Flächenkonkurrenz: Einerseits ist zusätzlicher Platz für alternative Routen, Veloinfrastrukturen und Sicherungsbauwerke erforderlich – andererseits steigt der Flächenbedarf infolge von Anpassungsmassnahmen, wie etwa einer stärkeren Begrünung, die angesichts zunehmender Hitzeperioden erforderlich sind.

Geringere Relevanz als andere Treiber, aber möglicherweise konträr in der Wirkung

Verglichen mit anderen Treibern dürfte die Relevanz des Klimawandels für den Gesamtverkehr eher geringer ausfallen. Hingegen dürften die strukturellen Effekte (zeitlich, regional/punktuell) von grosser Bedeutung sein und auch Verteilungseffekte mit sich bringen. Sollten exogene Klimaereignisse an Intensität gewinnen, könnte die Relevanz der Auswirkungen des Klimawandels auf den Verkehr jedoch massiv steigen. Wenn, beispielsweise aufgrund massiver Klimakatastrophen, die Zahl der Migranten in die Schweiz deutlich zunehmen sollte, könnte das auch zusätzliche Herausforderungen für das Verkehrssystem mit sich bringen, sowohl in Bezug auf die Bewältigung der absoluten Verkehrsmenge als auch strukturell.

Steigende Verkehrskosten, Stadtfucht: Beides sind Effekte die den bisher identifizierten Treibern (z.B. sinkende Kosten dank Automatisierung, steigende Urbanisierung und Zunahme von kollektiven Verkehrsmitteln) entgegenwirken könnten. Je nach Intensität des Klimawandels können dadurch auch entsprechende technologische Potenziale relativiert werden.

6.3 Herausforderungen

Klimawandel ist eine globale Herausforderung mit stark lokal geprägten Folgen. Entsprechend ist es wichtig, die möglichen Folgen rechtzeitig zu antizipieren und in der Raum- und Verkehrsplanung sowie der Verkehrspolitik zu verankern.

Antizipieren der Wirkungen: Infrastrukturen haben eine Lebensdauer von 40 Jahren und mehr. Die Schweiz bekommt bereits heute klimatische Veränderungen stark zu spüren. Diese Entwicklung könnte sich in Zukunft, insbesondere bei Abwesenheit umfassender Massnahmen zur Vermeidung von Treibhausgasemissionen, massiv verschärfen.

► **Langfristig gefährdete Infrastrukturen identifizieren:** Es ist zu prüfen, inwiefern gewisse Elemente des Verkehrssystems (auch verkehrsträgerübergreifend) redundant sind, welche alternativen Erschliessungs- und Versorgungssysteme bei klimabedingt kritischen Ereignissen notwendig sind und welche Verkehrstypen priorisiert werden.

Verkehrsbetrieb/Service-Level optimieren: Klimatische Veränderungen erfordern ein intensiveres Auseinandersetzen mit Massnahmen zur Optimierung des Verkehrsbetriebs: Dazu gehören etwa Investitionen in hitzeresistente Technologien, Kühlungsanlagen in Fahrzeugen und Beschattung von Umsteigeanlagen. Während der Unterhaltsbedarf in Infrastrukturen angesichts zunehmender Hitzeperioden steigen könnte, fällt er in Wintermonaten gegebenenfalls niedriger aus. Der technologische Wandel muss stark in den Dienst der Klimaresistenz gestellt werden.

Klimatische Veränderungen wirken sich auf den Verkehr in der gesamten Schweiz aus, regional bestehen aber erhebliche Unterschiede. Von steigenden Temperaturen sind alle Regionen betroffen. Lokal kann sich das aber unterschiedlich auf Verkehrsinfrastruktur, -betrieb und -nachfrage auswirken. Die Wechselwirkungen können erheblich sein – etwa, was die Verkehrsnachfrage zwischen verschiedenen Raumtypen, die Systemstabilität und die Verteilungswirkungen betrifft.

► **Die Suche nach Kühle in Hitzeperioden erfordert Massnahmen im ländlichen wie im städtischen Raum:** Dazu gehören die Bereitstellung zusätzlicher und neuer Verkehrsangebote angesichts des steigenden Freizeitverkehrs, die Prüfung von Massnahmen im Umgang mit Kapazitätsengpässen und kurzfristigen Überlastungen sowie die proaktive Planung von Zugängen zu Gewässern.

Die Identifikation kritischer Verkehrsinfrastrukturen – und, bei Bedarf, Anpassungs- und Ausbaumassnahmen: Das betrifft zum einen Infrastrukturen mit erhöhten Gefährdungspotenzialen in Folge von Extremwetterereignissen (z.B. Lawinen, Murgänge, Stauseen und Überschwemmungen im ländlichen Raum), zum anderen aber auch die Umsetzung zusätzlicher Sicherheitsmassnahmen infolge eines erhöhten Verkehrsaufkommens (z.B. Veloverkehr in Städten).

Umgang mit zunehmender Mittelkonkurrenz: Die starke Diversität der regionalen Auswirkungen und der wachsende Finanzierungsbedarf der Infrastruktur werden eine Auswirkung auf die regionale Verteilungsdiskussion haben, womit mögliche Verdrängungseffekte einhergehen.

► **Quantifizierung der Kosten:** Es wird wichtig sein, frühzeitig die Kosten von Anpassungsmassnahmen an den Klimawandel zu ermitteln, um die Verteilungsfrage in den verkehrspolitischen Entscheiden gebührend zu verankern.

Kreative regionalpolitische Lösungen: Die regionale Verteilungsfrage fordert auch die Regionalpolitik heraus, vor allem im Bereich Tourismus und Infrastruktur. Aus Verkehrssicht wird es darum gehen, mit neuen Ansätzen der Erschliessung und unter Einbezug von neuen Technologien (v.a. Digitalisierung) neue Möglichkeiten im Umgang mit dem Klimawandel aufzuzeigen, um einen Beitrag an eine gerechte Mittelverteilung zwischen Verkehrsgeldern und regionalpolitischen Fördergeldern zu ermöglichen. Beispiel dafür ist etwa die forcierte Automatisierung von ÖV-Erschliessungen im Berggebiet, um mit den dadurch zu erwartenden Produktivitätseffekten die möglicherweise steigenden Infrastrukturkosten sowie teure ÖV-Angebote zu kompensieren.

7 Neue Angebotsformen und Geschäftsmodelle

Basis dieses Kapitels ist insbesondere das folgende Forschungsprojekt
SVI 2017/006
Neue Angebotsformen – Organisation und Diffusion
 Oehry, B.; Luisoni, A.; Jermann, J.; van Driel, C. (Rapp Trans AG)
 Del Duce, A.; Hoppe, M.; Trachsel, T.; Schmelzer, H. (ZHAW Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften)



7.1 Heutige und zukünftige Formen

Fünf generische Angebotstypen im Personenverkehr im Wandel

Die folgende Figur zeigt die generischen Angebotsformen. Dabei wird sichtbar: Die Angebotsformen und Businessmodelle werden sich in Zukunft nicht grundlegend verändern. Neue automatisierte und vernetzte Angebote können aber eine hohe Dynamik erhalten und dabei die Marktanteile stark verschieben.

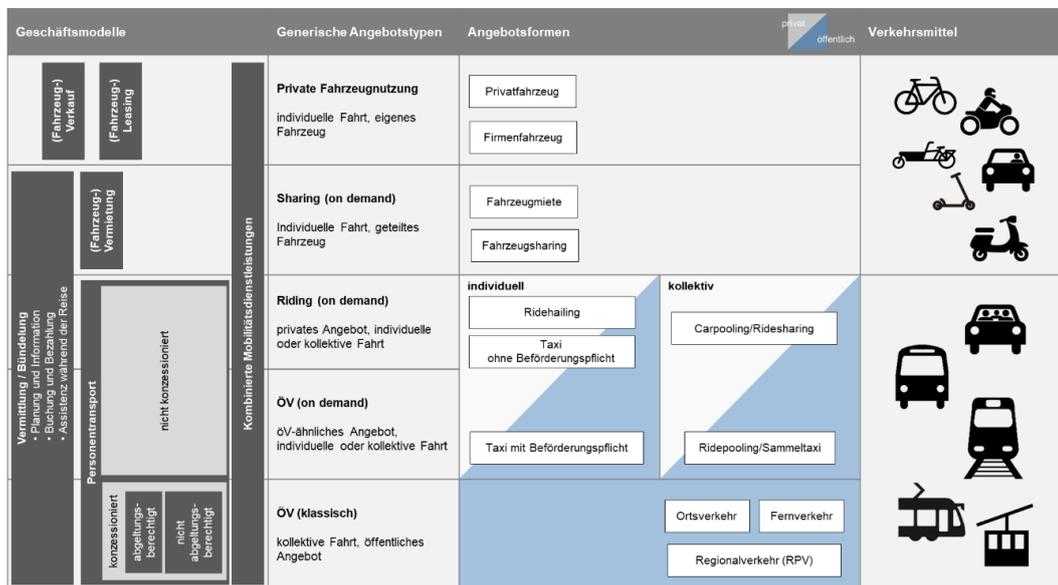


Abb.12 Begriffsstruktur Angebotsformen und Geschäftsmodelle im Personenverkehr, Zeithorizont 2060
 Die blau eingefärbten Angebotsformen bezeichnen die heutigen Angebote des öffentlichen Verkehrs
 Quelle: Rapp Trans/ZHAW

Neue Entwicklungen aus der Business-Perspektive

Zwischen individuellem, privatem und öffentlichem Verkehr gibt es bereits heute diverse Mischformen, die sowohl den Besitz der Fahrzeuge als auch das Angebot von Fahrgelegenheiten und Sitzplätzen flexibilisieren. Die zukünftigen Treiber, allen voran die technologischen Entwicklungen, werden diese Angebotsformen weiterentwickeln. Eine entscheidende Rolle spielen die Vernetzung und die Automatisierung. Neben neuen Angeboten in einzelnen Märkten ergeben sich auch neue integrale Angebote: Mobility as a Service (MaaS) hat den Anspruch, kundengerecht zugeschnittene Gesamtangebote anzubieten und so die Durchlässigkeit zwischen den einzelnen Angebotsformen zu erhöhen. Die folgende Tabelle zeigt die Potenziale nach einzelnen Kategorien gemäss dem Business-Modell Canvas.

Tab. 9 Potenziale einzelner Kategorien gemäss Business-Modell Canvas

Potenziale	Beschreibung
Neue Kundensegmente	Die zunehmende Anzahl Haushalte ohne eigenes Auto, jüngerer Kunden (Early Adopters) und IT-affiner Kunden nutzt neue Angebote der kombinierten Mobilität. Eine wichtige Rolle spielt auch die zunehmende ältere Bevölkerung und die Nachfrage nach automatisierter Mobilität.
Neue Wertangebote	Neue Geschäftsmodelle werden auf eine flexible, On-Demand-Nutzung von Fremdfahrzeugen setzen. Es besteht daneben aber eine Vielzahl an weiteren Wertangeboten (Flexibilität, definierte Abfahrtszeiten, Umweltfreundlichkeit etc.), die die Diversität der heutigen Geschäftsmodelle unterstreicht und sich nicht nur auf Angebote an die Fahrgäste beschränkt, sondern auch Fahrern und Mobilitätsanbietern Werte anbietet. Hinzu kommen auch vermehrt Verbundprodukte (z.B. Events, Tourismus).
Neue Kundenbeziehungen	Mit der zunehmenden Selbstbedienung sind die Kundenbeziehungen im Wandel. Ergänzend dazu setzen die Geschäftsmodelle entweder auf Mitbeteiligung oder auf persönliche Kontakte (im ÖV und in der Fahrzeugvermietung). Der sogenannte Prosumer-Ansatz gewinnt an Bedeutung: Der Kunde wird selbst zum Produzenten und bietet beispielsweise über Plattformen Dienstleistungen an (z.B. Ride-Pooling).
Neue Kanäle	Unter den wichtigsten Kanälen ist das Internet (of things) an erster Stelle zu nennen, kombiniert mit neuen User Devices. Bei persönlichen Kontakten sind standortgebundene Verleihpunkte und Büros vorhanden, während reine Selbstbedienungs-Angebote stärker auf technologische Kommunikations- und Informationsmedien setzen, auch an Stationen (Abfahrtstafeln, elektronische Zugangskontrollen).
Neue Einnahmequellen	Wichtigste Einnahmequellen stellen die Nutzungsgebühren dar, je nachdem ob die Schlüsselaktivität die Durchführung von Transportleistungen umfasst oder sich auf die Vermittlung beschränkt mit entsprechenden Transaktions- oder Vermittlungsgebühren. Die Gebühren sind meist zeit-/streckenbasiert, im ÖV und in der Fahrzeugvermietung auch mit pauschalen bzw. fixen Komponenten. Zusätzlich werden aus Werbeeinnahmen und öffentlichen Zuschüssen Einkünfte generiert.
Neue Schlüsselaktivitäten	Wichtigste neue Schlüsselaktivitäten sind das Bereitstellen der Plattform und das Marketing, der Mobilitätsdienstleistung oder der Fahrzeuge und die Vermittlung von Fahrgästen und Fahrern. Längst nicht alle Geschäftsmodelle konzentrieren ihre Aktivitäten auf die Transportdienstleistung, besonders neuere Sharing-Formen übernehmen v.a. Vermittlungsaufgaben zwischen Fahrgast und Fahrer bzw. Anbieter.
Neue Schlüsselressourcen	Wichtigste Schlüsselressourcen stellen über alle Typen hinweg die ICT/Plattformen dar, ebenso zentral sind die eigene Marke und der Mitglieder- und Kundenpool (ggf. inkl. Fahrer- und Anbieterpool). In fahrzeugbezogenen Angeboten (Vermietung, Fahrzeugsharing) sowie im ÖV ist die Infrastruktur wichtig.
Veränderte Kostenstrukturen	Die Kostenstrukturen hängen stark vom konkreten Geschäftsmodell ab, in allen Geschäftsmodelltypen sind jedoch Mengen- und Verbundvorteile kombiniert mit sprungfixen Kosten anzutreffen. Vor allem in Zusammenhang mit der Automatisierung ergeben sich neue Kostenstrukturen infolge des Wegfalls von Chauffeurkosten.
Neue Schlüsselpartner	Wichtigste Schlüsselpartner sind ICT/Plattformen, die Fahrzeugindustrie, Versicherungen und Unternehmen, die ÖV-Transportunternehmen, die öffentliche Hand sowie neue Mobilitätsdienstleistungs-Anbieter. ÖV und neue Mobilitätsdienstleistungen werden beim jeweils anderen Geschäftsmodelltyp genannt – dies stellt einen Hinweis auf die zunehmende Vernetzung verschiedener Mobilitätsangebote untereinander dar.

Grundlage: Rapp Trans/ZHAW 2020

Daraus lassen sich für die identifizierten Angebotstypen folgende Ausprägungen für die zukünftigen Dienstleistungen in den einzelnen Angebotsformen ableiten (Tabelle Tab. 10). Interessant werden die Angebote insbesondere dann, wenn vollautomatisierte Fahrzeuge eingesetzt werden können. Dabei kristallisieren sich insbesondere zwei neue Typen im Strassenverkehr heraus:

- **‘Robo Taxis’**, die für individuelle On-Demand-Angebote (Riding, Sharing) verwendet werden können, als Weiterentwicklung des heutigen Carsharings und der Taxis.
- **‘Robo Vans’**, die für kollektive On-Demand-Angebote (Riding, Sharing) verwendet werden können, als Weiterentwicklung der heutigen Kleinbusse und Kollektivtaxis bzw. Bedarfsbusangebote.

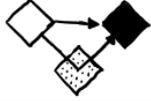
Mit neuen kollektiven (und automatisierten) On-Demand-Angeboten (Riding on demand, ÖV on demand) entstehen neue Zwischenformen zwischen dem heutigen Individualverkehr (Taxi, MIV) und dem heutigen (bestellten) ÖV. Diese lassen sich als **ÖIV** (öffentlicher Individualverkehr) bezeichnen. Damit ergeben sich auch neue Anforderungen an die Definition des öffentlichen Verkehrs und an die Ansprüche, diesen zu regulieren (Zulassung, Bestellung, Finanzierung). Aufgrund der zu erwartenden Kostensenkung (wegfallende Chauffeurkosten) ist bei ‘Robo Taxis’ und ‘Robo Vans’ auch eine starke Steigerung der Wirtschaftlichkeit zu erwarten.

Tab. 10 Ausprägungen zukünftiger Mobilitätsdienstleistungen nach Angebotstypen

Angebotstyp	Ausprägungen
Private Fahrzeugnutzung	<ul style="list-style-type: none"> • Anbieter setzen zusehend auf Komfort, Ausstattung und Emotionen und Individualität. • Der Fahrzeugkauf wird ersetzt bzw. eingebettet in umfassende Mobilitätspakete, zugeschnitten auf einzelne Kundensegmente (z.B. flexibler Flottenzugang, Business-Packages etc.). • Sharing/Riding-Anbieter bestimmen die Nachfrage nach Fahrzeugen, was für Hersteller neue Fahrzeugtypen und Vertriebsmechanismen bedeutet. Damit wird der Besitz eines Fahrzeugs weiter flexibilisiert. • Bei Vollautomatisierung der Fahrzeuge vermischen sich die Formen. Relevant sind nur noch die Besitzansprüche (z.B. wegen hoher Individualitäts- oder Hygieneansprüche).
Sharing (on demand)	<ul style="list-style-type: none"> • Carsharing wird automatisiert vors Haus geliefert. Weil dadurch auch Verkehrsrandzeiten benutzt werden können, ist der Transport des Fahrzeugs weniger kritisch bez. Sicherheit. • Sharinganbieter und Flottenanbieter vermischen sich und diversifizieren ihr Angebot mit dem Versuch, möglichst breite Kundengruppen abzudecken und deren unterschiedlichste Bedürfnisse mit der eigenen Fahrzeugflotte abzudecken. • Sharing wird durch Automatisierung mit Riding verschmelzen. Nutzer können bei jeder Fahrt entscheiden, ob sie ein Fahrzeug fürs Riding oder zum Sharing buchen.
Riding (on demand)	<ul style="list-style-type: none"> • Anbieter von Riding und Sharing werden konsolidiert – Riding wird eine ad hoc wählbare andere Nutzungsform von Flottenfahrzeugen, die von den gleichen Unternehmen angeboten werden. Bei Vollautomatisierung mit Robo Taxis können auch gewisse Dienstleistungen verbunden werden (z.B. Flottenangebot, Flottendisposition, kundengerechte Angebote). • Im städtischen Raum ist das kommerzielle Potenzial höher als auf dem Land, da in der Stadt weniger unproduktive Fahrten anfallen. • Im ländlichen Raum dürften hingegen die Anforderungen an die Sicherheit im Strassenraum von vollautomatisierten Robo Taxis aufgrund der geringeren Verkehrsvolumina weniger relevant sein.
ÖV (on demand)	<ul style="list-style-type: none"> • On-Demand-Angebote werden im öffentlichen Verkehr genutzt, um Linienbetriebe zu ersetzen oder zu ergänzen (Bedarfsangebot, höhere Wirtschaftlichkeit, Reisezeitvorteile, entspricht Individualisierungstrend). • Den Kunden wird statt Taktfahrplan eine andere Form garantierter Verfügbarkeit angeboten, z.B. ein Ankunftszeitfester oder eine maximale Wartezeit. • Durch Automatisierung entsteht ein potenzieller Kostenvorteil gegenüber dem heutigen ÖV, sodass zudem auch Angebotsausbau in der Grunderschliessung erfolgen kann. • Der ÖV on demand kann zur Angebotsverdichtung im klassischen ÖV beitragen (durch Einsatzkurse, die aufgrund der Automatisierung unabhängig von arbeitsrechtlichen und organisatorischen Restriktionen möglich werden).
ÖV (klassisch)	<ul style="list-style-type: none"> • Die Bahn bleibt für Hauptverbindungen und im Agglomerationsverkehr zentral; der ÖV gerät ausserhalb der Hauptachsen (v.a. Intercity-Verbindungen) jedoch zunehmend unter Konkurrenz individueller privater Angebote. • Bahnangebote im ländlichen Raum werden vermehrt vollautomatisiert oder durch automatisierten Strassentransport ersetzt (Linienbetrieb und On-Demand-Angebote).
Mobility as a Service	<ul style="list-style-type: none"> • Das Nebeneinander von Anbieter-Plattformen und privaten IT-Plattformen bleibt tendenziell erhalten. Die Schlüsselressource für MaaS-Anbieter sind Mobilitätsdienstleister. • Durch die zunehmende Digitalisierung des Mobilitätszugangs sowie der Vernetzbarkeit mit Sharing-/Riding-Angeboten nimmt der Wert von MaaS-Anbietern für Verkehrsdienstleister zu. • MaaS-Anbieter haben aufgrund der grundsätzlich tiefen Marge (Vermittlungsgebühr) Interesse daran, ihre Mengen maximal auszuweiten und Ressourcen möglichst günstig einzukaufen. Dadurch entsteht ein Preisdruck auf die Mobilitätsanbieter und damit eine hohe Abhängigkeit der Anbieter von MaaS-Dienstleistern, da diese den Marktzugang kontrollieren. Grösseneffekte spielen eine entscheidende Rolle. • Die Technologie des automatisierten Fahrens kann auch neue Geschäftsmodelle wie die Vernetzung von Fahrzeugen (sog. Platooning) prägen.

**Unterschiedliche Ausrichtung der Geschäftsmodelle:
Illustrative Beispiele 2060**

Die neuen Geschäftsmodelle können auf unterschiedliche Ausprägungen fokussieren. Setzen sich die Schlüsseltechnologien durch, insbesondere automatisierte Fahrzeuge, erhalten die Unternehmen Anreize, ihre Geschäftsmodelle mit neuen Fahrzeugen anzupassen. Im Zentrum stehen dabei konkrete Angebote von Fahrzeugflotten. Im Bereich MaaS sind zusehends finanzgetriebene Geschäftsmodelle zu erwarten, da hier mit komplett neuen Finanzströmen zu rechnen ist, bei denen der Nutzer nicht mehr direkt an den Anbieter bezahlt, sondern an den MaaS-Dienstleister. Entsprechend stehen neue Finanzdienstleistungen im Zentrum. Im Bereich Sharing und Riding geht es demgegenüber darum, das Geschäftsmodell auf neue Märkte und neue Kundengruppen auszurichten. Im Zentrum steht die Vernetzung der Kunden selbst.

Mobility as a Service 2060: zwei fiktive Beispiele	
 <p>«MaaSuisse»</p>	 <p>«Portemobility»</p>
<p><i>MaaSuisse ist die Reiseplanungsplattform 2060, zugänglich per App. MaaSuisse bindet alle öffentlich zugänglichen Mobilitätsanbieter ein.</i></p> <p><i>Die privat betriebene, aber gesetzlich über das NPBG (Neues Personenbeförderungsgesetz) reglementierte App bietet die kompletteste Übersicht und Reiseplanungsoptionen über alle Dienstleistungen, vom Fernverkehr mit dem klassischen Intercity bis zum Overnight-Autotaxi oder dem Veloverleih fürs Wochenende.</i></p> <p><i>Über MaaSuisse wird der Preis direkt nutzungsabhängig bezahlt. Die App dient aber auch als Basis für die Einnahmeverteilung. Dabei kommen verschiedene Modelle zur Anwendung, bei touristischen und eigenwirtschaftlich rentablen Angeboten sind diese stärker marktwirtschaftlich definiert. Bei Angeboten der Grunderschliessung greifen finanzielle Unterstützungsmechanismen des Staates.</i></p>	<p><i>«Sie planen, wir bewegen». Auf der neuen Trendplattform werden keine Reisen mehr geplant, sondern nur Zeit, Ort und Verkehrszweck angegeben.</i></p> <p><i>Auf dem Nachhauseweg noch Essen einkaufen? Es muss nur die Abfahrtszeit und Einkaufszeit in der App angegeben werden. Das Shuttle steht pünktlich vor der Tür, kümmert sich um Routenwahl und wählt den Einkaufsladen aus.</i></p> <p><i>Portemobility ist im Grundangebot kostenfrei – ein Freemium-Modell. Bei Basis-Kunden wird während der Fahrt Werbung abgespielt und es bestehen keine weiteren Wahlmöglichkeiten (z.B. auch nicht, bei welchem Detailhändler eingekauft wird).</i></p> <p><i>Gegen Bezahlung können Einkaufsort, Fahrzeugkomfort, On-Board-Ausstattung und vieles mehr fallweise oder dauerhaft dazu bestellt werden. Premium-Accounts und Business-Modelle sind verfügbar.</i></p> <p><i>Portemobility finanziert sich damit über Kleinstannahmen auf Nutzerseite, bedeutsamer ist jedoch die Einnahmen über Partnerschaftsgebühren und Vermittlungsgebühren, welche Portemobility von den Partnerunternehmen verlangt.</i></p>
<p>Quelle: Rapp Trans/ZHAW</p>	

7.2 Mögliche Nutzerperspektiven in den Zukunftsszenarien

Wie können die Angebotsformen und Geschäftsmodelle auf die drei Szenarien übertragen werden? Die folgenden drei Personas illustrieren die neuen Geschäftsmodelle in den drei Zukunftsszenarien aus der Nutzerperspektive:



S1 Evolution: Alles wird etwas einfacher

Frau Kindle wohnt in der Agglomeration. Sie hat Familie und zwei Jobs. Das erfordert eine hohe Mobilität. Zum Glück ist sie flexibel. Mittlerweile ist es auch mit dem eigenen Auto bequem, seit sie nicht mehr selbst lenken muss, vor allem im Stau. Das ermöglicht es Frau Kindle, sich während der Autofahrt auf die Arbeit vorzubereiten. Deshalb fährt sie zu Job 'A' mit dem eigenen Auto, zu Job 'B' mit der S-Bahn und dem Mietvelo. Ihr Mobilitätsassistent zeigt ihr nicht nur die genaue Fahrzeit an, sondern auch immer ihre effektiven Mobilitätskosten. Im Berufsverkehr ist Frau Kindle dauernd am Optimieren: Hochpreisphasen meidet sie so gut es geht. Das elektrische Mietvelo für den anderen Job ist übrigens super, mit wenig Aufwand kann sie es an der Velostation abholen. Natürlich könnte sie für die Route ab der S-Bahn-Station auch den E-Bus nehmen. Aber letztlich möchte sie auch etwas für die Gesundheit tun. Dank der neuen elektronischen Fahrspuren, die Velos an Lichtsignalanlagen bevorzugt behandeln, sind die Velorouten deutlich besser geworden. Trotz Velo: Das eigene Auto ist Frau Kindle wichtig. Es ist ihr ein Anliegen, ungestört im Auto zu sitzen und mit dem E-Flitzer am Wochenende in die Berge zu fahren. Das will und kann sie sich leisten. Übrigens: Neulich ist wieder mal diskutiert worden, ob die S-Bahn nicht doch durch eine U-Bahn ergänzt werden sollte. Offensichtlich war das schon früher ein Thema. Aber die S-Bahn ist mittlerweile so gut mit den spurgeführten Bussen und den bequemen Stadtbahnen verflochten, dass aus ihrer Sicht kein Handlungsbedarf besteht. Die Bahn ist und bleibt ein fester Bestandteil des Verkehrssystems. Die Schweiz ist hier im internationalen Vergleich nach wie vor vorbildlich.



S2 Revolution der individuellen Mobilitätsservices: Ich lasse mich fahren

Herr Kramer lässt sich bedienen. Da ist echt etwas passiert: Automobil heisst endlich das, was der Name verspricht. Fahrzeuge fahren automatisiert – nicht nur in der Stadt, sondern auch auf dem Land. Das eigene vollautomatisierte Auto ist super bequem, vor allem für die Pendler- und Freizeitfahrten. Da ist ihm ein eigenes Innenleben wichtig, und er muss es nicht immer aufräumen. Natürlich alles vollelektrisch. Was für ein Fahrgefühl! Dank der 3D-Safety-Technik können kleinere Störungen mit fliegender Unterstützung von oben behoben werden. Neben dem eigenen vollautomatisierten Fahrzeug nimmt er aber auch gerne angenehme individuelle Services: Gestern hat er sich für seine Geschäftsfahrt von 'Hyper' bedienen lassen. Die fahren mit kleinen bequemen Autos vollautomatisch quer durch die Stadt. Das Auto fährt innert wenigen Minuten vor und verkuppelt sich auf der Fahrt mit anderen gleichartigen Fahrzeugen. Die Route interessiert ihn nicht, nur der Preis und die Fahrzeit. Mit dem Gefährt muss er überhaupt nicht mehr umsteigen, alles ist wie von Geisterhand gesteuert. In der Stadt hat es mittlerweile verschiedene Anbieter von automatisierten Lufttaxis. Ab und zu kann es ja schon mal ziemlich eng werden auf den Strassen. Aber der Stau, das ist mittlerweile allen klar, der gehört zum Strassenverkehr. Stört ihn ja nicht, er hat seine eigenen vier Autowände. Ihm gefällt die Idee, dass nun die Fahrzeughersteller zwischen Fahrgestell und Aufbau trennen. Das Fahrgestell ist weltweit standardisiert und mittlerweile richtig günstig; und der Oberbau ist – wie sagt es sich so schön – 'just for me'. Die Bahn? Wenn er geschäftlich zwischen den Cities hin und her fährt, ist sie eine Alternative. Aber es hat sich viel getan. Öffentlicher Verkehr war früher Bahn und Bus.

Die automatisierten Taxis haben sich dazwischengeschoben. So sind die früheren ÖV-Anbieter immer noch auf dem Markt, allerdings in starker Konkurrenz zu neuen Anbietern. Strasse versus Schiene, das war früher: Die SBB haben in die neuen Automobile investiert. Der Flottenaufbau hat sich gelohnt. An ganz speziellen Tagen vertraut Herr Kramer auf 'Relax'. Die organisieren die gesamte Palette, mit viel Abwechslung und immer neuen Ideen. Aufstehen, reinsitzen und ab. Hier leistet er sich dann doch etwas mehr und nimmt die Luxusvariante. So kann er mit seiner Partnerin ungestört in der Luxus-Kabine Platz nehmen. Da hat er auch schon – wie damals mit seinem Oldtimer, der nur noch auf wenigen Landstrassen zugelassen ist – die Fernsteuerung selbst in die Hand genommen und die Panoramastrecke gewählt. Wenn es dann Zeit für ein Nickerchen ist, überlässt er die Steuerung wieder der Automatik.



S3 Revolution der kollektiven Mobilitätservices: Multimodalität und Effizienz ist alles

Frau Haller ist froh. Ein eigenes Auto und dieser ewige Autowahn sind vorbei, und schliesslich brauchen auch elektrische Autos Ressourcen. Irgendwie war auch alles zu viel. Automatisierte Fahrzeuge sind nicht dazu da, das Verkehrswachstum zu beschleunigen. Autofahren ist teuer, anstrengend und braucht Ressourcen. Und vor allem ist es immer schwieriger geworden, einen Parkplatz zu organisieren. Da nützt dann der vollautomatische Assistent auch nicht viel, wenn er keinen freien Parkplatz mehr findet oder dann nur die Luxusplätze zu hohen Kosten. Was lag näher, als den Spiess umzudrehen: Wir teilen uns die Fahrzeuge, maximieren die Auslastung und senken so die Kosten. Und: Das Auto nur dort, wo es nötig ist. Schliesslich gibt es heute so viele einfache Möglichkeiten, die Mobilitätsbedürfnisse zu befriedigen. Der Mobilitätsverbund erlaubt ihr frei zu wählen zwischen diversen multimodalen Angeboten. Umsteigen? Kein Problem! Schliesslich geht dies Hand in Hand mit Shoppen, Kaffeetrinken und Arbeiten an den Hubs und Sharepoints. Die Lebensqualität in den Städten ist ja auch gewaltig gestiegen: Weniger Autos, mehr Platz zum Velofahren und Flanieren. Was lag da näher, als in die Stadt zu ziehen und so die Wege zwischen Wohnen und Arbeiten zu minimieren. Mit ihrem Mobilitätsassistenten lässt sich alles mittlerweile problemlos organisieren. Mit dem neuen zentralen Preissystem sind die Anreize gigantisch: Mitfahren im zentralen Ride-Sharing-System ist viermal günstiger als selbst zu fahren und noch dazu unterhaltsam, vor allem auch im Überlandverkehr. Dank der neuen Steuerung auf der Autobahn ist die Fahrzeit kurz. Und der öffentliche Verkehr ist richtig gut geworden. Vor allem im städtischen System haben sich die Investitionen in die neue vollautomatische und elektrische Flotte gelohnt. Ohne diesen effizienten ÖV wäre der Verkehr kollabiert. Das Schienennetz ist unterirdisch geworden und funktioniert vollautomatisch. Im ländlichen Verkehr haben sich neue Produktionsformen etabliert, mit den vollautomatischen Ride-Sharing-Systemen. Interessant ist: Die Fahrzeuge sehen alle etwa gleich aus, obwohl unterschiedliche Hersteller fahren. Irgendwie ist das Frau Haller auch egal. Der Mobilitätsverbund ist da, um vorwärts zu kommen, und das mit möglichst geringem Energieaufwand. Früher gab es riesengrosse Autos – das kann man sich gar nicht mehr vorstellen.

7.3 Herausforderungen

Neue Angebotsformen hängen stark mit der Entwicklung der Schlüsseltechnologien und den demografischen Treibern ab, mit einem gewissen Fokus auf den urbanen Raum. Sie kommen aber nicht von allein zustande, sondern sind auch abhängig von regulativen Entscheiden.

Verkehr wird zur ‚Commodity‘: Mit ‚Mobility as a Service‘ und neuen Formen des ÖIV (On-Demand-Angebote) wird der Verkehr vermehrt zur ‚Handelsware‘ und damit vom Individualverkehr zum professionalisierten Verkehr, mit einem hohen Businessbezug. Geschäftsmodelle werden sektorübergreifend, Anbieter diversifizieren die Dienstleistungen auf verschiedene Sektoren, um profitabel zu wirtschaften. Die neuen Geschäftsmodelle verändern sowohl das Verkehrsangebot als auch das Kundenverhalten.

► Die Professionalisierung des Verkehrs erfordert neue Ansätze bei der Bereitstellung und Zulassung von Transportangeboten und die Neudefinition von öffentlichem Verkehr. Neue Angebotsformen wirken sich kritisch auf den Eigenfinanzierungsgrad des ÖV aus. Gleichzeitig lassen sich keine mobilitätsvermindernden künftigen Angebotsformen erkennen: Der verstärkte Business-Ansatz im Verkehr führt zu Anreizen, zusätzliche Verkehrsangebote anzubieten. Dies wirkt sich steigernd auf das Verkehrsvolumen aus, weist aber gleichzeitig Effizienzpotenziale auf.

Marktmacht versus Grösseneffekte: Bereits heute wird sichtbar, dass Plattformanbieter einen grossen Markt brauchen, um ihre Investitionen bei knappen Margen amortisieren zu können. Diese ökonomisch relevanten Grösseneffekte bestimmen insbesondere den Preis und somit auch die Marktakzeptanz von neuen Angebotsformen. Dabei besteht aber auch die Gefahr von Monopolisierung und Verdrängung von regionaler Wertschöpfung.

► Es braucht faire Wettbewerbsbedingungen für alle, die auch ein Korrektiv erlauben, um unerwünschte Effekte zu vermeiden.

Der Vernetzung von Kundenbeziehungen und Angeboten kommt eine hohe Bedeutung zu. Eine zentrale Rolle spielt dabei der Zugang zu Marktinformationen, Verkehrsinformationen und Kundendaten im Rahmen von ‚open source‘-Lösungen.

Umgang mit Unsicherheit bezüglich Marktfähigkeit: Neue Angebote entwickeln sich aus Nischen oder können abrupt im Markt relevant werden. Niemand aber kann den Marktzyklus voraussagen, da Technik verwundbar und Kunden unberechenbar sein können. Was heute spannend ist und genutzt wird, kann morgen bereits wieder ‚out‘ sein. Anders als bei digitalen Angeboten benötigen neue Verkehrsangebote immer eine gewisse Hardware, die sich negativ auf den öffentlichen Raum auswirken kann.

► Es braucht eine Probier- und ‚trial and error‘-Kultur, um mit Unsicherheiten in der Entwicklung umzugehen.

Regeln über den Umgang mit Angeboten im öffentlichen Raum sind von Anfang an zwingend zu formulieren.

Der Zeitpunkt der Vollautomatisierung: Die grosse Veränderung (sog. ‚Game Changer‘) bei der Entwicklung von neuen Geschäftsmodellen ist die Vollautomatisierung. Erst wenn das Lenkrad und die Kontrolle über ein Fortbewegungsmittel vollständig fremdgesteuert wird, ergeben sich disruptive neue Geschäftsmodelle. Der Zeitpunkt ist abhängig von regulativen Entscheiden.

► Es dürfte eine lange Phase des ‚Level IV‘ geben, wo zwar automatisiert gefahren wird, weiterhin aber Mischverkehr vorherrscht und der Chauffeur (und damit auch seine Kosten) aber nicht vollständig wegfällt. Entsprechend sind in dieser Phase die Anforderungen an den Umgang mit Geschäftsmodellen des vollautomatisierten Fahrens zu entwickeln.

Eine grosse Bedeutung haben hier auch arbeitsrechtliche und sicherheitstechnische Fragen.

8 Analyse der Szenarien 2060



Basis dieses Kapitels ist insbesondere das folgende Forschungsprojekt
SVI 2017/002

Langfristige Wechselwirkungen Verkehr und Raum

Bruns, F.; Abegg, C.; Erismann, B.; Fumasoli, T.; Pahud-Schiesser, N. (EBP Schweiz AG)

8.1 Zentrale Ausgestaltungsparmeter

Mit den Szenarien lassen sich die Treiber zusammenfügen und deren Auswirkungen quantifizieren. Die vorgenommene Analyse der Treiber und der Angebotsformen bilden dabei die Basis für diese Operationalisierung. Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Annahmen im Überblick. Im Vordergrund steht die Variation von Annahmen bei den Treibern Demografie, Raum und technologiegetriebenen Angebotsformen. Der Treiber Klima ist in den drei Szenarien nicht variiert. Ebenfalls nicht variiert ist das unterstellte Regulativ. Vielmehr geht es darum, aus den Szenarien nachträglich die Erkenntnisse für das Regulativ abzuleiten (vgl. Kapitel 10).

Zentral sind die Annahmen bezüglich verhaltenshomogener Gruppen (VHG) nach Raumtypen sowie das Angebot individueller bzw. kollektiver Verkehrsmittel und die damit verbundenen Durchdringungs- und Kostensenkungspotenziale infolge von Automatisierung.

Tab. 11 Zentrale Treiber und ihre Ausprägung in den Szenarien

	S1: Evolution ohne Disruption	S2: Revolution Individuell	S3: Revolution Kollektiv
Demografie	10.4 Mio. Einwohner	10.4 Mio. Einwohner	10.4 Mio. Einwohner
Gesellschaftliche Einstellung	Fortsetzung der heutigen Einstellungen	Starke Individualisierung	Starke Kollektivierung und Trend zum Sharing
Raumstruktur	Entwicklung gemäss heutigen Trends	Dezentralisierung	Konzentration und Stärkung der Städte
Technologie und Mobilitätswerkzeuge Personenverkehr	40% der PW-Flotte im Eigenbesitz Mittlere Automatisierung (40% der Taxiflotte sind Robotaxis)	20% der PW-Flotte im Eigenbesitz Starke Automatisierung (100% der Taxiflotte sind Robotaxis)	20% der Flotte im Eigenbesitz Starke Automatisierung aller Fahrzeuge v.a. Bahn, Bus, mit Robovans
Technologie und Mobilitätswerkzeuge Güterverkehr	Mittlerer Automatisierungsgrad (ca. 20%)	Hoher Automatisierungsgrad (80% der LKW, 50% Schiene)	Sehr hoher Automatisierungsgrad (80% Strasse und Schiene)
Einbezug neuer Technologien und Systeme	Keine neuen Systeme	Keine neuen Systeme	Neue kollektive Systeme wie Hyperloop und Cargo sous terrain
Neue Angebotsformen	Multimodale Mobilität nimmt zu, dominiert aber nicht	Hohe Relevanz von individuellen Angeboten (Flottenanbieter, Robotaxi-Anbieter, Event-Anbieter)	Hohe Relevanz von Angeboten der multimodalen und kollektiven Mobilität (Revolution ÖV)

(Details siehe Anhang)

8.2 Auswirkungen auf den Verkehr

Bis zu 40% Wachstum im Personenverkehr: Zentral sind Bevölkerungswachstum und -struktur, weniger die Wohnortwahl

Mit dem Modell der Bayes'schen Netze (EBP) lässt sich – auf Basis der Bevölkerungszunahmen und der Verteilung in den einzelnen Teilräumen – das Verkehrsaufkommen für 2060 modellieren.

Das **Verkehrsaufkommen** nimmt gegenüber 2015 um ca. 23-25% zu. Die Zunahme des Verkehrsaufkommens ist leicht unterproportional zur Einwohnerentwicklung (rund 27%). Dies ist auf die Verschiebungen der Anteile der verhaltenshomogenen Gruppen zurückzuführen. So weisen z.B. die SeniorInnen, die überproportional von 2015 auf 2060 zunehmen, tiefere Mobilitätsraten als die anderen verhaltenshomogenen Gruppen auf.

Das Wachstum der **Personenverkehrsleistungen** ist höher und beträgt 30% bis 40% gegenüber 2015, dies aufgrund längerer Distanzen im Pendler- und Freizeitverkehr. Rund zwei Drittel bis drei Viertel des Wachstums erklärt sich durch das Bevölkerungswachstum. Der Rest erklärt sich durch die neuen Technologien und Angebote. Die Wohnortwahl selbst hat mit dem verwendeten Modellansatz einen minimalen Einfluss.

In den Szenarien S1 und S2 wachsen die Verkehrsleistungen insgesamt um ca. 30%. Von diesem Wachstum sind gut 22%-Punkte auf die Bevölkerungsentwicklung (Zunahme und Verteilung VHG) und knapp 8% auf die Technologien und neuen Angebote zurückzuführen. Die beiden Szenarien unterscheiden sich nur wenig, da beide Szenarien einen hohen Anteil privater PW-Nutzung auch mit automatisierten Fahrzeugen aufweisen.

Im Szenario S3 steigt die Verkehrsleistung um ca. 40% gegenüber 2015. Hier tragen die neuen Technologien ca. 17%-Punkte zum Wachstum bei. Das technologiegetriebene Wachstum ergibt sich insbesondere aus dem Umstand, dass mehr Personen besseren Zugang zu automatisierter Mobilität haben. Das Wachstum hängt auch damit zusammen, dass die Verkehrspreise hier am stärksten sinken, weil angenommen wird, dass auf privaten PW-Besitz verzichtet wird und die kollektiven Angebote eine hohe Verfügbarkeit und geringe Kosten für den Nachfrager haben.

Die Unterscheidung nach Raumtypen zeigt, dass im Szenario 3 das höchste Wachstum der Verkehrsleistung in den Kernstädten zu verzeichnen ist.

Verkehrsleistung und ihre Verteilung nach Raumtypen (Basis: Mrd Pkm/a, Index 2015=100)

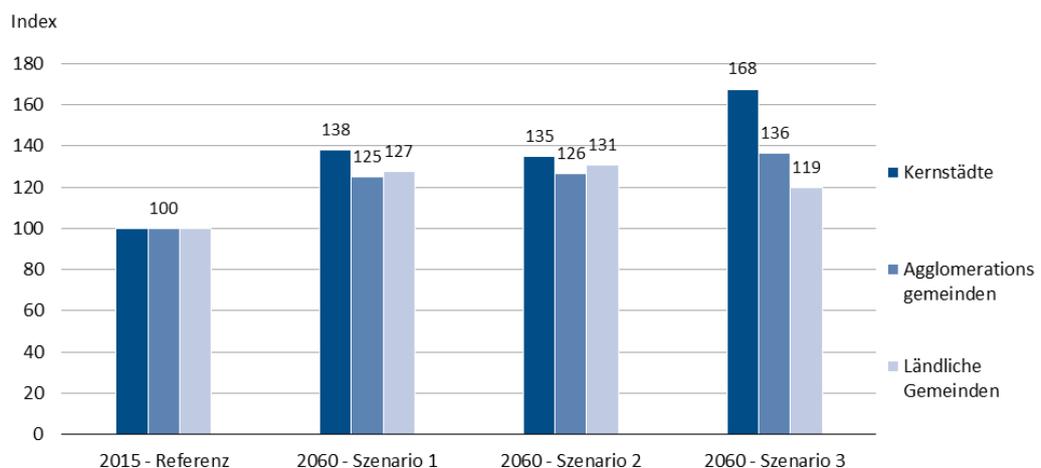


Abb.13 Verkehrsleistung basierend auf Mrd Pkm/a und ihre Verteilung nach Raumtypen, indexiert (Index 2015=100)

Grundlage: EBP – Langfristige Wechselwirkung Verkehr-Raum. Modellrechnungen. Die Verkehrsleistung nach Räumen richtet sich nach dem Territorialprinzip.

Das in diesem Forschungspaket aufgebaute Modell der Bayes'sche Netze (vgl. Kapitel 5) bietet die Möglichkeit, die Wirkungen der Szenarien auf die Verkehrsnachfrage und Angebote in den Teilräumen zu modellieren, für PV und GV, nach Verkehrsträger, Verkehrsmittel und Raumtyp. Die folgenden Tabellen zeigen die wichtigsten Ergebnisse der Simulationen.

Starke Unterschiede im Modalsplit Personenverkehr: Der Anteil kollektiver Verkehrsmittelnutzung steigt im Szenario 3 von heute 27% auf 49%, der Anteil Schiene sinkt

Der Modalsplit definiert sich in Zukunft insbesondere im Anteil der kollektiven Verkehrsmittel, da – insbesondere im Bereich der kollektiven genutzten Verkehrsmittel (Robovans) – der heute genutzte ÖV-Begriff nicht mehr gültig ist. Heute liegt der Anteil bei 27%. Er steigt im Szenario 'Evolution' leicht an auf 29%. Im Szenario 'Revolution Individuell' sinkt er hingegen auf 25%. Umgekehrt steigt er im Szenario 3 auf 49% an.

Der Anteil der Schiene sinkt gegenüber heute in allen drei Szenarien, von heute 22% auf 16% (S1), 16% (S2) und 21% (S3). Dies liegt einerseits daran, dass die Effizienzgewinne (Kostensenkungen) im Strassenverkehr grösser sind als bei der Schiene, andererseits steigt die Verkehrsleistung in Szenario 3 insbesondere in den Kernstädten.

Die beiden folgenden Figuren zeigen die jeweiligen Anteile.

Verkehrsleistung individuelle Fahrten in Mrd. Pkm (absolut)

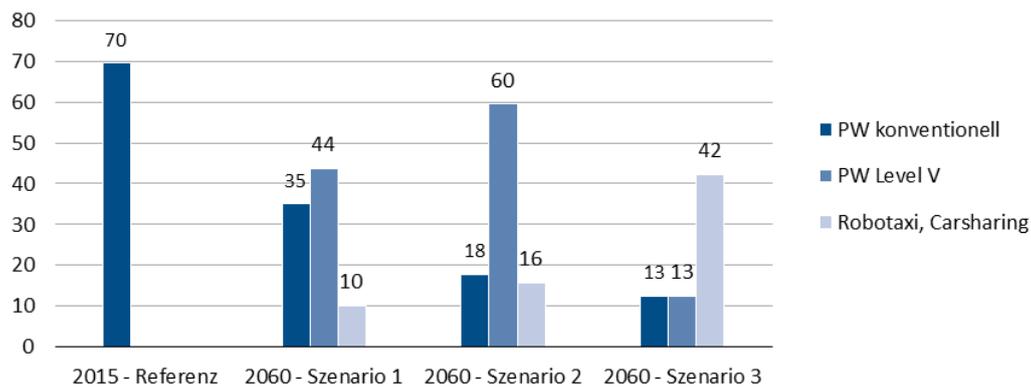


Abb. 14 Verkehrsleistung mit neuen Angeboten in Mrd. Pkm, individuelle Fahrten, absolut
 Grundlage: EBP – Langfristige Wechselwirkung Verkehr-Raum

Verkehrsleistung kollektive Fahrten in Mrd. Pkm (absolut)

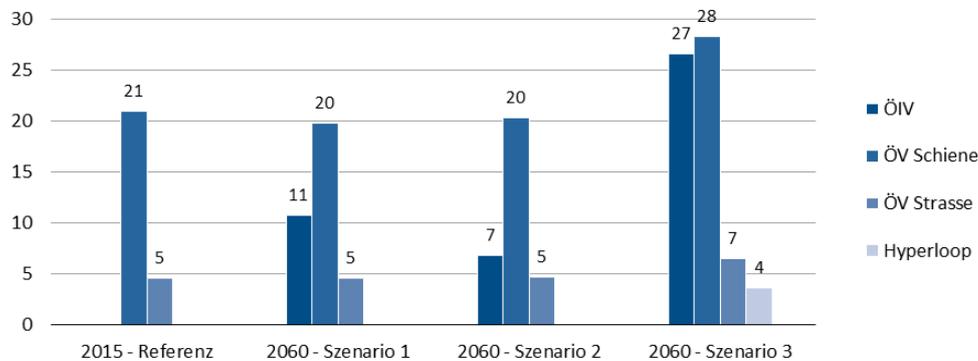


Abb. 15 Verkehrsleistung mit neuen Angeboten in Mrd. Pkm, kollektive Fahrten, absolut
 Grundlage: EBP – Langfristige Wechselwirkung Verkehr-Raum

Nicht enthalten ist in der Darstellung der **Fuss- und Veloverkehr**. Auch sein Anteil sinkt gegenüber heute von 7.7% auf 6.3 bis 6.6% je nach Szenario, weil die neuen Mobilitätsservices die Fahrkosten infolge der Automatisierung drastisch senken. Im Szenario 3 steigt aber der Anteil Velo/Fussgänger um 38% gegenüber heute, vor allem dank der Zunahme der städtischen Bevölkerung. In den anderen beiden Szenarien beträgt das Wachstum nur ca. 13%.

Die Simulationen zeigen, dass die **Hauptwirkung für die Veränderung der Verkehrsmittelanteile von der veränderten Kostenstruktur** ausgeht. Anders formuliert: Die unterstellte Automatisierung führt im Bereich der individuellen Services (Taxis) bzw. kollektiven Services (Busse/Kleinbusse) zu signifikanten Veränderungen. Demgegenüber hat eine veränderte Raumstruktur insgesamt eher einen geringen Effekt auf den Modalsplit. Die Verschiebungen gegenüber 2015 sind gering und vor allem auf die unterschiedlichen Anteile der verhaltenshomogenen Gruppen in den einzelnen Räumen zurückzuführen.

Güterverkehr: Neue Technologien und Angebote prägen das Wachstum

Im Güterverkehr wird die Entwicklung entsprechend der Fortschreibung der Verkehrsperspektiven 2040 (ARE 2016) unterstellt. Disruptive Effekte sind in Zukunft vor allem aufgrund neuer Produktionstechnologien (z.B. additive Produktionsverfahren und 3D-Druck) und durch Umwälzungen der Wirtschaftsstrukturen zu erwarten. Diese sind aber nicht Bestandteil der Szenarioannahmen und konnten so auch im Wirkungsnetz nicht abgebildet werden. Die neuen Technologien im Verkehrsbereich führen zu Preissenkungen und zu Veränderungen im Modalsplit.

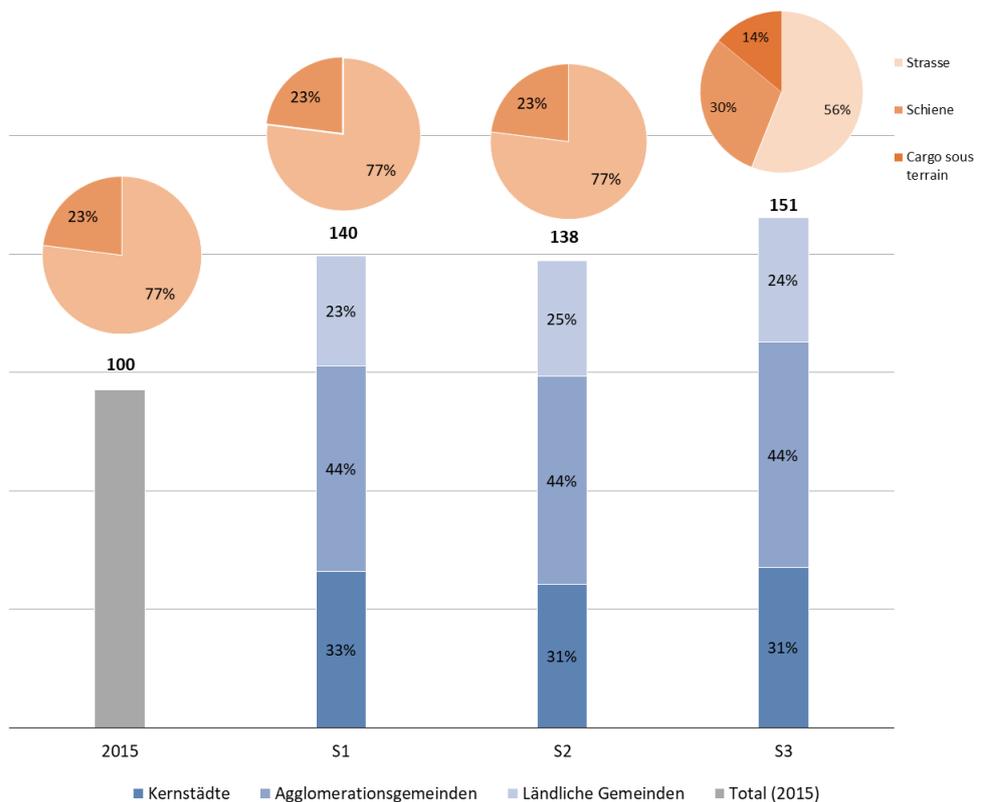


Abb.16 Szenario 2060: Transportleistungen Güterverkehr nach Raumtyp (Säulen) und Verkehrsträger (Kreisdiagramme)

Basis Mio. Ntkm/a Binnverkehr. Säulen: Anteile der Transportleistungen je Raumtyp, Transportleistungen indiziert (Index 2015=100); Kreisdiagramme: Modalsplit der Verkehrsträger am Total der Transportleistungen (Strasse = Schwere Nutzfahrzeuge, Lieferwagen; Schiene = Wagenladungsverkehr, unbegleiteter kombinierter Verkehr; Cargo sous terrain in 2060).

Grundlage: EBP – Langfristige Wechselwirkung Verkehr-Raum

Insgesamt nimmt die Transportleistung im Güterverkehr gegenüber heute um knapp 40% zu. Im Szenario 3 ist das Wachstum (ähnlich wie im Personenverkehr) etwas höher, insbesondere infolge der neu unterstellten Angebote von Cargo sous terrain. Der Bahnanteil bleibt in etwa konstant, steigt im Szenario 3 auf 30%. Mit Cargo sous terrain (nur in Szenario 3) sinkt der Anteil des Strassenverkehrs von heute 79% auf 56%.

Entkopplung der Fahrleistungen von den Verkehrsleistungen im Szenario 3

Mit Hilfe eines Excel-basierten Modells hat Ecoplan sowohl die Entwicklung der Verkehrs- als auch der Fahrleistungen modelliert. Dieses Modell kommt auf eine ähnliche Grössenordnung der Entwicklung der Verkehrsleistungen wie das EBP-Modell. Obwohl Szenario 3 die höchsten Zunahmen bezüglich Verkehrsleistungen aufweist, sinken die Fahrleistungen gegenüber heute (hier 2010 als Ausgangspunkt) um 10%, während im Szenario 2 die Fahrleistungen aufgrund der boomenden individuellen Mobilitätsservices mehr als doppelt so stark wachsen wie die Verkehrsleistungen. Während sich die Auslastung in Szenario 1 gegenüber heute kaum verändert, sinkt sie in Szenario 2 und steigt in Szenario 3 stark an, insbesondere aufgrund der angebotenen Robovans, die einen Teil der individuellen Fahrten ersetzen.

Fahrleistung Personenwagen und automatisierte Taxis (Fzkm, Index 2010=100)

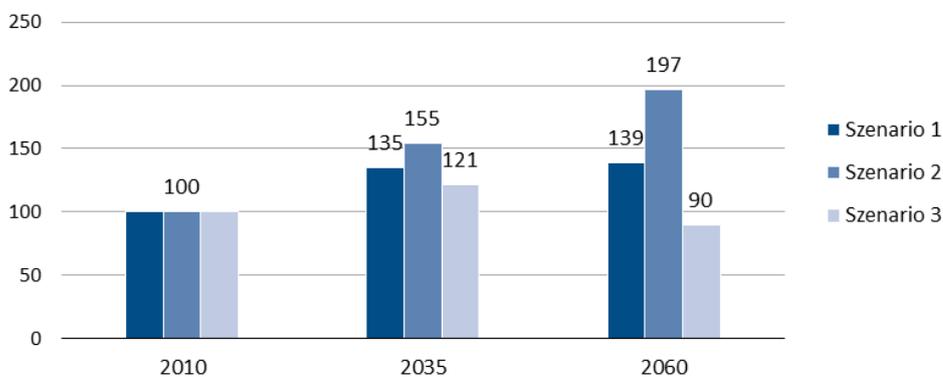


Abb. 17 Fahrleistung Personenwagen und automatisierte Taxis, indiziert
Grundlage: Ecoplan

Ausgaben und Einnahmen der öffentlichen Hand

Das von Ecoplan entwickelte Modell ist darauf ausgerichtet, die Ausgaben und Einnahmen der einzelnen Szenarien abzuschätzen. Auf Basis der ermittelten Verkehrs- und Fahrleistungen sind Annahmen zur Entwicklung der Flotte und der Infrastrukturentwicklung getroffen worden, um grobe Aussagen zu treffen, ob das heutige Finanzierungssystem der öffentlichen Hand für Strasse und Schiene die anfallenden Ausgaben decken kann. Kritisch und sensitiv sind dabei die Annahmen bezüglich Flottenentwicklung (Anteil Fahrzeuge, die keine Mineralölsteuer bezahlen), bezüglich zukünftiger Infrastruktureffizienz (Kosten für Bau und Betrieb für die langfristige Entwicklung und die möglichen Produktivitätssteigerungen aufgrund des automatisierten Fahrens sowie bezüglich Kosten für die unterstellte Ausstattung des Bahnverkehrs. Das Modell ist hier bewusst einfach und transparent gehalten. Nichtsdestotrotz resultieren interessante Aussagen für die zukünftige Entwicklung in den einzelnen Szenarien.

Die Modellierung kommt zum Schluss, dass

- in **Szenario 1** der Ausgabendeckungsgrad für Strasse und Schiene insgesamt von 86% (heute) auf 67% (2060) sinkt, was einer ermittelten Finanzierungslücke von sieben Mrd. CHF entspricht. Insbesondere im öffentlichen Verkehr würde sich das Defizit deshalb erhöhen, weil die zunehmende Automatisierung Marktanteile konkurrenziert (insbesondere im Regionalverkehr). Im Strassenverkehr nehmen insbesondere die Einnahmen aufgrund der sinkenden Erträge der Mineralölsteuer ab, sodass sich der heutige Einnahmenüberschuss in ein Minus verwandelt.
- in **Szenario 2** die Entwicklung noch drastischer verläuft. Der Ausgabendeckungsgrad beträgt im Jahr 2060 lediglich noch 50%. Aufgrund des Verkehrswachstums steigen

im Strassenverkehr die Ausgaben massiv an und sind fast doppelt so hoch wie heute. Allerdings bestünde ein Sparpotenzial, wenn die zunehmende Automatisierung weniger Infrastrukturausbauten beanspruchen würde.

- in **Szenario 3** die Entwicklung insgesamt ähnlich verläuft wie in Szenario 2, mit einem Ausgabendeckungsgrad von 50% im Jahr 2060. Im Unterschied zu Szenario 2 sind aber sowohl Ausgaben als auch Einnahmen infolge des Rückgangs der Fahrleistungen auf einem deutlichen tieferen Niveau.

8.3 Würdigung

Modellierung: Neue Erkenntnisse zu den Wirkungsmechanismen

Das Modell der Bayes'schen Netze hat den Anspruch, die Wechselbeziehungen Raum – Verkehr für einzeln Raumtypen abzubilden. Das Modell ist nachfrageorientiert aufgebaut. Das Angebot wird annahmegemäss vorgegeben, und die Veränderung verhaltenshomogener Gruppen sowie die generalisierten Kosten bestimmen die Nachfrage. Mit dem eingebauten Flächenangebot- und Nachfragemodul ist dies in transparenter Form möglich und zeigt insbesondere in Kernstädten Wirkung. Hingegen ist interessant, dass sich die Szenarien im Raumtyp 'Agglomeration' kaum unterscheiden. In diesen Räumen stellt sich die Frage, welche Angebotsformen sich in Zukunft durchsetzen werden. Die Entstehung von neuen disruptiven Angebotsformen lassen sich (noch) nicht modellieren. Ebenso ist das Modell statisch aufgebaut und ermöglicht keine Rückkopplung. So ist beispielsweise nicht abgebildet, wie sich die verringerten Transportkosten im Budget der Bevölkerung widerspiegeln. Entsprechend sind die Annahmen über die Angebote und die damit verbundenen Kostenveränderungen entscheidend und entsprechend sensitiv. Ob sich die angenommenen Kostenveränderungen (insbesondere bei einer Vollautomatisierung der Fahrzeuge) auch in vollem Umfang auf die Verkehrspreise niederschlagen, muss weiter vertieft werden. Sie dürften insbesondere durch die (hier nicht modellierten) Klimawirkungen etwas relativiert werden.

Die Modellierung von Ecoplan fokussiert auf die Fahrleistungen, um Erkenntnisse für die Entwicklung der Ausgaben und Einnahmen abzuleiten. Die Modellierung der Auslastung gestaltet sich dabei als Schlüsselement, weil damit auch Aussagen zum Infrastrukturbedarf und zum Ressourcenverbrauch (Finanzen, Umwelt) abgeleitet werden können. Das Modell unterstellt exogen angenommene Auslastungen und möglichst hohe Konstanz von spezifischen Infrastrukturkosten. Gerade hier dürften in Zukunft Vertiefungen notwendig sein: Wie kommt eine höhere Auslastung (durch die Nutzung von kollektiven Verkehrsmitteln) zustande? Welche Kosten ergeben sich durch eine Digitalisierungsoffensive bei der Infrastruktur von Strasse und Schiene, und wieviel Ausbau von Hardware (Spuren, Strecken) kann damit gespart werden?

Disruptionen sparen keinen Verkehr, können aber die Fahrleistungen senken

Die gewählten Szenarien sind geprägt von (disruptiven) Potenzialen neuer Technologien und den damit verbundenen neuen individuellen oder kollektiven Angebotsformen. Die Operationalisierung und die Auswirkungsanalyse mit zwei unterschiedlichen quantitativ aufgebauten Modellen zeigen insbesondere folgendes:

- Unabhängig von den räumlichen, gesellschaftlichen und technisch-ökonomischen Ausprägungen nimmt die **Verkehrsleistung** auch langfristig stark zu. Massgebend dafür ist nach wie vor das Bevölkerungswachstum. In beiden revolutionären Szenarien verbessert sich der Zugang zur Mobilität, bei gleichzeitiger Senkung der Kosten, dank hoher Automatisierung und Vernetzung. Daraus resultieren zusätzliche induzierte Verkehrsleistungen.
 - ▶ Tiefere Wachstumsraten bei der Verkehrsleistung sind nur dann zu erwarten, wenn der Preis der Mobilität in Relation zum Mobilitätsbudget stabilisiert wird. Hier ist das Regulativ gefordert. Zudem können verkehrssparende Verhaltensweisen (Home-Office, kurze Wege) das Wachstum eindämmen. Diese Effekte sind nicht modelliert worden.

- Nur das Szenario 3 ist in der Lage, mit einer steigenden Auslastung aufgrund kollektiver Verkehrsdienste die **Fahrleistungen** zu verringern. Dies wirkt sich auch positiv auf die Umweltbelastung und den Ressourcenverbrauch des Verkehrs aus. Bezüglich der Entwicklung der zukünftigen Klimabelastung dürften die Szenarien in Bezug auf die direkten CO₂-Emissionen zu einer starken Entlastung führen, da weitestgehend Fahrzeuge mit fossilfreiem Antrieb eingesetzt werden. Klimaneutralität kann allerdings nur erreicht werden, wenn die notwendige Basisenergie (v.a. Strom, Wasserstoff, synthetische Treibstoffe) vollständig mit erneuerbaren Energien hergestellt werden kann. Dies ist in den Modellansätzen nicht vertieft worden. Bei weiteren Umweltindikatoren (Herstellung Fahrzeuge, Flächeninanspruchnahme Verkehrsinfrastruktur, Lärm etc.) schneidet das Szenario 3 deutlich besser ab.
 - ▶ Grosse Effizienzvorteile des Verkehrs bei hoher Automatisierung lassen sich nur erzielen, wenn stark auf kollektive Verkehre gesetzt und der Auslastungsgrad der Fahrzeuge verbessert wird.
- Die Szenarien führen zu neuen Herausforderungen im **Finanzierungssystem**, um dem sinkenden Kostendeckungsgrad entgegenzuwirken. Zudem wird der Klimawandel die Kosten für die Verkehrsinfrastruktur zusätzlich verteuern.
 - ▶ Beide Faktoren sind Argumente dafür, dass die Preise im Verkehr neu ausgestaltet und Anreize für eine verbesserte Auslastung gesetzt werden müssen.
- Eine **räumliche Innenentwicklung** mit einer starken relativen Zunahme der Bevölkerung in den Kernstädten und Agglomerationen führt nicht automatisch zu einer Verringerung der zurückgelegten Personenkilometer, kann aber die Potenziale des kollektiven Verkehrs deutlich besser nutzen. Dies wirkt sich insbesondere auf die Fahrleistung reduzierend aus.
 - ▶ Kurze Wege kommen nicht automatisch durch die Treiber zustande, insbesondere dann nicht, wenn – wie in den Szenarien 2 und 3 unterstellt – die Mobilitätskosten stark sinken und die Raumwiderstände teilweise kompensieren.
- Das **automatisierte Fahren und neue intelligente Verkehrssysteme** können bei hoher Durchdringung die Effizienz des Verkehrssystems derart beeinflussen, dass weniger Infrastrukturausbau notwendig sein wird. Zurückzuführen ist das insbesondere auf mögliche kapazitätssteigernde Effekte dank automatisiertem Fahren.
 - ▶ Grundsätzlich ist zu erwarten, dass sich das automatisierte Fahren positiv auf die Sicherheit und die Kapazität (wenn induzierter Verkehr ausgeschlossen wird) im Verkehrssystem auswirkt. Hier sind zusätzliche Vertiefungen notwendig.

Mit den beiden disruptiven Szenarien lassen sich die Chancen und Risiken, insbesondere von zukünftigen Technologien und Angebotsformen besser abschätzen. Es ist aber nicht so, dass eines der Szenarien als Zielszenario zu bezeichnen wäre. Dennoch zeigt sich, dass eine sinnvolle Entwicklung in Richtung kollektive Mobilität (basierend auf Szenario 3) mit einem gezielten Einsatz neuer technischer Möglichkeiten und Mobilitätsservices mit einem starken Regulativ einhergehen muss.

Exkurs: Klimawandel und fossilfreie Mobilität

Die untersuchten Modellierungen der Szenarien fokussieren auf technologische, demografische und räumliche Entwicklungen. Demgegenüber hat der Klimawandel als Treiber sowohl konträre als auch unterstützende Wirkungen für die einzelnen Szenarien. Die in Kapitel 5 identifizierten Effekte des Klimawandels verteuern den Bau und Unterhalt von Verkehrsinfrastrukturen und bewirken zusätzliche Verkehrsströme aufgrund von Stadtflucht oder Nachfrage nach individuellen (klimatisch angenehmen) Angeboten. Gleichzeitig stärken sie aber auch den Veloverkehr, solange Trockenperioden vorherrschen. Auf der anderen Seite fordert die Klimapolitik im Verkehrsbereich einen raschen technologischen Wandel in Richtung fossilfreie Antriebe, die voraussichtlich wiederum den Verkehr eher verteuern. Diese Effekte sind im vorliegenden Forschungspaket nicht vertieft worden. Es lässt sich aber festhalten, dass eine Senkung der Fahrleistungen in Richtung kollektiver Verkehr bzw. eine starke Verdichtung (basierend auf den Annahmen gemäss Szenario S3) die Klimapolitik unterstützen.

9 Anforderungen an stadtverträgliche Mobilität

Basis dieses Kapitels ist insbesondere das folgende Forschungsprojekt

SVI 2017/004

Stadtverträgliche Mobilität – mobilitätsgerechte Stadt der Zukunft

Urs Gloor, U.; Guillaume-Gentil, S.; Allenspach, A.; Vincent, T.; Weber, R. (Transitec AG)

Blum, C.; Smith, A.; Grabbe, J. (Eckhaus AG)

Neuenschwander, R.; Joray, R. (Ecoplan AG)



9.1 Smart City – Smart Transport: Herausforderungen

Stadt als Nukleus für intelligente Lösungen: Die Zukunft hat bereits begonnen

Hohe Dichte, hoher Problemdruck, hohe Interaktion und progressive Kräfte sind die Eckpunkte für ein **urbanes Umfeld**. Seit den 90er Jahren ist das Bekenntnis zum ÖV in allen Städten der Schweiz gefestigt mit der S-Bahn als Rückgrat und einem dichten Tram- und Busnetz mit Bevorzugung an den Verkehrsknoten. Während der MIV an den Stadtgrenzen stagniert hat, sinkt er in den grossen Zentren seit 10 Jahren kontinuierlich. Dies hat auch damit zu tun, dass der öffentliche Verkehr attraktiver und die Parkraumpolitik in den Kernstädten restriktiver geworden ist.

Der Anteil der Haushalte mit **Fahrzeugbesitz** in der Schweiz ist zuletzt leicht gesunken. Gemäss dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr lag der Anteil der Haushalte mit einem oder mehreren Personenwagen im Jahr 2015 bei knapp 78 Prozent. Zum Vergleich: Zehn Jahre zuvor besaßen noch rund drei Prozent der Haushalte mehr als einen Pkw (Bundesamt für Statistik 2017, Bundesamt für Statistik 2017).

Auffallend ist, dass sich der **Modalsplit** bei Etappen im Inland in Gebieten mit hoher Einwohnerdichte deutlich vom Modalsplit in Gebieten mit geringer Einwohnerdichte unterscheidet (gemessen an einem Umkreis von 300m). Berechnungen von metron (2018), basierend auf dem Mikrozensus 2015 deuten darauf hin, dass der Anteil der zurückgelegten Etappen mit dem ÖV steigt, je höher die Einwohnerdichte ist. Umgekehrt fällt der Anteil an zurückgelegten Etappen mit dem Pkw, je höher die Einwohnerdichte ist. Konkret zeigen die Auswertungen: In Gebieten mit einer Einwohnerdichte von 1-19 Personen/ha liegt der Anteil Pkw am Modalsplit bei 52 Prozent, der des ÖV bei zehn Prozent. In Gebieten mit einer Einwohnerdichte mit mehr als 160 Einwohnern/ha liegt der Pkw-Anteil wiederum bei 16 Prozent, während der ÖV-Anteil bei 20 Prozent liegt (Belloli 2018: 5). Im Mittel liegt der Pkw-Anteil bei 44%.

Mit der neuen Raumordnungspolitik, den Agglomerationsprogrammen und städtischen Verkehrsprogrammen werden zusätzliche Ziele verfolgt, insbesondere die Förderung der Stadt der kurzen Wege mit einer Aufwertung von Fuss- und Veloverkehr (verstärkt dank E-Bike-Boom), die Stärkung der Bahnknoten als Umsteigepunkte sowohl in den Zentren als auch den Aussenbahnhöfen, die Realisierung von Stadtbahnen über die Stadtgrenzen hinaus und die Aufwertung der Qualität des öffentlichen (Strassen-)Raums.

Damit sind die **Kernstädte und Agglomerationsgemeinden** auch **Nährboden für neue Angebote** und zukünftige Technologien. So werden Smart-City-Konzepte konkretisiert (vom E-Government über öffentliches W-Lan bis zur vollautomatischen Steuerung von öffentlichen Infrastrukturen). Auch im Verkehrsbereich sind neue Mobilitätsformen der Verkehrszukunft zu beobachten: Autofreie Siedlungen werden in verschiedenen Städten geplant, Carsharing nimmt laufend zu, Pooling-Aktivitäten werden häufiger, Uber hat Fuss gefasst, Bike- oder Scooter-Sharing-Firmen kommen und gehen, neue Apps und Plattformen ermöglichen einen einfacheren Zugang zum ÖV und zur multimodalen Modalität und liefern die notwendigen Verkehrsinformationen. Zudem führen diverse Städte Pilotversuche mit vollautomatischen Shuttles durch und sammeln Erfahrungen mit der automatisierten Mobilität. Gleichzeitig haben es unterirdische ÖV-Konzepte nach wie vor schwer: zu hohe Kosten, zu geringes Potenzial.

Mit den Ansprüchen an die Innenentwicklung und Verdichtung steigt auch der Anspruch an die **Abstimmung zwischen Siedlung und Verkehr**. So erwartet beispielsweise die Stadt Zürich gemäss ihrem Richtplan Siedlung (SLÖBA) 100'000 mehr Personen bis 2040 gegenüber heute. Dies geht nur mit einer hohen Flächeneffizienz im Verkehr und einer weiteren Abnahme des Autobesitzes und MIV-Anteils.

Zukünftige Mobilitätsformen eröffnen neue Potenziale, aber auch neue Herausforderungen

Chancen bieten insbesondere die Konzepte einer digitalisierten Vernetzung der **kollektiven Mobilitätsformen** in Richtung Mobility as a Service und der damit verbundenen abnehmenden Notwendigkeit ein eigenes Fahrzeug zu besitzen. Auf der anderen Seite führt die Automatisierung des MIV in den Städten zunächst zu Komfortverbesserungen (weniger Stress im Stau, weniger Aufwand beim Parken), was die Attraktivität wieder steigen lässt. Neue Technologien reduzieren auch den Platzbedarf für den ruhenden Verkehr. Durch automatisiertes Fahren und Parkroboter kann in Parkhäusern 20 bis 60 % des Platzes eingespart werden.

Der **Veloverkehr** profitiert von Sharing-Angeboten, die aber den öffentlichen Raum belasten und den Fussverkehr konkurrenzieren können. Anders als im motorisierten Strassenverkehr kann das Velo vom Wegfall von Chauffeurkosten nicht profitieren. Tendenziell entsteht dadurch eine Konkurrenz im Nahverkehr durch vollautomatisierte Shuttles, die eine Funktion in der Feinverteilung übernehmen können. Potenziale ergeben sich dann, wenn durchgehende Veloschnellrouten für E-Bikes und platzsparende automatische Abstellanlagen die Attraktivität und die Flächeneffizienz erhöhen können. Neue Sharing-Angebote im Bereich der Mikromobilität (z.B. E-Scooter) ergänzen diese Angebote.

Eine grosse Herausforderung ist die zukünftige **städtische Güterversorgung**. Mit dem boomenden Onlinehandel sind neue Verteilformen (zwischen Güterverkehr und Personenverkehr) entstanden. Die Ansprüche an die hohe Flexibilität hat aber auch neue Probleme verursacht. So fehlen in den städtischen Gebieten Flächen für einen effizienten Umschlag, insbesondere für Massengüter und Bautransporte. Diese Aspekte sind im Forschungsprojekt nicht vertieft worden. Beispielhaft kann das Konzept **'Cargo sous terrain'** erwähnt werden. Es schlägt neue vollautomatisierte Verteilformen vor, das die Konzepte von 3D-Drucker, vollautomatisierter Lagerhaltung, vollautomatisiertem unterirdischem Gütertransport und vollautomatisierter Feinverteilung mit Abholboxen und Lieferrobotern integriert. Dabei können auch punktuelle Lieferungen mit Paketdrohnen eine Chance darstellen.

Der **Gewerbeverkehr** kann ebenfalls von der Automatisierung und dem Sharing profitieren und damit Kosten und Platz sparen.

Die Herausforderungen an eine stadtverträgliche Mobilität lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

- **Priorität kurze Wege:** Verhindern, dass Mobilitätsformen mit einer schlechten Auslastung und niedriger Flächeneffizienz die Vorteile einer qualitativ hochwertigen Innenentwicklung konkurrenzieren.
- **Funktionale und ästhetische Einbettung der neuen Mobilitätsformen** im öffentlichen Raum: Verhindern, dass der öffentliche Raum durch neue Angebote (vor allem im Bereich der Mikromobilität) verunstaltet wird mit einer expliziten Abstimmung von Verkehrs- und Stadtraum.
- **Relevanz der automatisierten Mobilität im Konzept MaaS:** Sicherstellen, dass die Automatisierung mit einem klaren Bekenntnis zur kollektiven Mobilität einhergeht.
- **Stärkung des Velo- und Fussverkehr,** als platzsparende nicht automatisierte, aber vernetzte Mobilitätsform: Verhindern, dass automatisierte kollektive Mobilität den Veloverkehr konkurrenziert mit klaren Prioritätensetzungen für den Velo- und Fussverkehr.
- **Fokus Agglomerationsraum:** Der urbane Raum muss sowohl die Kernstädte als auch die Agglomerationsgemeinden einbeziehen. Dem Rückgrat öffentlicher Verkehr und S-Bahn kommt dabei eine grosse Bedeutung zu.

9.2 Anforderungen an eine stadtverträgliche Mobilität

Neue Ansprüche an die Stadtplanung

Die Gestaltung von Wohn-, Arbeits- und Erholungsräumen sowie öffentlichen Plätzen und das Zusammenspiel von öffentlichen und privaten Räumen steht mit den langfristigen zukünftigen Verkehrsthemen vor neuen Herausforderungen. Attraktive urbane Räume sind nur mit einer starken Integration des Verkehrsraums in den Stadtraum möglich:

- Im **Stadtraum** braucht es klare Regeln für die **Organisation von Mobilitätsangeboten** (insbesondere der Umgang mit Free-Floating-Angeboten und der Kennzeichnung von möglichen Abstellflächen), neue Formen der Parkierung (unterirdisch vollautomatisiert), klimaverträgliche und beschattete Strassenräume und Plätze.
- Die **Einbettung und die Hierarchie von Mobilitätshubs** (Personen- und Güterverkehr) ist ein zentrales Anliegen für die Entwicklung von multimodalen Verkehrsangeboten. Dazu bedarf es sowohl neuer Design- als auch funktionaler Vorgaben. Die zukünftigen Hubs sind sowohl Verkehrsknotenpunkte, Umschlaganlagen, Einkaufs- und Freizeitspots als auch Co-Working-Spaces und Kreativräume. In den Stadtkerngebieten ist dabei die Flächenkonkurrenz grösser als bei Aussenbahnhöfen.
- Im **Agglomerationsraum** besteht ein grosser Bedarf nach baulich, sozial und atmosphärisch dichten Räumen mit urbanen Qualitäten. Die Urbanisierung der Agglomeration vereinfacht auch eine abgestimmte Siedlungs- und Verkehrsplanung im Übergang von Kernstädten zu Agglomerationsgemeinden.

Flexible Gestaltung städtischer Strassenraum und automatisierte Parkierung

Mit der Entwicklung von neuen Verkehrsangeboten steigen die Ansprüche an eine maximale **Variabilität und Flexibilität von Flächen**: Für Fahrspuren mit priorisierten Verkehrsmitteln (Velo, Busse, neu auch vollautomatisierte kollektive Verkehrsmittel), für temporäre Nutzungen, z.B. nachts für vollautomatisierte Car-Sharing-Fahrzeuge sowie für Anlieferungen mit Lieferrobotern oder tagsüber für temporäre wirtschaftliche Tätigkeiten wie lokale Märkte. Denkbar ist auch eine vollständige Durchmischung.

Diese Flexibilität benötigt neue Geschwindigkeitsregimes (Harmonisierung auf tiefem Niveau im dichten Siedlungsraum) und eine dynamische Verkehrssteuerung. Lichtsignalanlagen der Zukunft an dicht befahrenen Knoten werden vernetzt sein mit den automatisierten Fahrzeugen, um bedarfsweise Prioritäten zu setzen.

Die neuen Potenziale mit **vollautomatisierter Parkierung** können genutzt werden, um die Parkierung im Strassenraum stärker in Parkierungsanlagen zu verlagern. Gleichzeitig muss verhindert werden, dass das sogenannte 'Valet Parking' mit vollautomatisierten Fahrzeugen zunimmt und unerwünschte Leerfahrten generiert werden, z.B. mittels Bepreisung von Leerfahrten.

Fallstudie Genf: Neugestaltung der Strassenräume im Szenario S3 'Revolution Kollektiv'

Das im Forschungsprojekt erarbeitete Fallbeispiel Genf fokussiert auf zukünftige Anforderungen an den Strassenraum. Dabei wird die Zunahme der Bevölkerung berücksichtigt, ebenso die Veränderung und Entwicklung neuer Mobilitätsangebote. Um vielfältigen Bedürfnissen nachzukommen, werden viele Quartierstrassen bereits heute als Einbahnstrasse betrieben. Im untersuchten Stadtzentrum sind es rund 75%. Die untersuchten Strassen sind oft nur zwischen 10 m und 15 m breit. Im Zweirichtungsverkehr sind die engsten Strassen rund 13 m breit.

Die Analysen zeigen, dass die Zunahme der Verkehrsleistung höchste Ansprüche an eine effiziente Nutzung des Strassenraums stellt. Um den Verkehrsfluss für priorisierte Angebote oder Fahrrichtungen zu erhalten, könnten temporäre Umwidmungen (zum Beispiel wird eine MIV-Fahrspur während der Spitzenstunde zu einer reinen Spur für kollektive Verkehrsangebote), Richtungswechselfahrbahnen oder dynamische Geschwindigkeitsregimes eingesetzt werden. Erst ab etwa 18m Mindestbreite können alle zukünftigen Bedürfnisse mit minimalen Breiten in ein und demselben Querschnitt angeboten werden. Wichtig wird vor allem die Fläche entlang des Fahrbahnrandes. Haltevorgänge werden stark zunehmen, deshalb muss zwischen der Fahrbahn und dem Trottoir mit multifunktionalen Mehrzweckstreifen geplant werden. Diese können lokal als Halteflächen, Anlieferzonen, ÖV-Haltestellen, Abstellplätze, Aufenthaltsräume für AnwohnerInnen oder Grünflächen genutzt werden.

Das Fallbeispiel zeigt die Grenzen von Fahrspuren auf. Deshalb ist es notwendig, auch verstärkt Mischsysteme mit Bevorzugung von Bus/Tram und Fuss- und Veloverkehr in Erwägung zu ziehen.

«Backbone» ÖV und On-Demand-Verkehre: Ansprüche an die Arbeitsteilung

Die **S-Bahn** bleibt das Rückgrat des kollektiven städtischen Verkehrs. Das Forschungspaket hat sich nicht vertieft mit der zukünftigen ÖV-Planung auseinandergesetzt. Beispielhaft kann aber das Zukunftskonzept der S-Bahn 2G des ZVV erwähnt werden: schienengebunden, mit komfortablen Stehplätzen und Vorrichtungen für einen raschen Ein- und Ausstieg, unterschieden nach Bedürfnissen der inneren Agglomeration (dicht zueinander liegende Haltestellen, hohe Taktichte) und einer äusseren Agglomeration (rasch in die Innenstadt).

Die zukünftige **Stadtbahn** als Bindeglied in die Agglomeration ist hingegen nicht zwingend schienengebunden. Längerfristig können auch automatisierte fossilfreie Busse (spurgeführt) diese Funktion übernehmen. Die Systemwahl dürfte also flexibler werden. Entscheidend sind die Kapazitätsansprüche und die Kosten. Im weniger dichten Agglomerationsraum können auch kleinere Gefässmodule zum Einsatz gelangen, die in Spitzenzeiten automatisiert gekoppelt werden.

Städtische eigenständige **3D-Systeme** (z.B. vollautomatisierte Metros) dürften aufgrund der Dichteverhältnisse in den Schweizer Städten kaum eine Zukunft haben. Die Integration in die heutigen Verkehrssysteme ist deshalb zentral. Unterirdische Linienführungen oder vertikale Entflechtungen an Knoten dürften aber auch in der langfristigen Zukunft eine Möglichkeit bieten, den städtischen Verkehrsraum zu entflechten und aufzuwerten. Mit der Umsetzung der Effizienzpotenziale mit einer flexiblen Gestaltung des bestehenden Verkehrsraums dürfte der Druck allerdings sinken.

Die Analyse der Szenarien hat gezeigt, dass **On-Demand-Verkehre** im städtischen Raum als Ergänzung zum klassischen ÖV dienen und somit die Transportkette insbesondere für mittellange Strecken, spezifische Bedürfnisse und Randzeiten vervollständigen können. Mit der Verschmelzung von ÖV und MIV können einerseits schlecht ausgelastete klassische ÖV-Angebote flexibilisiert werden, andererseits Taxiverkehre effizienter genutzt und so der heutige MIV weiter reduziert werden. Entscheidend sind dabei die Vernetzung und die Integration in den MaaS-Ansatz. Die (wegfallenden) Parkplätze für MIV können für den Ein- und Ausstieg für solche Verkehre benutzt werden. Gleichzeitig wird es wichtig, an Haltestellen des öffentlichen Verkehrs (Hauptbahnhöfe, Stadtbahnhöfe, S-Bahnhöfe) attraktive Umsteigemöglichkeiten für Shared-Mobility-Nutzende und Velofahrende zu ermöglichen.

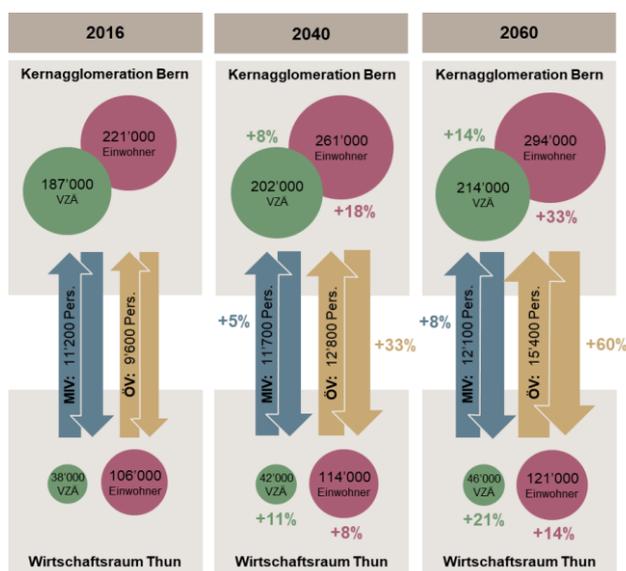
Anforderungen an die Ausgestaltung von Mobilitätshubs

Frühere Park+Ride-Konzepte und Umschlaganlagen im dichten Siedlungsraum sind passé. Der zukünftige Mobilitätshub ist multifunktional, attraktiv und hoch automatisiert und

weist eine hohe Zugänglichkeit für Fuss- und Veloverkehr auf. Während bereits heute die Hauptbahnhöfe (Rail Cities der SBB) solche Funktionen einnehmen, besteht die Herausforderung darin, auch die städtischen Aussenbahnhöfe und die S-Bahnhöfe in der Agglomeration (z.B. Hubs zur Integration von Autobahnanschlüssen und S-Bahnhaltestellen) weiterzuentwickeln. Dazu hat sich in Studien gezeigt (vgl. HSLU/INFRAS 2018), dass automatisierte Strassenfahrzeuge keinen Zugang zu Hauptbahnhöfen haben sollen, weil die Platzverhältnisse nicht ausreichen. Deshalb ist es dort viel sinnvoller, die heutigen Parkierungs- und Taxiflächen in Zukunft für automatisierte Shared-Mobility-On-Demand-Angebote zu verwenden und die entsprechenden Umsteigemöglichkeiten und Flächen zur Verfügung zu stellen. An Aussenbahnhöfen gibt es aber auch Ansprüche für Robotaxi- und Car-Sharing-Dienste, die für individuelle Fahrzeuge Umsteigemöglichkeiten bieten. Zentral an den Mobilitätshubs ist die Optimierung der Umsteigemöglichkeit für den Langsamverkehr: Je wichtiger der Mobilitätshub wird, desto relevanter ist eine optimale Abwägung zwischen rascher Erreichbarkeit und dem Angebot von weiteren Services (Einkauf, Freizeit, Kultur, Co-Working-Spaces) am Mobilitätshub. Diese Funktionen sind noch ausgeprägter, wenn der Mobilitätshub in Zukunft auch Ladestation für fossilfreie Fahrzeuge sein soll.

Fallbeispiel Mobilitätshub Thun

Das Projektbeispiel Thun konzentriert sich auf die Ausgestaltung des Bahnhofs Thun bei einer starken Zunahme der kollektiven Mobilitätsdienstleistungen gemäss Szenario 3. Die langfristigen Verkehrsprognosen zeigen stark wachsende Pendlerbeziehungen zwischen Thun und Bern.



Wie soll dieser Verkehr im Rahmen eines Szenarios 'Revolution Kollektiv' abgewickelt werden? Die Simulationen zeigen, dass das durch Linienbusse generierte Passagieraufkommen am Bahnhof Thun gegenüber On-Demand-Shuttles spürbar abnimmt. Der ÖIV übernimmt nicht nur das verminderte Aufkommen auf Linienbussen, sondern auch einen wesentlichen Teil des zusätzlichen Aufkommens. Dadurch ergibt sich ein sehr hoher Bedarf an Haltekanten und Flächen für Passagiere beim Ein- und Aussteigen. Ebenfalls hoch ist der zusätzliche Bedarf an Kapazitäten für Vorfahrten mit Aus- und Einstiegsmöglichkeiten für vollautomatisierte Taxi- und Car-Sharing-Dienste. Das Fallbeispiel geht von zehn zusätzlichen ÖIV-Kanten und 25 zusätzlichen Kanten für Taxi- und Car-Sharing-Dienste aus. Trotz möglicher Konkurrenz nimmt aber auch der Veloverkehr massiv zu. Gegenüber heute ist 2060 mit einer Zunahme um 30% zu rechnen. Entsprechend steigt der Anspruch an multifunktionalen Abstellflächen, auch für die Mikromobilität. Demgegenüber braucht es aber keine Kapazitäten für Pick-up- und Drop-off-Zonen für konventionelle oder automatisierte Privatwagen im Eigenbesitz.

Veloverkehr: Trotz Automatisierung zentral

Neben neuen Veloschnellrouten gewinnt das (E-)Bike mit der Harmonisierung der Geschwindigkeiten auf tiefem Geschwindigkeitsniveau an Raum im Mischverkehr. Als wichtige Elemente der Shared Mobility und On-Demand-Angebote spielen Komfort und Preis eine zentrale Rolle. Beim Komfort geht es insbesondere um drei Elemente, die für

die Entwicklung des Velos entscheidend sind: erstens rasche Umsteigemöglichkeiten (dank gut erreichbaren Abstellplätzen), zweitens einfache Handhabung (dank Navigiersystemen und Nebennutzen wie Gesundheitsinformationen oder Tourismus-Informationen), und drittens die Wetterfestigkeit, (dank gedeckten Abstellplätzen, flexiblen Hauben).

Fussverkehr und Mikromobilität

Der Fussverkehr bleibt das Rückgrat für kurze Distanzen, als Zugang zu den Mobilitätsangeboten und als Selbstzweck (Flanieren). Mit den neuen Angeboten im Bereich der Mikromobilität (z.B. E-Scooter), der Stärkung des Veloverkehrs und der Automatisierung ist entscheidend, dass attraktive und sichere Wegverbindungen und Zugänge zu Mobilitätshubs prioritär sind. Dies erhöht die Ansprüche an die Verkehrsprioritäten an Knoten und in Mischverkehrszonen, an direkte Wegführungen und an die Gestaltung des öffentlichen Raums.

Zonen der urbanen Intensivierung: Labore für innovative Mobilitätsformen

Automatisiertes Fahren, das zeigen die Szenarien, ist im städtischen Verkehr nur dann in der Lage, die Effizienzpotenziale raumverträglich umzusetzen, wenn es in kollektiver Form, 'shared' und 'on demand' sowie eingebettet in eine hohe Attraktivität und Priorität des Velo-Fussgängerverkehrs und die multimodalen Mobilitätsservices umgesetzt wird. In den Agglomerationsräumen rund um die Kernstädte ergeben sich aber Übergangsformen. Als Zonen der urbanen Intensivierung geht es darum, die oben dargelegten Ansätze der Kernstädte in den Agglomerationsräumen zu übernehmen und die Siedlungs- und Verkehrsplanung stärker auf Wohn- und Arbeitsformen mit minimalem Individualverkehr auszurichten, um die Potenziale der kollektiven Mobilitätsservices auch in den Agglomerationsgemeinden umzusetzen. Zentral ist das für die Pendlerbeziehungen in die Kernstädte. Die Entwicklung der S-Bahn und die grenzüberschreitenden Stadtbahnen bzw. hochwertigen AF-Buskorridore bilden hier die wesentliche Basis. Gleichzeitig ermöglichen hochwertige Veloschnellrouten Alternativen zum motorisierten Pendlerverkehr. Als Verbindung zwischen den Kernstädten dürften 'on demand'-Angebote wie kollektive Kleinfahrzeuge auch in Zukunft eher eine untergeordnete Rolle spielen.

Gleichzeitig ermöglichen diese Räume aber auch mehr Individualität, insbesondere als **Erholungs- und Freizeitlandschaften**, dies insbesondere vor dem Hintergrund des zunehmenden Klimawandels. In und zwischen Agglomerationsgemeinden und auf dem Land nehmen automatisierte Mobilitätsformen eine wichtige Erschließungsform ein. In diesem Sinne bleibt das Agglomerationsumland der Kernstädte auch in Zukunft eine wichtige Übergangsform hinsichtlich der Potenziale und Funktionalitäten einer multimodalen und automatisierten Mobilitätswelt. Entsprechend stellen diese Agglomerationsräume ideale Labore und Entwicklungsräume dar, um verschiedene Zukunftsformen der Mobilität zu erproben: Von Car-Sharing-Ansätzen in Quartieren, zum automatisierten Busverkehr und zu möglichen Freizeitformen mit individuellen Mobilitätsangeboten. Aber auch für diese Räume gilt: Solange die Bevölkerung über einen eigenen (in Zukunft automatisierten) PW verfügt, wird sich im Mobilitätsverhalten nur dann etwas ändern, wenn ein neues Regulativ (z.B. Mobility Pricing) Anreize für ein effizientes und ressourcenschonendes Mobilitätsverhalten setzt.

Im **Verkehr aus dem Umland** in die Agglomerationen und Kernstädte sind die Potenziale der multimodalen Transportkette geringer und der Autoanteil höher. Hier können kollektive automatisierte Verkehrsangebote zwischen ÖV und MIV und die Ausgestaltung von Umsteigemöglichkeiten im Aussenraum der Agglomerationen die Verkehrseffizienz verbessern.

Potenziale im Agglomerationsraum – Fallbeispiel Furttal

Das Projekt-Fallbeispiel Furttal ist eine geographisch abgrenzbare Region zwischen der Stadt Zürich und der Stadt Baden: Die Pendlerbeziehungen sind vor allem auf die Stadt Zürich ausgerichtet. Gemäss den Trendprognosen wird dies auch 2060 der Fall sein.



Das Furttal bleibt funktional ein Mischaum und, aufgrund der relativ schlechteren Anbindung an das übergeordnete Bahnnetz neben dem Limmattal, der zweite Korridor zwischen Zürich und Baden/Wettingen. Relevant ist auch die Topografie und die primäre Struktur des Furttals mit den charakteristischen Landschaftsräumen zwischen den Siedlungsbereichen. Im Vergleich zum dynamischen Limmattal ist eine 'urbane Intensivierung' vor allem in Affoltern und in Regensdorf zu erwarten. Die weiteren Gemeinden (Buchs und Dällikon) dürften ländlich bleiben.

Mit der Umsetzung der Verdichtungs- und der Netzstrategie (Tram-Nordtangente) wird Affoltern noch stärker Teil der Kernstadt. In Regensdorf steht eine starke Entwicklung im Bereich der Arbeitsplätze aber auch der Wohnnutzungen bevor. Die Funktion als bedeutende Agglomerationskerngemeinde und Subzentrum wird somit gestärkt. Dies macht die Gemeinde besonders affin für die Implementierung neuer urbaner Strategien, Technologien und Infrastrukturen. Verkehrsplanerisch interessant ist die Frage, wie Regensdorf in Zukunft als Verkehrsknotenpunkt ausgestaltet werden soll. Denkbar ist die Stärkung der Hubfunktion zwischen S-Bahn und Autobahn oder aber auch die Verlängerung des Stadtbahnkorridors von Affoltern nach Regensdorf über die Stadtgrenzen hinaus.

10 Anforderungen an das Regulativ

Basis dieses Kapitels ist insbesondere das folgende Forschungsprojekt
SVI 2017/005
Risiken und Chancen für das Regulativ und das Finanzierungssystem
 Suter, S.; Frank, J.; Buffat, M.; Neuenschwander, R. (Ecoplan AG)



10.1 Verkehrspolitische Herausforderungen

Neue Themen beeinflussen den bisherigen verkehrspolitischen Reformkurs

Alle Forschungsprojekte weisen auf die Relevanz des Regulativs hin und betonen, dass auf verschiedenen Ebenen neue Anforderungen entstehen, um die identifizierten Chancen und Herausforderungen proaktiv anzugehen.⁹ Es sind vor allem folgende neue Herausforderungen, die grundsätzliche Überlegungen bezüglich Rolle und Verständnis zwischen den verkehrspolitischen und den Marktakteuren bzw. zwischen öffentlichen und privaten Akteuren erfordern:

- **Automatisierte Fahrzeuge:** Die – internationale und nationale – Regulierung im Verkehr geht heute von der Grundannahme aus, dass Fahrzeuge von Personen gelenkt oder zumindest überwacht werden. Durch den stufenweisen Wegfall von Fahrzeugführern ändert sich vor allem langfristig die Ausgangslage für den Regulator im Verkehrsbereich grundsätzlich.
 - ▶ Wie soll dieser Systemwechsel gestaltet werden? Unter welche Bedingungen dürfen vollautomatisierte Fahrzeuge ohne Chauffeur verkehren?
- **Neue Infrastrukturpolitik und Verkehrsmanagement:** Die Digitalisierung der Infrastruktur und neue Steuerungsmöglichkeiten verändern die Anforderungen an den bisherigen Infrastrukturbegriff und die Rolle der öffentlichen Hand (Netze, Hardware, Verkehrsträger Strasse, Schiene, Luft). Dies insbesondere auch angesichts der Erwartung, dass die absehbaren Produktivitätspotenziale im Schienenverkehr geringer sein werden als im Strassenverkehr. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an die Resilienz der Infrastruktur aufgrund des Klimawandels.
 - ▶ Wie kann die Infrastruktur sicherer gemacht und gleichzeitig die Kapazität erhöht werden?
 - Was ist die zukünftige Rolle der einzelnen Verkehrsträger?
 - Welche Investitionen sind notwendig für eine intelligente Infrastruktur?
 - Wie sehen die zukünftigen Betreibermodelle aus?
- **Neue Mobilitätsdienstleistungen und Verständnis öffentlicher Verkehr:** Durch die zunehmende Vernetzung der Mobilitätsdienstleistungen und den langfristigen Potenzialen des Wegfalls von Chauffeurkosten vermischen sich individuelle, private und öffentliche Verkehrsdienstleistungen.
 - ▶ Welche Anforderungen sind an die Zulassung von neuen Mobilitätsdienstleistungen zu formulieren?
 - Wie soll Grundversorgung in Zukunft definiert werden?
 - Was ist die zukünftige Rolle der öffentlichen Hand bei der Bestellung und Finanzierung von Mobilitätsdienstleistungen?
 - Wie können kollektive neue Mobilitätsformen gefördert und damit der Auslastungsgrad gesteigert werden?
- **Neue Finanzierungs- und Pricing-Systeme:** Der sinkende Kostendeckungsgrad insbesondere aufgrund der sinkenden Mineralölsteuereinnahmen machen eine Finanzierungsreform im Strassenverkehr notwendig. Unabhängig von neuen Betreibermodellen der Infrastruktur ergibt sich ein Handlungsbedarf für neue Finanzierungs- und Pricing-Formen. Die heute diskutierten Mobility-Pricing-Konzepte erhalten dadurch eine Dynamik, auch bezüglich der Frage, wie die Tarifhoheiten zu

⁹ Daneben sind die bereits formulierten (und im Forschungsprojekt nicht vertieften) Anforderungen an die Raumordnungspolitik und die Umweltpolitik (v.a. Umsetzung der Klimaziele im Verkehrsbereich) von zentraler Bedeutung.

definieren sind.

► Wie sieht das Verkehrsfinanzierungssystem insbesondere mit Mobility Pricing aus bezüglich der Ziele sowie der Ausgestaltung zwischen Lenkung, Finanzierung und der Internalisierung externer Kosten?

- **Daten- statt Transportkompetenz:** Der Verkehr der Zukunft generiert und erfordert eine sehr grosse Menge von Daten, die selbst zu einem Markt werden. Entsprechend wird von grösster Bedeutung sein, welche Regeln für den Umgang mit Daten in Zukunft gelten sollen.
 - Welche Anforderungen an den Umgang mit privaten und öffentlichen Daten sollen in Zukunft gelten?
 - Wie können Daten allgemein zugänglich gemacht werden, um Monopole zu verhindern?
- **Umgang mit Unsicherheiten:** Wann automatisierte Fahrzeuge kommen, wann sie marktfähig und mehrheitsfähig werden, ist noch höchst unsicher. Noch stärker als früher muss das zukünftige Regulativ mit den Unsicherheiten flexibel umgehen.
 - Wie kann die Regulierung flexibel und dynamisch bleiben?
 - Welche Rollen können dabei auch Versuchsanordnungen und Pilotbetriebe übernehmen?
- **Gesellschaftlicher Diskurs:** Insbesondere die technologischen Potenziale erfordern eine hohe gesellschaftliche Akzeptanz, damit sie tatsächlich umgesetzt werden. Da diese Technologien nicht nur den Verkehr betreffen (z.B. künstliche Intelligenz), sondern das gesamte wirtschaftliche und gesellschaftliche Leben, ist ein laufender Diskurs notwendig.
 - Wie soll dieser gesellschaftliche Diskurs im Verkehr und insgesamt gestaltet werden?

10.2 Ausblick: Entwicklung des Regulativs

Insgesamt lassen sich zehn Regulierungsbereiche unterscheiden

Das Projekt «Risiken und Chancen für das Regulativ und das Finanzierungssystem» (Ecoplan 2020) hat insgesamt zehn Regulierungsbereiche identifiziert, bei denen folgende Themen und Elemente zu beachten sind. Der Fokus liegt dabei auf dem nationalen Regulativ (Bundesebene).

Tab. 12 Regulierungsfelder und -Themen

Regulierungsfeld	Regulierungsthemen	Wichtige Elemente
Verkehrsteilnehmer/in	<ul style="list-style-type: none"> • Zulassung private Fahrzeuglenker • Zulassung kommerzielle Fahrzeuglenker • Zugang zu Mobilität 	<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenzen und Anforderungen • Möglichkeiten mit Automatisierung • Anforderungen eingeschränkte Personen (Alter, Behinderung)
Transportunternehmen	<ul style="list-style-type: none"> • Strassenverkehr Taxi und Kleinbusse unter 9 Personen • Bus- und Carunternehmen • Bahn, Lufttransporte 	<ul style="list-style-type: none"> • Bewilligungen und Konzessionen • Transportpflichten, Service Public • Anforderungen Behindertengerechtigkeit • Preissetzung • Abgrenzung Verkehrsträger
Verkehrsmittel	<ul style="list-style-type: none"> • Alternative Antriebe • Automatisierte Verkehrsmittel • Schienen und Luftfahrzeuge 	<ul style="list-style-type: none"> • Sicherheitsanforderungen • Anforderungen fossilfreie Flotte (Grenzwerte, Abgaben) • Zulassung Automatisierungsgrade
Verkehrsinfrastruktur	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastrukturplanung • Bau- und Ausrüstung • Betrieb und Steuerung 	<ul style="list-style-type: none"> • Gestaltung und Normen • Digitalisierung • Zulassungsregeln, Steuerungsgrundsätze

Tab. 12 Regulierungsfelder und -Themen

Regulierungsfeld	Regulierungsthemen	Wichtige Elemente
Mobilitätsangebote	<ul style="list-style-type: none"> Zulassung und Anforderungen an die Infrastruktur Umgang mit Plattformanbietern 	<ul style="list-style-type: none"> Wettbewerbsverhältnisse Integration Bestellwesen Anforderungen an Tarifintegration, Datenzugang und -schutz Multimodale Angebote Plattformanbieter und Monopole
Verkehrsorganisation und Ablauf	<ul style="list-style-type: none"> Strassenverkehr: Nutzungsregeln, Tempolimits, Besetzungsgrade Schienenverkehr: Zugfolge 	<ul style="list-style-type: none"> Mischverkehr (automatisiert – nicht automatisiert; motorisiert – nicht motorisiert) Sicherungssysteme Trassenvergabe
Pricing und Finanzierung	<ul style="list-style-type: none"> Tariffhoheit Preisgestaltung 	<ul style="list-style-type: none"> Instrumente (Mobility Pricing, Klimaabgabe) Bezug zu öffentlichen Leistungen Bezug zu externen Kosten
Folgeeffekte, Auswirkungen	<ul style="list-style-type: none"> Konsumentenrechte Ratings Haftung und Strafbarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> Überwachung, Personensicherheit Benchmarking und Controlling
Daten	<ul style="list-style-type: none"> Daten als Ressourcen Datensicherheit und Cyber Security Datenschutz 	<ul style="list-style-type: none"> Open-Source-Ansätze Rolle der öffentlichen Hand
Regulierungsfeld ausserhalb des Verkehrsbereichs	<ul style="list-style-type: none"> Raumplanung und Baugesetzgebung Kommunikationsinfrastruktur Arbeitsmarkt Energiemarkt – Stromproduktion 	<ul style="list-style-type: none"> Vorgaben in den jeweiligen Politikfeldern

Grundlage: Ecoplan

Mögliche strategische Optionen: 'Laissez faire' und 'proaktiv steuern'

Die konkrete Ausgestaltung der Regulierungsfelder hängt davon ab, welches Zielsystem und welche grundsätzliche politische Haltung eingenommen werden soll. Dabei gibt es insbesondere zwei mögliche Ecklösungen von Ausrichtungen. Diese sind abhängig vom Grundverständnis der Mechanismen zwischen Marktwirtschaft und Politik:

Tab. 13 Mögliche Ausrichtungen zur Ausgestaltung der Regulierungsfelder

Laissez faire	Proaktiv steuern
<ul style="list-style-type: none"> Marktorientiert, Glaube an Wettbewerb Private Lösungsansätze im Vordergrund, inkl. Privatisierungen, Einbezug von «Smart Regulation» mit flexiblem Instrumentarium Zurückhaltende Regulierung, reaktiv, «behind the curve» wenn machbar «Ökonomisch»: Staatseingriffe v.a. bei drohendem Marktversagen Instrumente: Selbstregulierung, Anreize im Vordergrund 	<ul style="list-style-type: none"> Geringerer «Markt Glaube», Vermeidung von Marktmacht Verkehrsbereich «systemrelevant» für gesamte Volkswirtschaft: Erreichtes nicht gefährden (z.B. Infrastrukturqualität Strasse und Schiene, ÖV-Angebotsqualität) Gesicherte und regulierte Grundversorgung Stärkere Steuerung durch Regulierung, mehr «ahead of the curve», z.B. Forcierung von erwünschten Entwicklungen
<ul style="list-style-type: none"> Chancen: Neue Angebote können sich rasch etablieren, neue Geschäftsmodelle entwickeln sich; echte Disruptionen werden unterstützt, Grössenvorteile werden genutzt. Risiken: Marktmacht, unerwünschte Effekte (Sicherheit, Gesundheit, Umwelt, Raum), Erosion des öffentlichen Verkehrs. 	<ul style="list-style-type: none"> Chancen: Innovationen sind ausgereift und negative Effekte (z.B. Rebound, Monopole) können vermieden werden. Risiken: Potenziale von neuen Technologien und Angeboten werden aufgrund fehlender Anreize und Grössenvorteile nicht genutzt; echte Disruptionen finden nicht statt.

Grundlage: Ecoplan

Aus Sicht der Verkehrspolitik sind insbesondere die im Folgenden beschriebenen Regulierungsfelder prioritär.

Handlungsfeld Transportunternehmen und Mobilitätsangebote

Je nach Strategie unterliegt insbesondere das heutige Personenbeförderungsregulativ und der Schienenverkehr starken Veränderungen. Die beiden strategischen Optionen führen dabei zu unterschiedlichen Schwerpunkten.

Tab. 14 Mögliche Ausgestaltung im Handlungsfeld Transportunternehmen und Mobilitätsangebote

Laissez faire	Proaktiv steuern
<ul style="list-style-type: none"> • Konzessionen nur noch für den schienengebundenen ÖV (Bahn, Metro) • Auf der Strasse freier Wettbewerb unter definierten Rahmenbedingungen (u.a. zum Verkehrsablauf) • Erteilung von Zulassungsbewilligungen ohne weitere Einschränkungen für gewerbsmässige Anbieter von Robo-Taxi-Dienstleistungen (individuell-kollektiv) • Umnutzungen von Schienentrassen: Von Marktentwicklung abhängig • Sicherung der Grundversorgung über nachfrageorientierte Ansätze wie Beiträge an automatisierte Fahrzeuge, Fahrtengutscheine, Steuerabzüge für Mobilität, Anreize für den nichtgewerbsmässigen privaten Kollektivverkehr • Gebietskonzessionen an mehrere kommerzielle Robo-Taxi-Anbieter, Vergabe im Wettbewerb (Ausschreibungen/Auktionen), keine Abgeltungen • Freier Markt für Plattformanbieter 	<ul style="list-style-type: none"> • ÖV als Rückgrat des interurbanen und städtischen Verkehrssystems • Konzessionen für leistungsstarken schienen- und strassengebundenen ÖV mit Zulassungswettbewerb • Zulassungsbewilligung plus Betriebsbewilligung für gewerbsmässige Anbieter von Robo-Taxi- und Robovan-Dienstleistungen mit Auflagen (z.B. Gefässgrösse, Auslastung, Betriebszeiten, Benutzung von Busspuren und Haltestellen des ÖV) • Bestellungen/Abgeltungen im ÖV: Von Marktentwicklung abhängig • Gebietskonzessionen und Zulassung von automatisierten On-Demand-Angeboten im ländlichen Raum • Stark regulierte Markt für Plattformanbieter bez. Datenzugang,

Grundlage: Ecoplan

Handlungsfeld Verkehrsregulierung

Eine grosse Herausforderung besteht darin, das zukünftige Verkehrssystem in Richtung 'Kollektive Mobilität' zu entwickeln. Im Fokus stehen dabei Sharing- und Pooling-Lösungen, die den ÖV entweder ergänzen oder ersetzen. Der Auslastungsgrad kann je nach strategischer Option unterschiedlich gesteuert werden.

Tab. 15 Mögliche Ausgestaltung im Handlungsfeld Beeinflussung des Besetzungsgrades

Laissez faire	Proaktiv steuern
<ul style="list-style-type: none"> • Keine ex-ante regulativen Massnahmen zur direkten Steuerung des Besetzungsgrades • «Marktlösung» bei Preissetzung im Verkehr als zentraler Ansatz 	<ul style="list-style-type: none"> • Ziel: maximale Nutzung der bestehenden Infrastruktur, Verzögerung des Ausbaubedarfs bzw. Schaffung von Optionen für Verkehrsflächenreduktionen • Steuerung des Besetzungsgrades über verschiedene zusätzliche Instrumente mit vergleichsweise hoher Interventionsstärke: <ul style="list-style-type: none"> • Privilegien in der Infrastrukturnutzung (separate Fahrstreifen, Brücken, Parkflächen etc. nur für Fahrzeuge mit hoher Auslastung), allenfalls kombiniert mit einer gesamthaften Reduktion der für den motorisierten Verkehr verfügbaren Verkehrsfläche • Privilegien für gut ausgelastete Fahrzeuge bei Verkehrsregeln (z.B. Vortritt bei Kreuzungen) • Einschränkung von Leerfahrten (z.B. Deckelung Anteil an gesamter Fahrleistung, Zonen/Strecken/Zeiten mit Leerfahrtenverbot) • Erhöhung der Nutzerkosten für Fahrzeuge mit geringer Belegung über das Pricing • Einschränkungen beim Privatbesitz von automatisierten Fahrzeugen (z.B. Mindestvermietungspflicht, Kaufverbot)

Grundlage: Ecoplan

Handlungsfeld Pricing und Finanzierung

Das zukünftige Pricing-System (Mobility Pricing) soll vor allem die Finanzierung sichern und gleichzeitig einen Beitrag zur Steuerung des Verkehrssystems leisten.

Tab. 16 Mögliche Ausgestaltung im Handlungsfeld Pricing und Finanzierung

Laissez faire	Proaktiv steuern
<ul style="list-style-type: none"> • Private Infrastruktureigner • Pricing durch den Infrastruktureigner, u.a. zur Finanzierung der Infrastruktur und zur Erfüllung von Verkehrsmanagementvorgaben • Infrastrukturbenutzungsabgaben mit ausschliesslichem Abgabenobjekt «Fahrzeug» • Strasse und Schiene: grundsätzlich gleich, Robo-Taxi-Anbieter mit Tarifgestaltungsfreiheit, solange keine Konzession im Spiel ist, mit exklusiver Konzession: Tarifregulierung wegen Monopolsituation • Vorgaben für einen harmonisierten technisch-operativen Infrastrukturbetrieb 	<ul style="list-style-type: none"> • Verkehrsinfrastruktur in öffentlichem Eigentum • Neues Gesamtfinanzierungssystem für den Landverkehr auf Strasse und Schiene (Güter- und Personenverkehr), mit Rückwirkungen auf alle drei Staatsebenen • Ausrichtung des Pricings an der Stossrichtung von Mobility Pricing: Verkehrsfinanzierung mit fahrlleistungsabhängiger Abgabe, Kostenwahrheit und Verkehrssteuerung (Vorgaben zur Differenzierung des Pricings z.B. nach Fahrzeuggrösse/Flächenbeanspruchung, nach Tageszeit, nach Auslastung etc.) • Technisch-operative Umsetzung («real time») soweit sinnvoll/machbar

Grundlage: Ecoplan

10.3 Regulatorischer Handlungsbedarf

Wie sich das Verkehrssystem in der Schweiz im Zuge der neuen Treiber im Verkehr entwickeln wird, hängt nicht von den Regulierungen im Jahr 2060 ab, sondern von jenen im Zeitraum davor. Sie entscheiden über Weichenstellungen, deren Auswirkungen sich erst im Zeitverlauf manifestieren werden. Zu unterscheiden sind insbesondere zwei Arten von Entwicklungen und verkehrspolitischen Entscheiden:

- Organische Entwicklungen, die es ermöglichen, zukünftige Entwicklungen sukzessive zu regulieren. Die Entscheide können stufenweise fallen. Dazu gehört beispielsweise die Regulierung der Automatisierung bis zu Level IV, die verschiedene Zulassungsentscheide erfordern, die – in internationaler Absprache – erfolgen. Ein anderes Beispiel ist die Zulassung von automatisierten Nischenangeboten wie beispielsweise Lufttaxis.
- Grundsatzentscheide, die eine Entwicklung in die eine oder andere Richtung ermöglichen. Diese Entscheide müssen früh (unter Einbezug von Risikoerwägungen) gefällt werden, um neue Entwicklungen in grossem Stil zuzulassen (oder eben nicht). Dazu gehört ein Konsens, inwieweit eine hochautomatisierte Verkehrswelt erstrebenswert ist und insbesondere Infrastrukturausbauten entlasten kann und wann die erste Infrastruktur nur noch für hochautomatisierte Fahrzeuge benutzt werden darf. Von grosser Tragweite ist der Entscheid, wann vollautomatisierte Fahrzeuge ohne Begleitung genutzt werden dürfen, weil erst dann die ermittelten Kostenvorteile voll greifen. Dieser Entscheid (weil künstliche Intelligenz eine grosse Rolle spielt) hat auch eine ethische Tragweite. Kurzfristig sind Entscheide von grosser Tragweite, inwieweit grosse Plattformanbieter in den Markt eingreifen können und wie sich der öffentliche Verkehr entwickeln soll. Dies hat sich beispielsweise bei der Zulassung des Uber-Geschäftsmodells gezeigt und weist auch eine ordnungspolitische Dimension auf.

Die folgende Abbildung zeigt die zentralen regulativen Themen auf der Zeitskala. Von zentraler Bedeutung sind insbesondere Zulassungsfragen und der Umsetzungspfad der Automatisierung mit den dazu gehörenden flankierenden Massnahmen. Die Fristigkeit kann grob folgendermassen konkretisiert werden:

Kurzfristig: In den nächsten fünf bis zehn Jahren (bis 2030)

Mittelfristig: In zehn bis 20 Jahren (bis 2040)

Langfristig: Ab dem Jahr 2040.

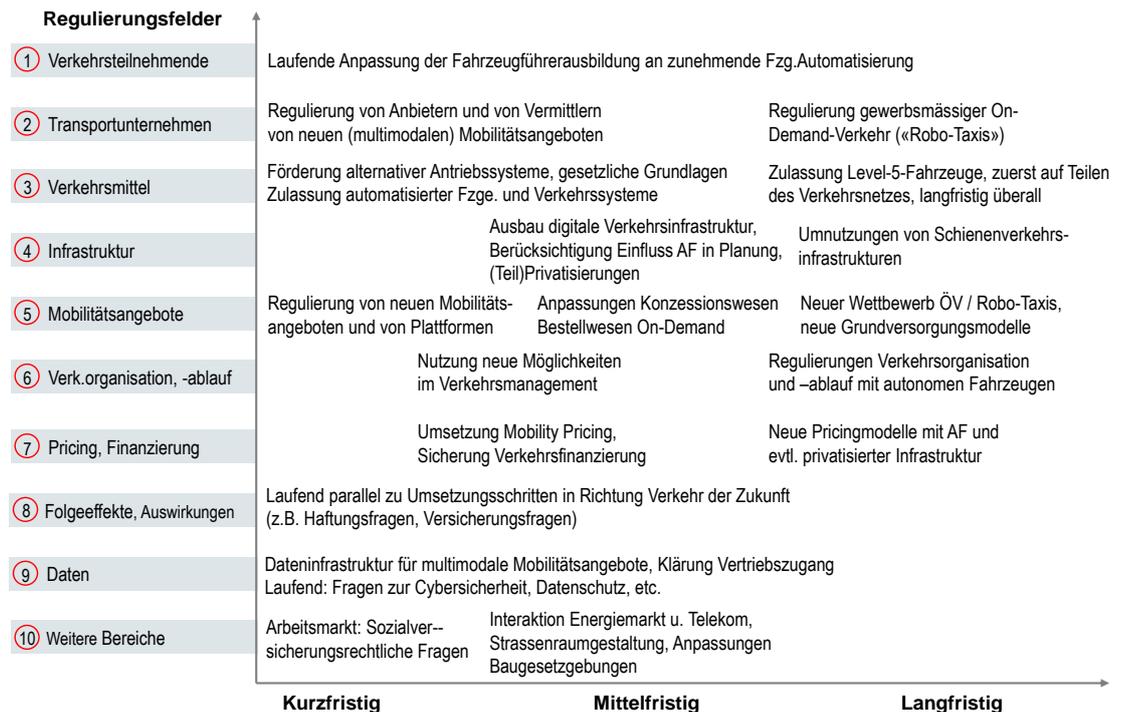


Abb.18 Einschätzung der Fristigkeiten des identifizierten regulatorischen Handlungsbedarfs
Quelle: Ecoplan

Die Stossrichtungen dieser 'verkehrspolitischen Agenda' orientieren sich an folgenden Erkenntnissen aus dem Forschungsprojekt:

- Die Zulassung von (voll)automatisierten Fahrzeugen erfordert grundsätzliche Änderungen im Zulassungsverfahren. Eine internationale Koordination ist unerlässlich.
- Mobilitätsvermittler und Betreiber von neuen automatisierten Fahrzeugflotten können zu wichtigen Akteuren im Verkehrsmarkt werden. Diese teilweise neuen und "verkehrsfremden" Akteure werden mit neuen Geschäftsmodellen auf den Markt drängen und arrivierte Akteure (v.a. im ÖV) fordern. Es ist zu entscheiden, welche Rolle diese mitunter ausländischen Akteure spielen können und sollen.
- Die Frage "privat" oder "öffentlich" wird sich im Verkehr neu stellen. Der Verkehr der Zukunft eröffnet neue Optionen für private kommerzielle Lösungen und dies auch im Verkehrsinfrastrukturbereich (inkl. Finanzierung).
- Wegen veränderten Wettbewerbsverhältnissen sind Konzessionen und Bewilligungen sowie das Bestellwesen neu und differenzierter auszugestalten.
- Die Infrastrukturentwicklung wird noch einige Zeit mit Unsicherheiten bezüglich der positiven Kapazitätseffekte des Verkehrs der Zukunft leben müssen. Die Gefahr von "sunk investments" besteht, mit einer rollenden Planung und Infrastrukturumnutzungen kann sie reduziert werden.
- Das Verkehrsfinanzierungssystem der Schweiz (Fokus Infrastruktur) muss auf eine neue Grundlage gestellt werden. Als Bemessungsgrundlage für Abgaben und Steuern steht die Fahrleistung der Fahrzeuge im Vordergrund. Es bestehen aber noch grosse Unsicherheiten darüber, wie sich Ausgaben und Einnahmen im Verkehrsbereich im Zeitverlauf entwickeln werden.
- Wenn vermehrt private kommerzielle Akteure Mobilitätsdienstleistungen erbringen werden, wird die Preisgestaltungsfreiheit an Bedeutung gewinnen. Das wird zu einer neuen Ausgangslage für die Ausgestaltung des Mobility Pricings führen.
- 'Big Data' im Verkehrsbereich eröffnet neue Möglichkeiten für das Verkehrsmanagement. Die Frage der Rollenverteilung zwischen privaten und öffentlichen Akteuren wird sich neu stellen.
- Bei Anpassungen des Regulativs wird die Verteilung der künftigen hoheitlichen Zuständigkeiten zu diskutieren sein. Es zeichnet sich ein Bedeutungszuwachs der internationalen und nationalen Ebene ab.

11 Würdigung des Forschungspakets und Folgerungen



11.1 Würdigung der Forschungsergebnisse

Zukunftsforschung zwischen Systemanalyse und Science-Fiction

Es ist ein hehrer Forschungsanspruch, sich fundiert mit langfristigen Entwicklungen in einem komplexen Umfeld mit grossen Unsicherheiten auseinanderzusetzen. Es gilt, eine Balance zwischen trendorientiertem Denken und revolutionärem (out of the box) Denken zu finden. Die entwickelten Szenarien und Zukunftsbilder haben dazu beigetragen, dass ein systemorientierter mehrschichtiger Expertendialog stattgefunden hat, der insbesondere die wichtigen Einflussfaktoren, deren Chancen und Risiken sowie deren Bedingungen für einen sinnvollen Einbezug in die verkehrsplanerische und verkehrspolitische Zukunft ausgelotet hat. Aus methodischer Sicht ist festzuhalten, dass diese Bilder auf den sich heute abzeichnenden Entwicklungen aufbauen und geprägt sind vom laufenden Diskurs der Zukunftsmobilität, der während der Erarbeitung der Forschungsergebnisse auch eine breite Öffentlichkeit beschäftigt hat und weiter beschäftigen wird. Insofern sind auch die quantitativen Resultate aus den erarbeiteten Modellen in erster Linie eine Illustration von möglichen Entwicklungen, die auf ganz bestimmten Annahmen beruhen, insbesondere, dass der Verkehr der Zukunft grosse Automatisierungs- und Effizienzpotenziale aufweist, deutlich professioneller und rationaler als heute abgewickelt werden kann und dadurch auch der Verkehr als Dienstleistungsprodukt ('Commodity') an Bedeutung gewinnt. Dies hängt zusammen mit der Erwartung, dass Skaleneffekte und Automatisierung den Preis der zukünftigen Mobilität signifikant beeinflussen können.

Technologische Potenziale mit Wahlfreiheit

Die heute sichtbaren schwachen Signale im technologischen Bereich der Digitalisierung, Automatisierung und künstlicher Intelligenz stehen dabei im Fokus. Während bei den Treibern 'Demografie', 'Raumentwicklung' und 'Klima' relativ solide Aussagen zu deren Entwicklungen und Auswirkungen auf die Mobilität gemacht werden können, ist die Unsicherheit bezüglich Diffusion und Disruption neuer Technologien deutlich grösser. Dies liegt aber auch daran, dass die Gesellschaft, Wirtschaft und Politik hier eine Wahl haben: Wie viel Automatisierung und Vernetzung wir wollen, können wir grundsätzlich selbst bestimmen. Wollen wir in grossem Stil automatisierte Mobilität und neue Businessprofile zu niedrigen Preisen (mit dem Risiko von Mehrverkehr und Datenrisiken) oder wollen wir gezielt darauf hinwirken, dass die zu erwartenden Effizienzpotenziale genutzt und unerwünschte Nebeneffekte eliminiert werden, als expliziter Beitrag zur Lösung heutiger und zukünftiger Verkehrsprobleme (mit dem Risiko, dass sich gewisse Angebote nicht durchsetzen, weil die Marktverhältnisse zu wenig attraktiv sind)? Die Ergebnisse des Forschungspakets dienen hier dazu, dass die zu diskutierenden Fragen und Konflikte explizit sichtbar werden, als Basis für einen Prozess, laufend mit den neuen Themen umzugehen. Die grösste Herausforderung besteht in der Infrastrukturpolitik: Aufgrund der Langfristigkeit von Infrastrukturentscheiden (Strasse, Schiene, neue Systeme) ist es wichtig, sich rasch Klarheit zu verschaffen, wie die zukünftigen Entwicklungen (z.B. Digitalisierung der Infrastruktur, Potenziale automatisiertes Fahren, Umgang mit Mischverkehr) diese Entscheide beeinflussen.

Es kann auch anders kommen

Die Vergangenheit lehrt uns, dass plötzlich eintretende exogene Ereignisse einen massgeblichen Einfluss auf das Mobilitätsverhalten ausüben können. Ob diese nachhaltig sind oder nicht, ist hingegen eine andere Frage. Konsequenterweise folgt das Forschungspaket den heute geltenden Paradigmen von (globaler) Wirtschaft und (offener) Gesellschaft. Daraus folgt die Grundhaltung, dass unerwartete Einflüsse die einen oder anderen Treiber zwar negativ oder positiv beeinflussen können (bremsen oder beschleunigen), aber nicht in ihrer grundsätzlichen Wirkungsweise negieren. Ein gutes Beispiel für einen unerwarteten exogenen Einfluss könnte die Corona-Krise 2020 sein, die

unter Umständen die Digitalisierung im Bereich Home-Office beschleunigt hat und so einen Beitrag zum Brechen von Verkehrsspitzen leisten könnte. Die Corona-Krise könnte aber auch die positive Werthaltung gegenüber kollektiven Verkehrsangeboten langfristig in Frage stellen und damit die Effizienz im Verkehr massiv reduzieren.

11.2 Folgerungen und Fazit

Die folgenden Ausführungen übertragen und ergänzen die Erkenntnisse aus den einzelnen Forschungsprojekten aus Sicht der Paketleitung für die drei Themenbereiche Verkehrspolitik, Verkehrsplanung und Verkehrsforschung.

11.2.1 Verkehrspolitik

Es geht hier nicht darum, das eine oder andere Zukunftsbild zu präferieren. Dennoch haben die Szenarioanalysen gezeigt, dass eine beliebige Individualisierung in Zusammenhang mit der Nutzung der automatisierten Fahrzeuge zwar möglicherweise eine 'schöne neue Verkehrswelt' hervorbringen, Kapazitätsprobleme aber nicht lösen und unerwünschten Flächen- und Ressourcenverbrauch erzeugen. Fossilfreie Antriebe sind zwar eine wichtige Voraussetzung für eine klimaverträgliche Zukunft und grundsätzlich unabhängig von den analysierten Zukunftsbildern. Es ist aber nicht davon auszugehen, dass die Technik alle Verkehrsprobleme lösen kann. Entsprechend wird es – auch angesichts der mit der demografischen Entwicklung einhergehenden, steigenden demografischen Nachfrage – unerlässlich, dass die Effizienzpotenziale proaktiv genutzt werden können. Mit dem erarbeiteten regulatorischen Handlungsbedarf (vgl. Kapitel 10) sind die wichtigsten Meilensteine genannt. Diese gilt es nun stufenweise weiter zu analysieren, zu konkretisieren und umzusetzen.

Auseinandersetzung mit Schlüsselthemen:

- **Strasseninfrastruktur:** Die identifizierten Schlüsseltechnologien leisten grosse Beiträge zur Steigerung der Sicherheit und – zumindest theoretisch – zur Kapazität. Allenfalls ergeben sich gerade bei diesen beiden Zielen gewisse Konflikte, z.B. wenn es um die Parametrisierung der Abstände von automatisierten Fahrzeugen geht. Die Schlüsselfragen betreffen die Investitionen in die Digitalisierung der Infrastruktur, die Zulassung von hoch automatisierten Fahrzeugen und Platooning sowie das Setzen von Anreizen Effizienzpotenziale zu nutzen (insbesondere bezüglich Auslastung der Verkehrsmittel und der Relevanz von individuellen bzw. kollektiven Verkehrsmitteln). Aller Voraussicht nach wird es eine lange Übergangsphase mit Mischverkehr geben. Entscheidende Fragen betreffen dabei den Umgang mit der Zeitspanne dieses Mischverkehrs bzw. den Zeitpunkt, wann auf bestimmten Infrastrukturen (aller Voraussicht nach Autobahnen oder geschlossene Systeme in Teilräumen) nur noch vollautomatisierte Fahrzeuge zugelassen werden sollen und welche Implikationen das auf den Ausbau der Infrastrukturen (z.B. Soft- statt Hardware) haben wird.
- **Bahninfrastruktur:** Im Fernverkehr und im S-Bahnbereich wird die Bahn auch in Zukunft eine wichtige Rolle als Rückgrat der multimodalen Transportkette spielen. Ähnlich wie im Strassenverkehr bestehen grosse Potenziale in der Digitalisierung der bestehenden Infrastrukturen, hier vor allem bezüglich der Steigerung der Kapazitäten. Damit sind aber erhebliche Investitionen verbunden. Es gilt also (rasch) die Frage zu klären, inwieweit damit auch Finanzmittel für Streckenausbauten gespart werden, um einen optimalen Investitionspfad definieren zu können. Umgekehrt besteht auf Nebenlinien Abklärungsbedarf, ob mit neuen automatisierten Mobilitätsformen die Strasse oder die Schiene zu priorisieren ist. Dies kann zu einer Beschleunigung des bereits laufenden Umstellungsprozesses im ländlichen ÖV führen.
- **Grundversorgung und Relevanz des ÖV in Zukunft:** Die Effizienzpotenziale von multimodalen Angeboten sollen zur Vergünstigung und Verbesserung von Basisleistungen im Verkehr führen, die heute der ÖV erbringt. Damit stellen sich Fragen der Zulassung von solchen Angeboten und der Neudefinition von Grundversorgung und

deren Umgang (Bestellung und Finanzierung). Diese Fragen betreffen die zukünftige Entwicklung des Personenbeförderungsrechts, die Ausgestaltung und vertikale Aufgabenteilung im Konzessionsrecht sowie Fragen der Rolle der öffentlichen Hand in der ÖV-Planung, wenn On-Demand-Angebote an Bedeutung gewinnen.

- **Güterverkehr-Verlagerungspolitik:** Die Automatisierung und Elektrifizierung bzw. fossilfreien Antriebe sowie die Aussicht, dass mit Platooning und grösseren Fahrzeugen der Langdistanzverkehr im Güterstrassenverkehr an Bedeutung gewinnt, sind sowohl Chance und Risiko für den verkehrspolitisch unterstützten kombinierten Verkehr Strasse-Schiene im internationalen Verkehr. Hier gilt es die Frage zu klären, inwieweit die Potenziale genutzt werden können, ohne die Errungenschaften der Verlagerungspolitik (vor allem im Alpen transit) aufs Spiel zu setzen.
- **Mobility Pricing zwischen Finanzierung, Lenkung und Internalisierung der externen Kosten:** Die Umrüstung auf fossilfreie Antriebe (und damit das Wegbrechen der Einnahmen der Mineralölsteuer), die Relevanz von Anreizsystemen zum Brechen von Verkehrsspitzen und die Steigerung der Auslastung und Shared Mobility bedürfen einer Umstellung des Finanzierungssystems in Richtung anreizorientierte fahrleistungsabhängige Bepreisung. Dabei ist auch das heute geltende Faktum zu berücksichtigen, dass der Verkehr «zu billig» ist, weil gewichtige externe Kosten nicht verursachergerecht angelastet sind. Wenn die Digitalisierungs- und Automatisierungspotenziale im Verkehrsmarkt greifen, könnte Verkehr sogar noch günstiger werden.
- **Städtische Verkehrspolitik:** Im Zentrum der städtischen Verkehrspolitik steht das Hinwirken auf eine multimodale Mobilität mit einem starken ÖV-Rückgrat und einem attraktiven Velo- und Fussverkehr, ergänzt mit einer kollektiven Nutzung automatisierter Fahrzeuge mit professionellen On-Demand-Angeboten. Von grosser Relevanz ist dabei die Ausgestaltung von Hubs, die Vernetzung von Kernstadt und Agglomeration und das Entwickeln der Potenzialräume, die gleichzeitig auch Labors für zukünftige Mobilitätsformen darstellen können.
- **Vernetzung der Verkehrspolitik und Governance:** Raumordnungspolitik, Telekom, Datensicherheit, Elektrifizierung, grenzüberschreitende Verkehrspolitik, vertikale Arbeitsteilung und weitere neue Antriebsformen oder die Neudefinition des öffentlichen Verkehrs sind nur einige Stichworte, die grosse Anforderungen an eine Neuorganisation der Verkehrspolitik stellen. Die Arbeitsteilung von MIV und ÖV, von Schiene und Strasse und der Einfluss von anderen Sektoren bedarf einer Neuausrichtung, um die verkehrspolitische Agenda im Gleichschritt mit parallel laufenden Entwicklungen (etwa die Anforderungen an eine klimaverträgliche Verkehrspolitik) umsetzen zu können.
- **Faire Wettbewerbsbedingungen und lernende Systeme:** Die «Kunst» wird darin bestehen, zwischen Zulassen und Steuern die notwendige Balance zu finden, um Neues zu ermöglichen, aber mögliche negative Wirkungen zu antizipieren. Das bedarf einerseits eines Grundkonsenses über die Rahmenbedingungen («level playing field»), wie alte und neue Akteure sich in etablierten Märkten bewegen dürfen, andererseits eines gemeinsamen Verständnisses bezüglich Entwicklungs- und Lernkultur, in der Probieren («trial and error») und Scheitern akzeptierte Vorgehensweisen sind.

Zu beachten ist, dass sich die Rollenteilung zwischen den hoheitlichen Akteuren (Bund, Kanton, Städte) und der Wirtschaft wandeln wird. Bei der Zulassung von neuen Technologien und Angebotsformen rücken der Bund (als nationaler Regulator) und die Wirtschaft (als zentraler Player) in den Vordergrund. Deshalb bedarf es bei gewissen Themen (v.a. bez. Umgang mit der Automatisierung) bereits früh klarer Entscheide, um den Weg für die stufenweise Umsetzung transparent und planbar zu gestalten.

11.2.2 Verkehrsplanung

Mit der Digitalisierung, der automatisierten Mobilität, den neuen Mobilitätsformen mit On Demand-Angeboten ergibt sich ein Paradigmenwechsel in der Verkehrsplanung: Bereits eingeleitet ist die Abstimmung zwischen Raumplanung und Verkehrsplanung (Sachplan Verkehr, Agglomerationsprogramme). Auf der Nachfrageseite spielen Prognosen und

Bedürfnisse von neuen verhaltenshomogenen Typen eine zentrale Rolle. Diese Bedürfnisse sind sowohl von der Bevölkerungsstruktur als auch der Raumentwicklung abhängig.

Neu muss die Verkehrsplanung vermehrt die Marktentwicklung berücksichtigen: Die von einer Nachfrageprognose hergeleiteten notwendigen Angebote können in unterschiedlicher Form bereitgestellt werden. Bei der Herleitung eines Infrastrukturbedarfs sind nicht nur die physischen Verkehrsnetze relevant, sondern auch die digitale Infrastruktur (z.B. Telekom-Netz, Stromversorgung, Datenerfassungsinfrastruktur) sowie die dabei relevanten Betreibermodelle und Steuerungsprinzipien und Verknüpfungsinfrastrukturen (z.B. Mobilitätshubs). Dies erfordert noch stärker als bisher ein Variantendenken und flexible dynamische Ansätze, die einerseits innovativen Marktentwicklungen Raum lassen und andererseits den Unsicherheiten bezüglich der Marktreife von neuen Mobilitätsformen Rechnung tragen. Zudem ist zu berücksichtigen, dass (je nach Regulierungsansatz) die relevanten Marktdaten vermehrt privatwirtschaftlicher Natur sein können.

Auseinandersetzung mit Schlüsselthemen:

- **Klassifizierung der Angebote und Datengrundlagen:** Neue Infrastrukturformen und Verkehrsarten benötigen eine Anpassung der Klassifizierung, um die identifizierten Fortbewegungsformen und Mobilitätsservices in der Verkehrsplanung zu verankern. Neben den in Kapitel 4 dargestellten Mobilitätstypen geht es auch um die Definition einer digitalen bzw. einer intermodalen Infrastruktur. Eine wichtige Rolle spielen dabei die zur Verfügung stehenden Informationsgrundlagen. Dies ist nicht nur für die Verkehrsstatistik relevant, zum Beispiel die zukünftige Entwicklung des Mikrozensus Mobilität und Verkehr, sondern auch für den Zugang und Einbezug von (privatwirtschaftlichen) Daten. Dazu bedarf es neuer Regelungen mit «Open Source»-Lösungen. Ein Beispiel dafür ist die Erfassung von Stauinformationen und Kapazitätsgrundlagen im Strassenverkehr, die vermehrt durch private Anbieter von Routeninformationssystemen erfasst werden.
- **Infrastrukturplanung:** Die Frage, inwieweit alternative Möglichkeiten gegenüber einem reinen Infrastrukturausbau (Hardware) für einen Kapazitätsausbau oder eine bessere Erreichbarkeit zweckmässig sind, wird in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Eine Herausforderung besteht zudem darin, hoheitliche Infrastrukturplanung (Strasse, Bahn) und neue Verkehrssysteme abzustimmen. Dies hat einen Einfluss auf die Variantenwahl von Infrastrukturprojekten und den Evaluationsprozess: Dabei ändert sich auch die Nutzendimension: Bei der Evaluation beispielsweise wird der Reisezeitbegriff (heute einer der Hauptnutzen bei der Evaluation von Infrastrukturprojekten) in Zukunft – im Lichte von On-Demand-Verkehren und Alternativtätigkeiten während der Fahrt – neu zu definieren sein. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Erfassung der letzten Meile und die Evaluation von multimodalen Mobilitätsformen inkl. deren Umsteigemöglichkeiten.
- **ÖV-Planung:** Dank neuer Mobilitätsangebote ergeben sich insbesondere in der ÖV-Angebotsplanung neue Herausforderungen. In Zukunft wird es vermehrt darum gehen, Business Cases und deren Regulierung in der Planung im Gesamtverkehrssystem zu berücksichtigen. Die Vernetzung dieser Angebote und die Schnittstellen zum ÖV-Rückgrat (in der Regel Bahnnetze) und zur Strasseninfrastruktur werden zum integralen Bestandteil der Planung. Das Zusammenspiel zwischen der öffentlichen Hand als Infrastrukturbesitzer und als Besteller mit den heutigen Infrastrukturbetreibern und Transportunternehmungen und potenziellen neuen Anbietern erfordert neue wettbewerbsorientierte und flexible Planungsansätze, um die angebotsseitigen und finanziellen Potenziale auszuloten.
- **Verkehrsszenarien und -prognostik:** Weil die Wechselwirkungen zwischen Nachfrage und Angebot in Zukunft an Bedeutung gewinnen, steigt der Anspruch, mit Unsicherheiten – insbesondere bezüglich technologischer Entwicklung – bei Nachfrageprognosen explizit umzugehen. Umso grösser wird die Notwendigkeit, mit Szenarien zu arbeiten und diese in einen Gesamtzusammenhang zu stellen. Ein prozessorientierter Ansatz (dynamischer Umgang mit Langfristentwicklungen) wird gegenüber Punktprognosen für fixe Zeitpunkte an Bedeutung gewinnen.

- **Neuer Umgang mit Verkehrsspitzen:** Nach wie vor ist ein Grossteil der Verkehrsplanung auf die Bewältigung von Spitzenbelastungen ausgerichtet. Alle analysierten Treiber (z.B. demografische Alterung, Klima, Sharing-Angebote, digitale Arbeitsformen, Co-Working-Spaces, Komfortsteigerung dank automatisierten Fahrzeugen im Stau) haben hier einen gewichtigen Einfluss. Der Pendlerverkehr als eigenständiger Verkehrszweck wird sich immer mehr relativieren. Es ist zu erwarten, dass die Spitze breiter wird und insbesondere Nacht-Angebote eine immer grössere Rolle in der Verkehrsplanung spielen. Auf der anderen Seite können klimabedingte Verkehrsspitzen neue Herausforderungen darstellen.
- **Verkehrsplanung in Städten und Raumtypen:** Eine grosse Bedeutung erhält der Agglomerationsraum ausserhalb der Kernstädte als Zone der urbanen Intensivierung. Umso wichtiger wird es in Zukunft sein, die Übergangsräume zwischen den urbanen und den ländlichen Räumen klar zu definieren und entsprechende Strategien für den verkehrsplanerischen Umgang (Erreichbarkeit) zu entwickeln.
- **Kontinuierliches Monitoring und Evaluation von Versuchsanordnungen:** Um mit den skizzierten Unsicherheiten bei der Diffusion von neuen Entwicklungen proaktiv umzugehen, braucht es eine ständige Beobachtung des internationalen Technologie- und Mobilitätsmarktes. Pilotbetriebe und kontrollierte Versuchsanordnungen (abgestimmt mit Evaluationen und der Verkehrsforschung) können zudem weitere Erkenntnisse über Wirkungen und Potenziale hervorbringen.

11.2.3 Verkehrsforschung

Aus dem Forschungsanspruch, in die 'übernächste Geländekammer' zu schauen, ergeben sich aus den Forschungsprojekten auch diverse Anregungen für Vertiefungen auf der Forschungsebene. Diese haben sowohl eine methodische als auch eine inhaltliche Dimension. Aus methodischer Sicht geht es um neue Ansätze (auch in Verbindung mit bestehenden), um mit Zukunftsthemen, deren Inhalt, Evaluation und Modellierung umzugehen. Aus inhaltlicher Sicht stehen die Konkretisierung von Zukunftsthemen und deren gegenseitige Abhängigkeiten im Zentrum. Dabei geht es auch um den Einbezug von im Forschungspaket nicht vertieften bestehenden und neuen Themen, insbesondere im Bereich der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Treiber.

Auseinandersetzung mit Schlüsselthemen

- **Methodischer Umgang mit Langfristanalysen:** Während Expertenansätze etabliert sind, gibt es Potenzial bei Forschungsansätzen, die Expertenwissen und Stakeholderwissen verknüpfen. Dabei geht es einerseits um die Vertiefung der in den Forschungsprojekten identifizierten Forschungsthemen und einen verstärkten interdisziplinären Austausch, insbesondere unter Einbezug von Technologiewissen, Business-Knowhow, Branchenkenntnis und sozioökonomischem Knowhow. Andererseits spielt der systematische Umgang mit 'Weak Signals' und 'Wild Cards' eine immer stärkere Rolle: Wie sind diese Anzeichen entstanden? Wie können sie strukturiert werden, welche Relevanz und welchen Zusammenhang zu bekannten Phänomenen haben sie (reale Vorkommnisse, neue Ideen und Businessvisionen, neue gesellschaftliche Trends, philosophische Inputs)? Das Forschungspaket hat gezeigt, dass insbesondere bei den Schlüsseltechnologien und den damit verbundenen Angebotsformen im Verkehr solche schwachen Signale und mögliche Entwicklungsoptionen auftreten und analysiert werden können. Dabei braucht es vor allem auch stärkere Interaktionen zwischen der eigentlichen Zukunftsforschung und der Verkehrsforschung. Entscheidend ist dabei die Analyse von Rahmenbedingungen, die zu Trendbrüchen bzw. Disruptionen führen können.
- **Diffusionsforschung:** Diverse Entwicklungen insbesondere im technologischen Bereich sind abhängig von wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (betriebs- und volkswirtschaftliche Rentabilität) und der gesellschaftlichen Akzeptanz und damit verknüpft der Wahrscheinlichkeit eines Zustandekommens von Business-Modellen und wirtschaftlichen Produktzyklen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Diffusionsbedingungen nicht binär oder statisch sind, sondern sich im Verlauf der Zeit

wandeln können. Wichtig sind also Grundlagen, von welchen Parametern die Diffusion von technologischen Trends beeinflusst ist und wie sich diese in Zukunft entwickeln.

- **Mobilitäts-Modellierung:** Die Analyse von Zusammenhängen und die Identifikation von Schlüsselabhängigkeiten und -annahmen ist im komplexen Themenfeld der Mobilitätszukunftsforschung wichtiger als die Generierung von quantitativen Ergebnissen. Der Einbezug verschiedener Modellansätze hat gezeigt, dass der Verkehr der Zukunft durchaus auch als Labor verstanden werden kann, in dem verschiedene Modellansätze (qualitative Systemanalyse, semiquantitative Systemdynamik, Bayes'sche Netze, agentenbasierte Verkehrsmodelle) einander gegenübergestellt werden können. Es wird in Zukunft immer mehr darum gehen, die Verkehrsmodelle zu eigentlichen Mobilitäts-Modellen weiterzuentwickeln und modular auf einzelne Fragestellungen zuzuschneiden, sowie kritisch deren Möglichkeiten und Grenzen aufzuzeigen. Dabei kann es auch sinnvoll sein, gezielt mehrere Modelle parallel einzusetzen, um die Diversität verschiedener Modellansätze (kritische Vergleiche, Gemeinsamkeiten und Unterschiede) zu testen und die Plausibilisierung zu intensivieren. Der Zusammenhang zwischen Raumentwicklung und gesellschaftlich/wirtschaftlicher Entwicklung unter Berücksichtigung der Zugänglichkeit zu Mobilitätswerkzeugen und deren Preis wird dabei aber weiterhin im Zentrum stehen.
- **Neue inhaltliche Themen:** Das Forschungspaket hat eine Reihe von inhaltlichen Forschungsthemen entwickelt. Besonders hervorzuheben sind die Konkretisierung der Infrastruktur der Zukunft und die mögliche Neudefinition der Verkehrsmodi (Strasse, Schiene, 3D), die Ausgestaltung und die Business-Modelle von 'Mobility as a Service' und deren Zusammenhang mit der Plattformökonomie, die Neudefinition der Reisezeit, verknüpft mit den Ansprüchen an eine zukünftige Mobilitätskette (neue 'customer journey experience') und die Analyse von Rebound-Effekten im Mobilitätsbereich.

Anhänge

I	Annahmen zu den Szenarien	109
II	Abkürzungsverzeichnis.....	117
III	Glossar	119
IV	Literaturverzeichnis	125
V	Projektabschluss	129

I Annahmen zu den Szenarien

Konstante Bevölkerung, Variation der Raumstruktur und Angebotsformen

Die folgende Tabelle spezifiziert die Annahmen zu den Szenarien. Die Szenarien unterscheiden sich in der Raumstruktur und damit auch in den Anteilen von verhaltenshomogenen Gruppen sowie hinsichtlich des Angebots und der Nachfrage bezogen auf zukünftige Mobilitätsangebote mit einem starken Fokus auf Technologie und Angebotsformen.

Bewusst werden demgegenüber die Kapazitäten in allen Szenarien gleichgesetzt. Die Anforderungen und Einflüsse des Regulativs sind nicht Bestandteil der Szenarien. Vielmehr geht es darum, im Anschluss die Frage zu beantworten, welche Ausprägung das Regulativ haben muss, damit die einzelnen Szenarien umsetzbar sind.

Tab. 17 Treiber und ihre Ausprägung in den Szenarien

Treiber	S1: Evolution ohne Disruption	S2: Revolution der individuellen Mobilitätsservices	S3: Revolution der kollektiven Mobilitätsservices
Demografie 1)	10.4 Mio. Einwohner entsprechend Szenario A-00-2015 BFS	10.4 Mio. Einwohner entsprechend Szenario A-00-2015 BFS	10.4 Mio. Einwohner entsprechend Szenario A-00-2015 BFS
Wirtschafts- und Einkommensentwicklung; Branchenstruktur	Entsprechend Referenzszenario Verkehrsperspektiven	Entsprechend Referenzszenario Verkehrsperspektiven	Entsprechend Referenzszenario Verkehrsperspektiven
Gesellschaftliche Einstellung	Individualisierung	Starke Individualisierung	Starke Kollektivierung und Trend zum Sharing
Raumstruktur	Trend (S1 Raumstruktur)	Liberaler Raumplanung (S2 Raumstruktur)	Konzentration und Stärkung der Städte (S3 Raumstruktur)
Technologie und Mobilitätswerkzeuge	Mittlere Automatisierung (Anteil Level V Fahrzeuge)	Starke Automatisierung PW und LW (Anteil Level V Fahrzeuge)	Starke Automatisierung aller Fahrzeuge v.a. Bahn, Bus, mit Robo-Shuttles
Einbezug neuer Technologien und Systeme	Keine neuen Systeme	Keine neuen Systeme	Neue kollektive Systeme wie Hyperloop und Cargo sous terrain
Urbane Mobilität	Zunahme autofreie Haushalte	Zunahme Robotaxi und Feinverteilung mittels automatisierter Fahrzeuge	Stark automatisierter Bahn-, Tram- und Busverkehr als Rückgrat für Zunahme von Robovans und Robo-Shuttles für Feinverteilung
Neue Organisationsformen und Diffusion	Multimodale Mobilität nimmt zu, dominiert aber nicht	Hohe Relevanz von individuellen Angeboten (Flottenanbieter, Robotaxi-Anbieter, Event-Anbieter)	Hohe Relevanz von Angeboten der multimodalen und kollektiven Mobilität (Revolution ÖV)
Auslastung Infrastruktur und Verkehr	Auslastung der Verkehrsmittel entwickelt sich gemäss Trend Infrastrukturausbau gemäss Trend	Auslastung der Verkehrsmittel entwickelt sich gemäss Trend Infrastrukturausbau stark automatisiert	Auslastung der Verkehrsmittel wird deutlich gesteigert (dank ride sharing) Infrastrukturausbau stark auf Automatisierung ausgerichtet. Dank hoher Verkehrsmittel-effizienz kann Hardware-Ausbau vermindert werden.

Quelle/Basis: EBP

1) Hinweis: In das EBP-Modell sind 9.94 Mio. Einwohner eingeflossen, da die Altersgruppe der Kinder nicht berücksichtigt ist.

Zentrale und sensitive Annahmen: Angebote und Kostenentwicklung und Durchdringungsgrade neuer Angebote

Einen grossen Einfluss auf die Verkehrsentwicklung haben Annahmen bezüglich der Durchdringung neuer Technologien und -angebote. Die folgenden Annahmen werden den Berechnungen zugrunde gelegt:

Tab. 18 Durchdringungsraten einzelner Angebote

Mobilitätswerkzeug	Verfügbarkeit 2015	S1: Evolution	S2: Revolution individuell	S3: Revolution kollektiv
PW konventionell im Eigenbesitz	ja	40% der PW-Flotte	20% der Flotte	20 % der Flotte, aber privat besser ausgelastet
PW Level IV / V im Eigenbesitz 1)	nein	50% der PW-Flotte	65% der PW-Flotte	20% der PW-Flotte
Car Sharing	nein	10% der PW-Flotte	15% der PW-Flotte	60% der PW-Flotte, aber privat besser ausgelastet
Robotaxi	nein	40% der Taxiflotte 2)	100% der Taxiflotte	100% der Taxiflotte
ÖV Level V / Robovans /	nein	Neue Flotte, Nischenangebot in Ergänzung zu ÖV-Strasse	Neue Flotte, Nischenangebot in Ergänzung zu ÖV-Strasse und Robotaxi.	neue Flotte; neues Angebot zwischen ÖV-Strasse und ÖV-Schiene
ÖV Schiene (Anteil automatisierte Züge)	ja	Keine Automatisierung	Keine Automatisierung	Regional- und Fernverkehr hoch automatisiert (gegen 100%)
ÖV Strasse (Anteil automatisierte Busse und Trams)	ja	Automatisierungsgrad 10% der Busflotte	Automatisierungsgrad 20%	Hoher Automatisierungsgrad (gegen 100%)
Fuss- & Velo (Anteil Bike Sharing)	ja	wie 2015	wie 2015	Hohe Bedeutung Bike Sharing
Volocopter	nein	nein	Lufttaxitransporte als Nischen	Lufttaxitransporte als Nischen
Neue Systeme 1: Hyperloop	nein	nein	nein	ja, als separates System zwischen Grosszentren (analog früheren Swissmetro Konzepten)
Neue Systeme 2: MIV Ebene +1 3)	nein	nein	ja	Nein

1) Unterschied zu Car Sharing und Robotaxi: Nur Convenience ist relevant, da MIV.
2) Aufgrund Mischverkehr nicht 100%. Gründe für gemischte Anteile: Fehlende Zulassung in bestimmten Bereichen, hohe Kosten Automatisierung durch Aufbau der Systeme etc.
3) Kein eigentlich neues Mobilitätswerkzeug, aber Verkehrsinfrastruktur (hier für den MIV) parallel auf verschiedenen Ebenen (unterirdisch, ebenerdig, oberirdisch)

Quelle/Basis: EBP

Diese Annahmen haben ihrerseits wiederum einen wichtigen Einfluss auf die Veränderung der generalisierten Kosten:

Tab. 19 Veränderung der Fahrzeugbetriebskosten respektive der Out-of-Pocket Kosten/Preise (Personenverkehr)

Mobilitätswerkzeug	Kostenreduktion relativ zu 2015 in % (entspricht im ÖV Veränderung der Billett-Preise)		
	S1: Evolution	S2: Revolution individuell	S3: Revolution kollektiv
PW konventionell im Eigenbesitz	Keine Kostenveränderung		
PW Level IV / V im Eigenbesitz	Kostenerhöhung ggü. PW konventionell im Eigenbesitz um 4%		
Robotaxi / Car Sharing Level V	städtisch: 80% ländlich: 80% ggü heutigen Taxi-Systemen		
ÖIV Level V / Robovans /	städtisch: 80% ländlich: 80% ggü. heutigen ÖV Preisen		
ÖV Schiene	6% ggü. nicht automatisiertem Zug, zu gewichten mit Durchdringungsrate	6% ggü. nicht automatisiertem Zug, zu gewichten mit Durchdringungsrate	20% (bei Umsetzung Smart Rail 4.0 gemäss SBB)
ÖV Schiene	städtisch: 50% ländlich: 55% ggü. nicht automatisierten Zug, zu gewichten mit Durchdringungsrate	städtisch: 50% ländlich: 55% ggü. nicht automatisierten Zug, zu gewichten mit Durchdringungsrate	40% (bei 100% Durchdringung entsprechend Forschungspaket «Automatisiertes Fahren» des ASTRA)
Velo Bike Sharing	20%		

Grundlagen: Axhausen et al. (2019), Preissenkungen ÖV Schiene und ÖV Strasse in Szenario 3 entsprechend Annahmen im Forschungspaket «Automatisiertes Fahren» des ASTRA

Im Güterverkehr werden folgende Annahmen zugrunde gelegt.

Tab. 20 Durchdringungsraten und Automatisierungsgrad Level V und Züge ohne Lokführer

Transportmittel	Verfügbarkeit 2015	S1: 2060 Evolution	S2: 2060 Revolution individuell	S3: 2060 Revolution kollektiv
WLV	0%	10%	50%	70%
UKV	0%	20%	50%	100%
SNF	0%	20%	80%	80%
LI	0%	20%	60%	80%
Neue Systeme 1 Drohnen / Volocopter	n.v.	n.v.	Luftransporte als Nischen 100%	Luftransporte als Nischen, 100%
Neue Systeme 2 Cargo-Sous-Terrain	n.v.	n.v.	n.v.	100%

n.v. nicht verfügbar

Quelle/Basis: EBP

Tab. 21 Kosten je Nettotonnenkilometer durch Automatisierung, weiterer Annahmen zu Beladung und Geschwindigkeit und weiterer Effekte (Regulierung) ggü. 2015 (=Veränderung der Transportpreise)

Szenario	WLV	UKV	SNF	LI
2015	0.22	0.37	0.44	6.98
S1: 2060 Evolution (Veränderung ggü. 2015)	0.24 (8.8%)	0.38 (3.7%)	0.41 (-6.6%)	7.36 (5.5%)
S2 2060 Revolution individuell (Veränderung ggü. 2015)	0.23 (3.4%)	0.36 (-1.8%)	0.26 (-41.6%)	5.20 (-25.5%)
S3: 2060 Revolution kollektiv (Veränderung ggü. 2015)	0.14 (-34.7%)	0.20 (-45.4%)	0.41 (-6.6%)	7.36 (5.5%)

Quelle/Basis: EBP

Ausprägungen entlang der Mobilitätsformen

Tab. 22 Erwartete Entwicklungen der Angebotsformen in Szenario 1

Private Fahrzeugnutzung

- Private Fahrzeugnutzung mit komfortableren, teilautomatisierten Fahrzeugen
 - Starker Verkaufsfokus auf **Komfort, Ausstattung, emotionales Marketing**
 - Hersteller werden besonders in Städten auch zu Sharing-Betreiber
 - Hersteller **verkaufen Fahrzeuge an Mobilitätsdienstleister**
 - Einkommensunabhängige Nutzung: Angebote für jedes Preissegment
-

Sharing (on demand)

- Sharing wird vor allem für **gelegentliche Nutzer** ein zentrales Angebot
 - Erfüllt in städtischen Räumen die Funktion des Zweitwagens
 - **Teilen ist nicht im Vordergrund**, sondern eine **effiziente Mobilitätskette**
 - Preissensitive Zielgruppe
-

Riding (on demand)

- Bleibt insgesamt eher ein **Nischenangebot für preissensitive Nutzer**
 - Riding-Anbieter können in städtischen Räumen **punktuell Taxidienstleister verdrängen**, da kostengünstiger und genügend dichtes Angebot
-

ÖV (on demand)

- Reine **kostengünstige** Realisierung der **Erschließung von Randregionen**
 - Dabei unscharfe Trennung von Riding-Anbietern, es kommt zu **Konkurrenz**
-

ÖV (klassisch)

- Kommt **nur leicht unter Druck** durch neue Angebote
 - Im Sammel- und Verteilverkehr entsteht **Kundenzuwachs, aber mit hohen Vernetzungsanforderungen** aufgrund der hohen Individualität
 - **Anbieter konzentrieren sich auf Hauptströme**, überall sonst Wechsel zu on demand
-

Mobility as a Service

- Begrenztes Angebot für spezielle Bedürfnisse; **kein Kernbereich der breiten Mobilität**
 - Wird nur **im städtischen Raum** sowie im Sammel- und Verteilverkehr genutzt
 - Aufgrund Anwendung in Nischensegmente kein Break-Even. Es entsteht eine **Konkurrenzsituation zwischen Mobilitätsanbietern und reinen Vermittlungsdienstleistern.**
-

Quelle/Basis: Rapp Trans

Tab. 23 Erwartete Entwicklungen der Angebotsformen in Szenario 2

Private Fahrzeugnutzung

- Private Fahrzeugnutzung mit automatisierten Fahrzeugen
 - Starker **Verkaufsfokus auf Komfort, Ausstattung, Unterhaltung, Entertainment**
 - Markendifferenzierung auf Service-/Mobilitätsanbieter bezogen
 - **Viele ergänzende Dienstleistungen zum Fahrzeug** (Personal Mobility-Package)
-

Sharing (on demand)

- **Sharing** wird **vor allem für gelegentliche Nutzer** ein zentrales Angebot
 - Erfüllt in städtischen Räumen die Funktion des Zweitwagens
 - Teilen ist nicht im Vordergrund, sondern eine effiziente Mobilitätskette
Verschmilzt mit Riding on demand (Riding = Sharing-Angebot mit Mitfahrern)
-

Riding (on demand)

- Fürs **Luxussegment** (rundum-Sorglos, Tür-zu-Tür-Shuttle)
 - Wird **Bestandteil von Sharing-Angeboten**
-

ÖV (on demand)

- Reine **kostengünstige** Realisierung der **Erschließung von Randregionen**
 - Trennung von Riding-Anbietern, **ÖV on demand = günstiges Segment** (grundlegende Erschließung)
-

ÖV (klassisch)

- **Stark unter Druck** durch neue Angebote
 - **Individuelle Fahrzeuge werden zur Konkurrenz des ÖV**, auch auf Mittel- bis Langstrecken
 - ÖV setzt stärker auf **Kundenbindung und Marketing** sowie **individuelle Anpassungsmöglichkeiten** (z.B. konfigurierbare Abteile)
-

Mobility as a Service

- **Angebot für oberes Preissegment**, lohnt sich jedoch für den Massenmarkt noch nicht
 - **Anbieter liefern selbst** möglichst komplette **Informationen** zu der Mobilitätskette
 - Dazu gehören auch **mobilitätsfremde Anbieter** (Anreiseinfo mit Buchung bei Freizeiteinrichtungen, Städten etc.)
-

Quelle/Basis: Rapp Trans

Tab. 24 Erwartete Entwicklungen der Angebotsformen in Szenario 3

Private Fahrzeugnutzung

- Sharing löst die private **Fahrzeugnutzung** weitgehend ab, diese verbleibt **als Luxus- und Sammlersegment**
 - Fahrzeughersteller bedienen Mobilitätsdienstleister und ggf. Unternehmen, was zu **neuen Fahrzeugmodellen und Herstellungsprozessen** führt
-

Sharing (on demand)

- Sharing ist **günstiger als das eigene Auto** bei gleichzeitig erhöhter Flexibilität
 - Sharing mit Fahrzeugen wird nur für **bestimmte Verkehrszwecke** genutzt (Einkaufen, Warentransporte)
-

Riding (on demand)

- Ergänzt den ÖV und **bedient alle Kundensegmente**. Angebotsausbau und Automatisierung führen zu einer **Nachfragezunahme**
 - In peripheren Gebieten können **wirtschaftliche Angebote** geschaffen werden, stellt aber eine Konkurrenz zum ÖV dar
-

ÖV (on demand)

- Rein **kostengünstige** Realisierung der **Erschliessung von Randregionen**
 - **Wirtschaftlichkeit** bei ungleichmässiger **Auslastungsverteilung verbessert**, rein nachfrageorientiert
-

ÖV (klassisch)

- Bleibt **zentraler Baustein**, jedoch in Konkurrenz zum Riding
 - Es gibt **keinen Klimavorteil mehr** des Zuges – alle Optionen sind CO2-neutral
 - Klassischer ÖV wird sehr stark **auf Stammstrecken reduziert**
 - **Umsteigekomfort und Langstrecken** sind die neuen Kernangebote
-

Mobility as a Service

- Es gibt **kaum noch Verkehrsmittel-Buchungen**
 - Mobility as a Service organisiert **alle Nutzerschnittstellen**
 - **Tiefe Margen** auf Serviceleistungen
-

Quelle/Basis: Rapp Trans

Abkürzungsverzeichnis

Begriff	Bedeutung
AR	Augmented reality
ARE	Bundesamt für Raumentwicklung
ASTRA	Bundesamt für Strassen
ATO	ATO Automatic Train Operation
BAV	Bundesamt für Verkehr
BFS	Bundesamt für Statistik
CST	Cargo sous terrain
Fzkm	Fahrzeugkilometer
GAFKA	Google, Amazon, Facebook, Apple
KI	Künstliche Intelligenz
Lkw	Lastkraftwagen
LSVA	Schwerverkehrsabgabe für Lastwagen
LV	Langsamverkehr
IKT/ICT	Informations- und Kommunikationstechnologien
IT	Informationstechnologie
MaaS	Mobility as a Service
MIV	Motorisierter Individualverkehr
Mrd	Milliarde/n
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖIV	Öffentlicher Individualverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PESTEL	PESTEL-Analyse (political, economic, social, technological, environmental, legal)
Pkm	Personenkilometer
Pkw/PW	Personenkraftwagen
S	Szenario
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
VdZ	Verkehr der Zukunft
VR	Virtual reality

Glossar

Begriff	Beschreibung
3D-Druck	Fertigungsverfahren, das der Herstellung von dreidimensionalen Gegenständen dient. Dabei werden Werkstoffe schichtweise computergesteuert zu fertigen Teilen aufgebaut. Als Rohstoff interessant sind dabei vor allem Kunststoffgranulate.
3D-Infrastruktur	Verkehrsinfrastrukturen auf verschiedenen Ebenen (unterirdisch, ebenerdig, oberirdisch) und verschiedenen Systemen
Adaptive Cruise Control (ACC)	Abstandsregeltempomaten
Artificial Intelligence (AI)	Teilgebiet der Informatik. Im Fokus steht die Automatisierung intelligenten Verhaltens und das maschinelle Lernen (engl. «machine learning»).
Augmented Reality	Computergestützte Erweiterungen der Realitätswahrnehmung.
Ageing	Altern, steigender Anteil der älteren Bevölkerungsgruppen
Automatischer Bahnbetrieb (ATC, Automatic Train Control)	Vor allem im Metrobereich angewendetes Betriebsprinzip. Basiert auf verschiedenen Automatisierungskomponenten wie ATS, ATP und ATO (s.u.).
Automatisiertes Fahren	Fortbewegung von Fahrzeugen, mobilen Robotern und Transportsystemen, die sich weitgehend autonom (ohne Fahrer) verhalten. Unterschieden werden verschiedene Stufen der Automatisierung. Bei vollständig fahrerlosem Fahren spricht man auch von autonomem Fahren (s. Level 1 bis 5)
Automatisches Zugleitsystem (ATS, Automatic Train Supervision)	Überwachung und Steuerung von Fahrstrassen und Zugfahrten auf dem gesamten Netz und Übermittlung aller 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 Bremsengriff, 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.
Autonomous Vehicles (AV)	Fortbewegung von Fahrzeugen, mobilen Robotern und fahrerlosen Transportsystemen, die sich weitgehend autonom verhalten (s. automatisiertes Fahren).
Battery Electric Vehicle (BEV)	Auch Elektroauto, E-Auto, E-Mobil oder Elektromobil: Kraftfahrzeug zur Personen- und Güterbeförderung mit batteriebetriebenen Antrieb.
Blockchain	Protokoll zur Sicherung der Integrität von Daten – bei Kryptowährungen z.B. Transaktionen zwischen Nutzern - in einer Abfolge von fälschungssicheren Datenblöcken. Die Fälschungssicherheit der Daten wird durch den Einsatz kryptographischer Verfahren und durch die verteilte Speicherung der Blockchain auf Hunderten von Computern in einem Peer-to-Peer-Netzwerk sichergestellt.
Big Data	Datenmengen, welche beispielsweise zu gross, zu komplex, zu schnelllebig oder zu schwach strukturiert sind, um sie mit manuellen und herkömmlichen Methoden der Datenverarbeitung auszuwerten (z.B. georeferenzierbare Daten aus der Nutzung von Smartphones).
Brennstoffzellenfahrzeug (FCEV)	Transportmittel, bei denen elektrische Energie aus den Energieträgern Wasserstoff oder Methanol durch eine Brennstoffzelle erzeugt und direkt mit dem Elektroantrieb in Bewegung umgewandelt oder zeitweise in einer Traktionsbatterie zwischengespeichert wird.
Buchungsplattformen	Plattformen zur Vorbereitung einer Reise. Hier wird weiter unterschieden zwischen öffentlichem Verkehr, Transportdienstleistungen (Mitfahrer), Vermietung von Verkehrsmitteln (Selbstfahrer), Mobilitätsservices (Zusatzdienste) und Reiseplaner / Mobilitätsportal (verkehrsmittelübergreifend).
Cargo Sous Terrain	Eigenständiges System für den Transport von normierten und kontinuierlich beförderten Transportmitteln Gütern ‚Door to Door‘ vom Sender zum Endkunden. Es ist intermodal aufgebaut und besteht aus einem Hauptlauf (unterirdischer Tube),

	der mit einzelnen Umladestationen (Hubs) und einem Feinverteilsystem (City Logistik) verknüpft ist, wo Güter an den Hubs an die Oberfläche gelangen und zum Endkunden verteilt werden. In der Tube erfolgt der Transport kontinuierlich und vollautomatisch mit eigens dafür vorgesehenen Fahrzeugen.
Cooperative Adaptive Cruise Control (CAAC)	Kooperative Abstandsregeltempomaten (Austausch zwischen verschiedenen Fahrzeugen bzw. Fahrzeug und Infrastruktur).
Carpooling (Ridesharing)	Gemeinsames Benutzen eines Fahrzeugs für eine gewisse Strecke. Die konsequente Nutzung dieser Möglichkeiten lässt eine effiziente Bündelung der oft ähnlichen Nachfragemuster zu, das bedarfsgerechte Bereitstellen unterschiedlicher Fahrzeugarten wie beispielsweise Fahrzeuge mit einer bedürfnisgerechten Büroausrüstung oder einem attraktiven Unterhaltungsangebot sowie die direkte Bestellung und Bezahlung dieser Angebote mittels einer App.
Car-Sharing	Gemeinschaftliche Nutzung eines/mehrerer Autos durch verschiedene Personen (privat oder kommerziell). Mit SFF Level 5 (vollständig automatisiert) im 2040 sind darunter auch Robotaxis zu verstehen.
Car-to-Car C2C	Kommunikation zwischen Fahrzeugen.
Car-to-everything (C2X)	Vernetzung von Fahrzeugen untereinander oder von Fahrzeugen mit der Verkehrsinfrastruktur oder anderen Verkehrsteilnehmern. Wird üblicherweise als V2X- oder C2X-Kommunikation bezeichnet.
Car-to-infrastructure	Kommunikation zwischen Fahrzeugen und Infrastrukturen.
Cyber Security	Datensicherheit umfasst unter anderem die Gewährleistung der Lückenlosigkeit (Datenquantität) und Zuverlässigkeit (Datenqualität) der Daten im Gesamtsystem.
Digitalisierung	Digitalisierung bzw. digitale Transformation beinhaltet einerseits das Aufkommen neuer, technologischer Möglichkeiten der Informations- und Kommunikationstechnologie, andererseits die Nutzung dieser Technologien in der Wirtschaft entlang der Wertschöpfungskette zur Optimierung von Prozessen, Produkten und Dienstleistungen sowie zur Entwicklung neuer Geschäftsmodelle.
Disruptive Technologie	Innovationen, die die Erfolgsserie einer bereits bestehenden Technologie, eines bestehenden Produkts oder einer bestehenden Dienstleistung ersetzen oder diese vollständig vom Markt verdrängen. Disruption beschreibt den Prozess eines ressourcenarmen Unternehmens, große und etablierte Firmen herauszufordern (Synonym: «Disruptive Innovation»).
Drohne	Umgangssprachliche Bezeichnung für (bestimmte) unbemannte Luftfahrzeuge (Unmanned Aircraft, UA). Drohnen existieren in verschiedenen Erscheinungsformen; eine allgemein gültige Klassifizierung von Drohnen gibt es allerdings nicht. Gängig ist die Unterscheidung von Drohnen nach der Art der Anordnung der Tragflächen oder der Position der Antriebe (z.B. Fixed Wings, Multikopter).
E-Bike	Velo mit elektrischer Tretunterstützung. Teilweise verfügen sie über eine relativ hohe Motorleistung und eine Tretunterstützung auch bei mehr als 25 km/h und benötigen daher ein gelbes Motorfahrrad-Kontrollschild. E-Bikes dürfen frühestens ab 14 Jahren (mit Führerausweis M) gefahren werden.
E-Hail	Vorgang des Bestellens einer Transportmöglichkeit über einen digitalen Kanal
Electric Vehicle (EV)	(Sammelbegriff; umfasst BEV, PHEV und meist auch FCEV), s. o.
Elektromobilität	Nutzen elektrisch angetriebener Fahrzeuge, die über einen Energiespeicher (Batterie) verfügen. Der Grad der Elektrifizierung kann variieren.
Exoskelett	Äussere Stützstruktur für einen Organismus. Beispiele für jüngere Entwicklungen in diesem Bereich sind Roboter oder Maschinen, die am Körper getragen werden und bestimmte Bewegungen des Trägers unterstützen.
Fahrerloser Zugbetrieb (DTO, Driverless Train Operation)	Das System übernimmt zusätzlich zur vollständigen Fahrkontrolle die Türöffnung und -schliessung. Der Fahrer wird nur für Serviceaufgaben und Notfallsteuerung gebraucht.
Hyperloop	Magnetschwebbahn, welche im Vakuum Geschwindigkeiten bis zu 1125 km/h erreichen kann.
GAFA	Google, Amazon, Facebook, Apple
Gig Economy	Wirtschaftsform mit wenig Festangestellten, so dass der Grossteil des Arbeitsmarktes über kurzfristige Aufträge an unabhängige Dienstleistende organisiert ist
Industrie 4.0	Bezeichnung zur Veranschaulichung einer «vierten industriellen Revolution», die mit der umfassenden Digitalisierung der industriellen Produktion einhergeht.

Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT)	Alle technischen Medien die für die Handhabung von Informationen und zur Unterstützung der Kommunikation eingesetzt werden; hierzu zählen unter anderem Computer- und Netzwerkhardware sowie die zugehörige Software.
Intelligente Strasse	Strasse, die in das Internet of Things (IoT, Internet der Dinge) einbezogen ist (s.u.).
Intelligent Transportation System (ITS)	Erfassen, Übermitteln, Verarbeiten und Nutzen verkehrsbezogener Daten. Unter der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien soll der Verkehr organisiert, informiert und gelenkt werden (Synonym: Verkehrstelematik).
Internal Combustion Engine (Vehicle) ICE (ICEV)	Fahrzeug mit Verbrennungsmotor.
Internet der Dinge/ Internet of Things (IoT)	Eine, durch Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) vernetzte Infrastruktur von heterogenen Alltagsgegenständen über das Internet. Sammelbegriff für Technologien einer globalen Infrastruktur der Informationsgesellschaften, die es ermöglicht, physische und virtuelle Gegenstände miteinander zu vernetzen und sie durch Informations- und Kommunikationstechniken zusammenarbeiten zu lassen.
KI	Künstliche Intelligenz
Level 1 bis 5	Automatisierungslevel der Fahrzeuge Level 1: assistiert (Fahrer wird unterstützt) Level 2: Teilautomatisiert (Fahrer muss überwachen) Level 3: Hochautomatisiert (Fahrer muss nicht dauerhaft überwachen) Level 4: In spezifischen Fällen kein Fahrer erforderlich Level 5: Von Start bis Ziel kein Fahrer erforderlich
Level of Service (LoS)	Verkehrsqualität / Stufe der Angebotsqualität.
Mikromobilität	Mikromobilität bezieht sich auf eine Reihe kleiner, leichter Geräte, die mit Geschwindigkeiten von typischerweise weniger als 25 km / h arbeiten und die entweder dem Benutzer gehören oder von ihm gemietet werden. Beispiele dafür sind Trotinette oder E-Scooter.
Mobility as a Service (MaaS)	Gesamtdienstleistung, mit welcher ein einzelner Anbieter sämtliche Mobilitätsbedürfnisse seiner Kunden abdeckt. Die Nutzerin oder der Nutzer gibt den gewünschten Zielort, die gewünschte Ankunftszeit und allenfalls weitere Präferenzen in seinen «persönlichen Mobilitätsassistenten» ein. Der Anbieter schlägt unter Berücksichtigung der besonderen Wünsche, der aktuellen Verkehrssituation und der zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel die optimale Wegekette von Tür zu Tür vor. Dabei können ganz unterschiedliche Verkehrsmittel und -träger zum Einsatz kommen, öffentliche und private. Anschließend wird automatisch die Reservation vorgenommen und der Fahrpreis vom Konto abgebogen. Denkbar ist, dass sich ein Teil der dafür nötigen Fahrzeugflotte im Besitz solcher Mobilitätsanbieter befindet. Selbstfahrende Fahrzeuge können Teil dieser Flotte sein. MaaS ist für den Personen- oder den Gütertransport vorstellbar.
Mobility Pricing	Verkehrsträgerübergreifendes Konzept zur Glättung der Verkehrsspitzen durch nach Zeit und Wochentag abhängigen Preisen der Mobilität. In einem umfassenderen Verständnis ist auch ein neues Abgaben- und Finanzierungssystem gemeint sowie die Bepreisung von Mobilitätsdienstleistungen.
Alternative Antriebstechnik	Antrieb von Fahrzeugen unterscheidet sich mit Blick auf Energieart oder durch konstruktive Lösungen von Antriebstechniken, die auf dem Markt verbreitet sind. Beispiele hierfür können etwa Hybrid- oder Elektroantriebe sein.
Next Generation Mobile Networks (NGMN)	Laufendes Projekt von Mobilfunkfirmen und Mobilfunkausrüstern zur Entwicklung der nächsten Mobilfunkgeneration (5. Generation 5G). Synonym: Long Term Evolution in Telecommunications LTE.
ÖIV	Individualisierter öffentlicher Verkehr (Konvergenz von öffentlichen Verkehrsangeboten und individuellen Verkehr)
Parkpilot (PP)	Nachdem alle Insassen ausgestiegen sind, kann das Fahrzeug allein zu einem vorher festgelegten Parkplatz fahren und von dort auch wieder zurück zu einer Abholadresse.
Physical Internet	Konzept für fragmentierte, anbieterunabhängige Transporte.

Platooning	Fahrzeuge mit einem einheitlichen Kommunikationsstandard können durch Vernetzung untereinander zu einem virtuellen Gespann (Platoon) gekoppelt werden. Alle im Platoon fahrenden Fahrzeuge folgen einander in minimalem Abstand. Gesteuert werden sie vom Fahrzeug an der Spitze. Das Platooning-Fahren kann für den strassengebundenen Personen- und Güterverkehr in Frage kommen.
Plug-in-hybrid Electric Vehicle (PHEV)	Hybridelektrisches Fahrzeug.
Privates autonomes Stadtauto (PAS)	Auf Wunsch oder bei Bedarf kann das Fahrzeug die Fahraufgabe übernehmen. Der Fahrer muss in dieser Zeit nicht auf den Verkehr achten und kann anderen Tätigkeiten nachgehen.
Prosumer	Person, die gleichzeitig Konsument und Produzent ist. Entweder erstellt sie eigene Produkte durch Individualisierung vorhandener Produkte oder durch die freiwillige Preisgabe ihrer Präferenzen. Ein Beispiel ist das Angebot von Ride Pooling, wo der Fahrzeughalter einerseits selbst eine Fahrt anbietet, andererseits Kunde eines grösseren Fahrzeugpools ist.
P2X	Power to X: Bezeichnung für die Herstellung von Energieträgern aus Strom, z.B. Herstellung von synthetischen Treibstoffen (z.B. Ethanol) aus (erneuerbaren) Stromquellen, um einen Beitrag zur fossilfreien Mobilität dort zu leisten, wo batteriebetriebene Elektroantriebe nicht möglich oder zweckmässig sind.
Rebound	Rückkoppelungseffekte, die dazu führen, dass Einsparpotenziale von Effizienzmassnahmen nicht oder nur teilweise stattfinden.
Ride hailing	Mobilitätsform, welche über eine digitale Plattform organisiert wird, bei der eine Person in ihrem Fahrzeug eine andere Privatperson transportiert (zumeist privat).
Ride-sharing	Mehrere Personen reisen gleichzeitig im selben Fahrzeug, wobei nicht alle dieselbe Quelle und / oder Ziel haben (auch: «pooling», «lift-sharing» and «covoiturage»).
Robotik	Herstellung von Robotern und Computersystemen. Diese Technologie wird verwendet als Ersatz für Menschen und versucht menschliches Handeln zu reproduzieren.
Robo-Taxi (Robo-Cab)	Selbstfahrendes Taxi, welches über eine digitale Plattform gebucht werden kann.
Robo-Van	Selbstfahrendes Sammeltaxi/Kleinbus für ca. 10 Personen.
SFF	Selbstfahrende Fahrzeuge, s. automatisiertes Fahren.
Sharing Economy	Systematisches Ausleihen und Bereitstellen von Gegenständen, Räumen oder Kapazitäten. Das Prinzip lautet „Leihen statt Besitzen“. Das Aufkommen sozialer Netzwerke und Smartphones mit den entsprechenden Apps begünstigt die Sharing Economy. Auf elektronischen Plattformen wird die Verfügbarkeit eines Gegenstands bekannt gemacht. Am gleichen Ort kann der Gegenstand auch ausgeliehen und bezahlt werden. Das Ziel ist eine optimale Nutzung und Auslastung von Dingen. Car-Sharing oder Car-Pooling sind weit verbreitete verkehrsbezogene Ausprägungen der Sharing Economy.
Smart Car	Sammelbegriff für intelligentes Fahrzeug.
Smart City	Sammelbegriff für gesamtheitliche Entwicklungskonzepte, die darauf abzielen, Städte effizienter, technologisch fortschrittlicher, grüner und sozial inklusiver zu gestalten. Diese Konzepte beinhalten technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Innovationen.
Smart Rail	Bezeichnung für verschiedene Projekte und Programme zum Einsatz digitaler Technologien und Zukunftsentwicklung im Bahnsektor (z.B. durch Automatisierung). So führt die Schweizer Bahnbranche beispielsweise das Programm «SmartRail 4.0» durch.
Travel-Pod	Bezeichnung für halb- oder vollautomatisches Motorfahrzeug, das autonom und fahrplanunabhängig unterwegs ist.
Transportation Network Companies	Anbieter von Plattformen zur Verknüpfung von Passagieren und Anbietern von Mobilitätsdienstleistungen (vgl. auch MaaS).
Train on demand	Zug wird über eine digitale Plattform nach Bedarf bestellt und fährt somit nicht nach einem fixen Fahrplan.
Unbemannter Zugbetrieb (UTO, Unattended Train Operation):	System kann mit Störfällen umgehen (hohe Anforderungen an Ausfallsicherheit, Hinderniserkennung notwendig), kein Personal mehr an Bord notwendig.

Vehicle on Demand (VOD)	Fahrzeug, das seine Insassen ohne Fahrer fährt. Menschen können in einem solchen Fahrzeug nicht mehr selbst fahren – im Innenraum des Fahrzeugs gibt es daher auch kein Lenkrad und keine Pedalerie mehr.
Vehicle-to-everything (V2X)	Vernetzung von Fahrzeugen untereinander oder von Fahrzeugen mit der Verkehrsinfrastruktur oder anderen Verkehrsteilnehmern. Wird üblicherweise als V2X- oder C2X-Kommunikation bezeichnet.
Vehicle-to-vehicle (V2V)	Kommunikation der Fahrzeuge untereinander (Vehicle to Vehicle, V2V). Z.B. beim Platooning notwendig.
Vollautomatisches Zulieferfahrzeug (VZF)	Ein kleines selbstfahrendes Fahrzeug, das sich bedarfsweise auch auf Geh- oder Fahrradwegen fortbewegt, übernimmt die letzte Meile für Warenauslieferungen an die Kunden bzw. an Paketboxen.
Virtual Reality	Darstellung und gleichzeitige Wahrnehmung der Wirklichkeit und ihrer physikalischen Eigenschaften in einer in Echtzeit computergenerierten, interaktiven virtuellen Umgebung.

Grundlagenliteratur Glossar

Alphabet (2016), «**zukunfts Aussichten 16 - Mit dem Auto von morgen in eine andere Schweiz**»; Schärli, C. et al., <https://www.alphabet.com/de-ch/blog/zukunfts aussichten 16>

ARE (2018), «**Dichte und Mobilitätsverhalten - Auswertungen des Mikrozensus Mobilität und Verkehr**», Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.)

ARE (2016), «**Glossar**», <https://www.are.admin.ch/are/de/home/glossar.html>

ASTRA (2020), «**Glossar und Definitionen**», <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/intelligente-mobilitaet/glossar-und-definitionen.html>

Eurostat (2015), «**Thematische Glossare**», https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Thematic_glossaries/de

e-mobil BW GmbH (2020), «**Unterstützen. Gestalten. Vernetzen**», Landesagentur für neue Automobilitätslösungen und Automotive Baden-Württemberg

EBP (2017): «**Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz**», Schlussbericht Grundlagenanalyse (Phase A), Zürich, https://www.ebp.ch/sites/default/files/2017-11/171024_BaslerFonds_aFz_Phase%20A_Schlussbericht_de_1.pdf

Hyperloop One (2019): «**How it works**», <https://hyperloop-one.com/>

INFRAS (2018), «**Digitalisierung und Neue Regionalpolitik (NRP)**», Staatssekretariat für Wirtschaft SECO (Hrsg.), Zürich

Logistik Knowhow (2015): «**Physical Internet**», <https://logistikknowhow.com/materialfluss-und-transport/physical-internet/>

SBB (2018), «**Smart Rail – die Bahn der Zukunft**», Michael Kurz, Leiter Anlagen & Technologie, https://www.google.ch/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiB-8nUodHpAhWpysQBHb21ANYQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fcompany.sbb.ch%2Fcontent%2Fdam%2Fsb%2Fde%2Fpdf%2Fsb-konzern%2Fdie-sbb-bewegt-die-schweiz%2Fpartnerschaften%2F01-SmartRail_Die_Bahn_der_Zukunft-SBB-Michel_Kunz.pdf&usg=AOvVaw31VtAs80LfrbS60K6e-PZ

SOB (2020), «**smartrail 4.0**», <https://www.sob.ch/unternehmen/smartrail-40.html>

Umweltbundesamt (2016), «**Rebound-Effekte – Wie können sie effektiv begrenzt werden?**», https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rebound-effekte_wie_koennen_sie_effektiv_begrenzt_werden_handbuch.pdf

Literaturverzeichnis

Hinweis zum Literaturverzeichnis:

Die Schlussberichte der einzelnen Forschungsprojekte, die in diese Synthese wesentlich eingeflossen sind, verfügen über eigene Literaturverzeichnisse. Um den Umfang dieses Papiers zu begrenzen, wurde darauf verzichtet, die Literaturverzeichnisse hier erneut aufzulisten.

Forschungsberichte 'Verkehr der Zukunft'

-
- EBP/Interface (2015): «**Forschungspaket Verkehr der Zukunft (2060): Initialprojekt**»
Sieber, M., Stoiber, T., Ernst Basler + Partner AG; Haefeli, U., Matti, D., Interface; Forschungsprojekt SVI 2011/021
-
- EBP/Rapp Trans (2020): «**Technologischer Wandel und seine Folgen für Mobilität und Verkehr**»
de Haan, P.; Straumann, R.; Bianchetti, R.; Stetter, A. (EBP Schweiz AG); Oehry, B.; Jermann, J. (Rapp Trans AG) SVI 2017/003
-
- Interface/ Universität Zürich (2020): «**Folgen der demographischen Alterung für den Verkehr**»
Haefeli, U.; Studer, S., Oechslin, L. (Interface Politikstudien Forschung Beratung); Artho, J. (Universität Zürich – Sozialforschungsstelle); Weber, U. (wb-planung GmbH): SVI 2017/001
-
- EBP (2020): «**Wechselwirkungen Verkehr und Raum**»
Bruns, F.; Abegg, C.; Erismann, B.; Fumasoli, T.; Pahud-Schiesser, N. (EBP Schweiz AG): SVI 2017/002
-
- INFRAS (2020): «**Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage**»
Sutter, D.; Petry, C.; Peter, M.; Wunderlich, A. (INFRAS Forschung und Beratung SVI 2011/003)
-
- Rapp Trans/ZHAW (2020): «**Neue Angebotsformen – Organisation und Diffusion**»
Oehry, B.; Luisoni, A.; Jermann, J.; van Driel, C. (Rapp Trans AG); Del Duce, A.; Hoppe, M.; Trachsel, T.; Schmelzer, H. (ZHAW Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften) SVI 2017/006
-
- Transitec/Ecoplan/Eckhaus (2020): «**Stadtverträgliche Mobilität – mobilitätsgerechte Stadt der Zukunft**»
Gloor, U.; Guillaume-Gentil, S.; Allenspach, A.; Vincent, T.; Weber, R. (Transitec AG) Blum, C.; Smith, A.; Grabbe, J. (Eckhaus AG) Neuenschwander, R.; Joray, R. (Ecoplan AG) SVI 2017/004
-
- Ecoplan (2020). «**Risiken und Chancen für das Regulativ und das Finanzierungssystem**»
Suter, S.; Frank, J.; Buffat, M.; Neuenschwander, R. (Ecoplan AG) SVI 2017/005

Grundlagenliteratur Mobilitätsszenarien

-
- Adolf, J.; Rommerskirchen, S. et al., «**Shell PKW-Szenarien bis 2040**», Shell Deutschland Oil GmbH, Prognos AG, https://www.prognos.com/uploads/tx_atwpubdb/140900_Prognos_Shell_Studie_Pkw-Szenarien2040.pdf
-
- Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2016), «**Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040**», Hauptbericht, <https://www.are.admin.ch/are/de/home/verkehr-und-infrastruktur/grundlagen-und-daten/verkehrsperspektiven.html>
-
- Bundesrat (2016), «**Automatisiertes Fahren – Folgen und verkehrspolitische Auswirkungen**», Bericht des Bundesrates in Erfüllung des Postulats Leutenegger Oberholzer 14.4169 'Auto-Mobilität', Bern, https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/abteilung_strassennetzeallgemein/automatisiertes-fahren.pdf.download.pdf/Automatisiertes%20Fahren%20%E2%80%93%20Folgen%20und%20verkehrspolitisch%20Auswirkungen.pdf
-
- EBP (2017): «**Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz**», Schlussbericht Grundlagenanalyse (Phase A), Zürich, https://www.ebp.ch/sites/default/files/2017-11/171024_BaslerFonds_aFz_Phase%20A_Schlussbericht_de_1.pdf
-
- Fürst, B. (2018), «**AlpInnoCT – Vision of Alpine Combined Transport after 2030**», TRAFFIX Verkehrsplanung GmbH, Interreg Alpine Space, Wien.
-
- Hess, A; Polst, S. (2017), «**Mobilität und Digitalisierung: Vier Zukunftsszenarien**», Bertelsmann Stiftung, Gütersloh, https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_LK_Mobilitaet-und-Digitalisierung_Vier-Zukunftsszenarien_2017.pdf
-
- Meyer, Jonas; Becker, Henrik; Bösch, Patrick M.; Axhausen, Kay W. (2017): «**Autonomous vehicles - The next jump in accessibilities?**» ETH Zürich, Zürich, <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/199503>
-
- Phleps, P.; Feige, I. & K. Zapp (2015): «**Die Zukunft der Mobilität – Szenarien für Deutschland 2035**»; Institut für Mobilitätsforschung; München, https://www.ifmo.de/files/publications_content/2015/ifmo_2015_Zukunft_Mobilitaet_2035_Zusammenfassung_de.pdf

Roland Berger (2017): «**Urbane Mobilität 2030: zwischen Anarchie und Hypereffizienz - Autonomes Fahren, Elektrifizierung und die Sharing Economy bestimmen den Stadtverkehr von morgen**», München, <https://www.rolandberger.com/de/Publications/Urbane-Mobilit%C3%A4t-2030.html>

Weidmann, U., Klaas-Wissing, T., Kupferschmid, J., & Riegel, B. (2015), «**Vision Mobilität Schweiz 2050**», <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/106446>

Wittmer, A., Linden, E. (2017), «**Zukunft Mobilität: Szenarien für das System Mobilität und Bedürfnisse der Mobilitätskunden im Jahr 2040 in der Schweiz**», University of St.Gallen, <https://www.alexandria.unisg.ch/id/project/247587>

Wolf, A.; Klotz, U. et al. (2018): «**Zukünftige mobilitätsbezogene Kundenbedürfnisse der Arbeitenden Bevölkerung**», Hochschule Luzern, <https://www.hslu.ch/-/media/campus/common/files/dokumente/h/1-medienmitteilungen-und-news/2018/w/20180424-forschungsbericht-mobilitaet-2057.pdf?la=de-ch>

Grundlagenliteratur Trends

Akademien der Wissenschaft Schweiz (2016), «**Brennpunkt Klima Schweiz – Grundlagen, Folgen und Perspektive**», Swiss Academies Reports 11 (5)

ARE (2018), «**Dichte und Mobilitätsverhalten – Auswertungen des Mikrozensus Mobilität und Verkehr**», Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.)

Avenir Suisse (2018), «**Weissbuch Schweiz – Sechs Skizzen der Zukunft**», Peter Grünenfelder und Patrik Schellenbauer

Avenir Suisse (2017), «**Wenn die Roboter kommen - Den Arbeitsmarkt für die Digitalisierung vorbereiten**», Zürich

BFS (2018), «**Szenarien der Bevölkerungsentwicklung der Schweiz - 2015-2045**», Bundesamt für Statistik, Neuchâtel

Bundesrat (2017), «**Auswirkungen der Digitalisierung auf Beschäftigung und Arbeitsbedingungen – Chancen und Risiken**», Bericht des Bundesrates in Erfüllung der Postulate 15.3854 Reynard vom 16.09.2015 und 17.3222 Derder vom 17.03.2017

Economiesuisse (2018), «**Zukunft Digitale Schweiz: Wirtschaft und Gesellschaft weiterdenken**», Erich Herzog, Roger Wehrli, Marcus Hassler, Simon Schärer, Stephan Sigrist, economiesuisse, Thin Tank W.I.R.E

INFRAS (2018), «**Digitalisierung und Neue Regionalpolitik (NRP)**», Staatssekretariat für Wirtschaft SECO (Hrsg.), Zürich

McKinsey Global Institute (2018), «**Smart Cities: Digital Solutions for a more liveable future**», Jacques Bughin, James Manyika, Jonathan Woetzel, Brüssel, San Francisco, Shanghai

OcCC/ProClim (2007), «**Klimaänderungen und die Schweiz 2050 – Erwartete Auswirkungen auf Umwelt**», Gesellschaft und Wirtschaft, Bern

TA-SWISS (2018), «**Sharing Economy – teilen statt besitzen**», Thomas von Stokar, Martin Peter, Remo Zandonella, Vanessa Angst, Kurt Pärli, Gabi Hildesheimer, Johannes Scherrer, Wilhelm Schmid INFRAS, Universität Basel, FehrAdvice & Partner

TA-SWISS (Hrsg.) (2018): «**Zivile Drohnen – Herausforderungen und Perspektiven**», Markus Christen, Michel Guillaume, Maximilian Jablonowski, Peter Lenhart und Kurt Moll

ZHAW (2017), «**Der Mensch in der Arbeitswelt 4.0**», IAP Studie 2017, ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Zürich

Weitere Grundlagenliteratur Synthese

ASTRA (2020), «**Auswirkungen des automatisierten Fahrens**», Forschungspaket, Bundesamt für Strassen.

ASTRA (2020b), «**Intelligente Mobilität**», Bundesamt für Strassen, <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/intelligente-mobilitaet.html>

ASTRA (2019), «**Verkehrsentwicklung und Verkehrsfluss 2019**», Ausgabe 2019 V1.00, Bundesamt für Strassen, <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/nationalstrassen/verkehrsfluss-staueaufkommen/verkehrsfluss-nationalstrassen.html>

Belloli, D. (2018), «**Entschleunigung der Mobilität**», SES-Fachtagung Mobilität der Zukunft, Metron Verkehrsplanung AG, https://www.energiestiftung.ch/files/energiestiftung/Referate/Fachtagung%202018/08_Belloli_SES-Fachtagung2018.pdf

Bundesamt für Energie (2020), «**Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2019**», Endverbrauch nach Verbrauchergruppen, Verkehr und Transport, Bundesamt für Energie, <https://www.bfe.admin.ch/bfe/de/home/versorgung/statistik-und-geodaten/energiestatistiken/gesamtenergiestatistik.html>

Bundesamt für Statistik (2020), «**Mobilität und Verkehr**», <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr.html>

-
- Bundesamt für Statistik (2019a), «**Leistungen des Personenverkehrs (PV-L), Statistik des öffentlichen Verkehrs (OeV)**», Mobilität und Verkehr, Bundesamt für Statistik, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personenverkehr/leistungen.assetdetail.11207451.html>
-
- Bundesamt für Statistik (2019b), «**Bevölkerungsdaten im Zeitvergleich, 1950-2018**», Bevölkerung, Bundesamt für Statistik, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung.assetdetail.9466629.html>
-
- Bundesamt für Statistik (2019c), «**Verkehrsunfälle 2019**», Mobilität und Verkehr, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/unfaelle-umweltauswirkungen/verkehrsunfaelle.assetdetail.13695234.html>
-
- Bundesamt für Statistik (2017b), «**Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)**», G 2.1.2.2 Fahrzeugbesitz der Haushalte, 1994-2015, Neuchâtel.
-
- Bundesamt für Statistik (2017b), «**Verkehrsverhalten der Bevölkerung - Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015**», Neuchâtel.
-
- HSLU/INFRAS/KCW (2018), «**Selbstfahrende Fahrzeuge im öffentlichen Verkehr - Neue Geschäftsmodelle für die SBB im ländlichen Raum?**», SBB-Lab
-
- Mitteregger, M., Bruck, E. et al. (2020), «**AVENUE21. Automatisierter und vernetzter Verkehr: Entwicklungen des urbanen Europa**», Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg
-
- Pixabay (2020), «**Elektroauto**», andreas160578, <https://pixabay.com/de/photos/carsharing-elektroauto-auto-smart-4382651/>
-
- PwC (2019), «**Shape the Future of Mobility – Für ein zukunftsfähiges Schweizer Mobilitätssystem**», PricewaterhouseCoopers AG, <https://www.pwc.ch/de/publications/2019/PwC-Future-of-Mobility-web.pdf>
-
- SBB (2020), «**Smart City – nächster Halt: Zukunft**», SBB, CFF, FFS, <https://www.sbb-immobilien.ch/smart-city?tracking-marketingurl=smartcity>
-
- Staatssekretariat für Wirtschaft (2020), «**BIP und Verwendungskomponenten**», Daten - Quartalsdaten Bruttoinlandprodukt, ESG 2010, Jahresaggregate des Bruttoinlandproduktes, Verwendungsansatz (BFS, SECO), unbereinigte Daten, Tabellenblatt 'real_y', Staatssekretariat für Wirtschaft SECO, <https://www.seco.admin.ch/seco/de/home/wirtschaftslage---wirtschaftspolitik/Wirtschaftslage/bip-quartalschaetzungen-/daten.html>
-
- Uber (2020), «**Advanced Technologies Group**», <https://www.uber.com/ch/de/atg/>.
-
- Wikipedia (2020), «**Stadler KISS**», Wikipedia, https://de.wikipedia.org/wiki/S-Bahn_Z%C3%BCrich#/media/Datei:RABe_511_001.jpg.
-
- Wirtschafts-Woche (2019), «**Wie Uber und Volvo das Auto der Zukunft basteln**», 19. Juni 2019, <https://www.wiwo.de/unternehmen/auto/autonomes-fahren-wie-uber-und-volvo-das-auto-der-zukunft-basteln/24472556.html>.
-

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 14.10.2020

Grunddaten

Projekt-Nr.: SVI 2016/002

Projekttitel: Verkehr der Zukunft 2060, Synthesebericht

Enddatum: 14.10.2020

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Der Synthesebericht fasst die Erkenntnisse von 7 Forschungsprojekten (Technologie, Demografie, Raumentwicklung, Klima, Angebotsformen, Städtischer Verkehr, Regulativ) zusammen:

Die Demografie bleibt der wichtigste Wachstumstreiber und wird auch in langfristiger Zukunft hohe Anforderungen an ein allgemein zugängliches und effizientes Verkehrssystem stellen. Insbesondere der Anteil und damit die Bedürfnisse der älteren Bevölkerung nimmt zu. Mit der zunehmenden Digitalisierung, Vernetzung und Automatisierung entsteht ein Disruptionspotenzial im Verkehr: Mit neuen Angebotsformen (serviceorientiert, on demand, ohne Chauffeur) verschmelzen MIV und ÖV. Der Verkehr wird vermehrt zur Dienstleistung. Es entstehen neue Märkte beim Generieren von Mobilitätsdienstleistungen (Mobility as a Service) in Verknüpfung mit anderen Märkten (z.B. Energie, Wohnen/Arbeiten/Freizeit, Daten). Die grosse Unsicherheit besteht darin, wie schnell die neuen Technologien sich durchsetzen und gesellschaftlich akzeptiert sind, und ob diese Entwicklungen individuelle oder kollektive Verkehrsformen generieren. Die Szenarienanalyse zeigt, dass der Verkehr weiter wachsen wird (zwischen 30% und 40% bis 2060 gegenüber heute). Nur wenn die Zukunft auf kollektive Mobilität setzt und die Auslastung entsprechend gesteigert wird, können die Fahrleistungen gesenkt werden. Dabei ist die Bahn gefordert: Aller Voraussicht nach sind die Effizienzpotenziale dank Automatisierung im Strassenverkehr höher. Entscheidend für die Nutzung von kollektiven Verkehrsformen ist auch eine ausgeprägte Innenentwicklung: Je höher die Bevölkerungsdichte und Orte der kurzen Wege, desto grösser sind die Potenziale, kein eigenes Auto zu benutzen und damit Mobilität als Service zu verstehen. Dabei spielt auch der Fuss- und Veloverkehr eine wichtige Rolle.

Der Regulator ist gefordert, einen ausgewogenen und organischen Mittelweg zwischen 'Zulassen von Wettbewerb und Innovationen' und 'aktives Steuern mit klaren Rahmenbedingungen' einzuleiten, damit die Produktivitätsgewinne entstehen und fair verteilt werden können.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Das Ziel des Forschungspakets besteht darin, die Treiber und Anforderungen für die Verkehrszukunft zu orten und über den normalen Prognosehorizont hinauszuschauen. Der Fokus liegt auf dem Personenverkehr. Die Zukunftsbilder leuchten die möglichen Entwicklungen aus. Dabei sind auch verschiedene methodische Ansätze (u.a. Analyse von schwachen Signalen, Expertenansätze, neue Modellansätze, Szenarien als roter Faden, Fallstudien, Einbezug der Jugend) eingesetzt worden. Mit dem Einbezug von regulatorischen Fragen können auch die Anforderungen an die Politik analysiert werden. Es ist dem Forschungspaket gelungen, die komplexen Zusammenhänge anschaulich darzustellen, die wichtigen Wirkungsmechanismen und die damit verbundenen Chancen und Risiken sichtbar zu machen. Die Forschungsziele können damit erreicht werden: Das Forschungspaket generiert einen Überblick, nimmt eine erste Wertung vor und legt die Agenda für weitere Vertiefungen fest.

Folgerungen und Empfehlungen:

Der Verkehr der Zukunft muss proaktiv gesteuert werden, damit die Effizienzpotenziale (niedrigere Mobilitätskosten, bessere Auslastung) umgesetzt werden können. Zentral sind dabei die Rahmenbedingungen für die Zulassung von automatisierten Fahrzeugen und die Frage, wann erste Strassenabschnitte ausschliesslich von selbstfahrenden Fahrzeugen (mit hohem Automatisierungsgrad Level IV/V) benutzt werden dürfen. Dabei ergeben sich neue Anforderungen an die Infrastrukturentwicklung und die Steuerung des Verkehrs zur Steigerung der Kapazität und der Sicherheit. Ebenfalls von Bedeutung ist die Sicherstellung eines fairen Wettbewerbs für neue Mobilitätsdienstleistungen und der Umgang mit Daten, der zukünftige Umgang mit der Bestellung und Finanzierung des öffentlichen Verkehrs und der Einbezug neuer Mischformen (ÖIV). Der zu erwartende sinkende Kostendeckungsgrad (im Strassenverkehr vor allem durch den Wegfall von Mineralölsteuereinnahmen verursacht) erfordert eine neue Verkehrsfinanzierung.

Publikationen:

Der vorliegende Schlussbericht

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Maibach

Vorname: Markus

Amt, Firma, Institut: INFRAS AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

**FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK****Formular Nr. 3: Projektabschluss****Beurteilung der Begleitkommission:**

Beurteilung:

Das Forschungspaket im Allgemeinen und die Synthese im Speziellen geben einen umfassenden Überblick über die möglichen langfristigen Entwicklungen des Landverkehrs in der Schweiz. Der gewählte und von der Paketleitung koordinierte Multimethodenansatz hat sich bewährt. Dies gilt auch in Bezug auf die Bildung und stete Weiterentwicklung der Szenarien, die den roten Faden über das gesamte Forschungspaket sichergestellt sowie einen Beitrag zum wichtigen, systemorientierten und mehrschichtigen Expertendialog geleistet haben. Dem Forschungspaket ist es gelungen, relevante Faktoren in Zusammenhang mit der langfristigen Entwicklung der Mobilität zu ermitteln und deren Wechselwirkungen darzulegen. Die Synthese weist eine hohe Qualität auf. Die Forschungsziele konnten vollumfänglich erreicht werden.

Umsetzung:

Die dargelegten Wechselwirkungen der relevanten Einflussfaktoren, die ermittelten Chancen und Risiken wie auch die formulierten Schlussfolgerungen für die Verkehrsplanung und -politik liefern der öffentlichen Hand wichtige Grundlagen für rechtzeitige Weichenstellungen. Zudem ermöglicht der Beschrieb der Szenarien, die Auswirkungen denkbarer Entwicklungen zu kennen und bei deren Eintreten bedürfnisgerecht darauf reagieren zu können.

weitergehender Forschungsbedarf:

Die Forschungsstelle hat den Forschungsbedarf für die methodische und inhaltliche Dimension formuliert. Aus methodischer Sicht steht die vertiefte Auseinandersetzung mit neuen Ansätzen zum Umgang mit Zukunftsthemen, deren Inhalt, Evaluation und Modellierung im Vordergrund. Aus inhaltlicher Sicht besteht insbesondere in Bezug auf die Konkretisierung von Zukunftsthemen und deren gegenseitigen Abhängigkeiten vertiefter Forschungsbedarf.

Einfluss auf Normenwerk:

kein Einfluss

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Kilcher

Vorname: Daniel

Amt, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen ASTRA

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der in der letzten Zeit publizierten Schlussberichte kann unter www.astra.admin.ch (*Forschung im Strassenwesen --> Downloads --> Formulare*) heruntergeladen werden.

SVI Publikationsliste

Die Liste kann bei der [SVI](#) bezogen werden.