



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: Langfristige Wechselwirkungen Verkehr - Raum

**Transports du futur 2060:
Interactions à long terme entre le transport - l'espace**

**Transport of the future 2060:
Long-term interactions between transport - space**

**EBP Schweiz AG
Frank Bruns
Christof Abegg
Benno Erismann
Tobias Fumasoli
Nadina Pahud-Schiesser**

**Forschungsprojekt SVI 2017/002 auf Antrag der Schweizerischen
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

Mai 2020

1673

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: Langfristige Wechselwirkungen Verkehr - Raum

**Transports du futur 2060:
Interactions à long terme entre le transport - l'espace**

**Transport of the future 2060:
Long-term interactions between transport - space**

**EBP Schweiz AG
Frank Bruns
Christof Abegg
Benno Erismann
Tobias Fumasoli
Nadina Pahud-Schiesser**

**Forschungsprojekt SVI 2017/002 auf Antrag der Schweizerischen
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

Mai 2020

1673

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Frank Bruns

Mitglieder

Christof Abegg

Benno Erismann

Tobias Fumasoli

Nadina Pahud-Schiesser

Begleitkommission

Präsident

Daniel Kilcher

Mitglieder

Kay Axhausen

Thomas Sauter-Servaes

Michael Löchl

Nicole Mathys

Markus Schwyn

Markus Liechti

Christoph Schreyer

Marta Kwiatkowski

Michel Simon

Simon Kettner

Sabine Friedrich

Jörg Beckmann

Klaus Klammer

Martin Ruesch

Philipp Stoffel

Paketleitung

Markus Maibach (INFRAS)

KO-Finanzierung des Forschungsprojekts

Bundesamt für Raumentwicklung ARE

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	19
Summary	31
1 Einleitung	41
1.1 Forschungspaket «Verkehr der Zukunft 2060»	41
1.2 Projekt SVI 2017-002: Langfristige Wechselwirkungen Verkehr – Raum	42
1.2.1 Ausgangslage und Zielsetzung	42
1.2.2 Berichtsaufbau	42
2 Wechselwirkungen Raum und Verkehr	43
2.1 Zusammenhang von Raum und Verkehr	43
2.2 Wirkung von Erreichbarkeit auf die Siedlungs- bzw. Flächennutzung	45
2.2.1 Ex-Post Analysen zu Wirkungen Verkehr auf die Bevölkerungsentwicklung	45
2.2.2 Ex-Post Analysen zu Wirkungen Verkehr auf Produktivität und Einkommen	47
2.3 Standortentscheide von Haushalten und Unternehmen	48
2.3.1 Haushalte (Wohn- und Arbeitsort)	48
2.3.2 Unternehmen	49
2.4 Wirkung der Siedlungs- bzw. Flächennutzung auf die individuellen Mobilitätsentscheide	49
2.4.1 Internationale Studien	49
2.4.2 Studien Schweiz	50
2.5 Fazit: Herausforderungen für die Erstellung eines Wirkungsnetzes	51
3 Aufbau Wirkungsnetz «Verkehr - Raum» mit Anwendungsbeispielen für das Jahr 2015	53
3.1 Ansatz zur Erstellung Wirkungsnetz	53
3.1.1 Allgemeines Vorgehen und Lösungsansatz	53
3.1.2 Teilnetze	55
3.1.3 Knotentypen	56
3.1.4 Raumlagerung und räumliche Teilnetze	57
3.1.5 Abgrenzungen	58
3.2 Gesamtnetz	60
3.3 Teilnetze Personenverkehr und Wohnflächen	65
3.3.1 Beschreibung Teilnetz Personenverkehr und Referenzwerte 2015	65
3.3.2 Beschreibung Teilnetz Wohnflächen und Referenzwerte 2015	67
3.4 Teilnetze Güterverkehr und Arbeitsflächen	69
3.4.1 Beschreibung Teilnetz Güterverkehr und Referenzwerte 2015	69
3.4.2 Beschreibung Teilnetz Arbeitsflächen und Referenzwerte 2015	72
3.5 Zusammenzug Referenzwerte 2015	73
3.6 Fazit: Abbildbarkeit typischer Wirkungsmuster	74
3.6.1 Infrastrukturausbau	74
3.6.2 Urbanes Wachstum	79
3.6.3 Verteuerung der Mobilität	82
4 Beschreibung der Szenarien 2060	85
4.1 Allgemeine Übersicht	85
4.2 Bevölkerungsentwicklung: Konkretisierung Inputgrößen zur Umsetzung der Szenarien im Wirkungsnetz	89
4.3 Arbeitsplatzentwicklung: Konkretisierung Inputgrößen zur Umsetzung der Szenarien im Wirkungsnetz	91

4.4	Raumplanung: Konkretisierung Inputgrößen zur Umsetzung der Szenarien im Wirkungsnetz	92
4.5	Personenverkehr: Konkretisierung Inputgrößen zur Umsetzung der Szenarien im Wirkungsnetz	93
4.6	Güterverkehr: Konkretisierung Inputgrößen zur Umsetzung der Szenarien im Wirkungsnetz	99
5	Wechselwirkungen Verkehr und Raum 2060 in den Szenarien	103
5.1	Anwendung Wirkungsnetz: Annahmen und Abgrenzungen	103
5.2	Personenverkehr und Wohnen	104
5.2.1	Übersicht.....	104
5.2.2	Zwischenergebnis Schritt 1: Wirkung Bevölkerung 2060 auf Raum und Verkehr.....	105
5.2.3	Zwischenergebnis Schritt 2: Wirkung Verkehrsangebot 2060 auf Verkehrsnachfrage und Raum	110
5.2.4	Ergebnisse Schritt 3: Verkehrsnachfrage und Siedlungsfläche.....	114
5.2.5	Zwischenfazit Personenverkehr und Wohnen	121
5.3	Güterverkehr und Arbeiten.....	123
5.3.1	Übersicht.....	123
5.3.2	Zwischenergebnis Schritt 1: Wirkung Arbeitsplätze und Raum auf den Güterverkehr ...	124
5.3.3	Zwischenergebnis Schritt 2: Wirkung Verkehr (Technologien) auf Arbeitsplätze und Raum	127
5.3.4	Ergebnisse Schritt 3: Verkehrsnachfrage und Siedlungsfläche.....	129
5.3.5	Zwischenfazit Güterverkehr und Arbeiten.....	132
6	Fazit	135
6.1	Wechselwirkungen Raum und Verkehr	135
6.2	Überblick zu allen Szenarien	137
6.3	Erkenntnisse für die Planung.....	139
6.4	Bay'sche Netze und Forschungsbedarf.....	144
6.4.1	Möglichkeiten und Grenzen Bay'sche Netze	144
6.4.2	Forschungsbedarf	145
	Anhänge.....	147
	Glossar.....	215
	Abkürzungsverzeichnis.....	217
	Literaturverzeichnis.....	219
	Projektabschluss	223
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	227
	SVI Publikationsliste.....	229

Zusammenfassung

Aufgabenstellung

Mit dem Forschungspaket Verkehr der Zukunft soll eine visionäre Sicht auf die langfristige Entwicklung des Verkehrs über rein quantitative Prognosen oder Perspektiven hinaus erarbeitet werden. Insgesamt bilden 7 Teilprojekte das Gesamtpaket «Verkehr der Zukunft 2060. Ziel dieses Projektes ist die Ausarbeitung eines Wirkungsnetzes, in dem die Wechselwirkungen von Raum und Verkehr in die übergeordneten gesellschaftlichen und technologischen Entwicklungen eingebettet sind. Das Wirkungsnetz dient dazu, Szenarien hinsichtlich der Auswirkungen auf Raum und Verkehr zu untersuchen, die Wirkungszusammenhänge bei der Interpretation der Ergebnisse aufzuzeigen und Erkenntnisse für die Verkehrs- und Raumplanung abzuleiten.

Wirkungsnetz

Das auf Basis von Bayes'schen Netzen entwickelte Wirkungsnetz berücksichtigt Personenverkehr und Güterverkehr sowie Wohnflächen und Arbeitsflächen mit ihren jeweils angebots- und nachfragebezogenen Merkmalen. Dabei werden die drei Raumtypen Kernstädte, Agglomerationsgemeinden und Ländliche Gemeinden unterschieden. Die Bevölkerung ist in elf verhaltenshomogene Gruppen (VHG) gegliedert. Sie unterscheiden sich hinsichtlich ihrer spezifischen Verkehrs- und Wohnflächennachfrage in den jeweiligen Raumtypen. Im Güterverkehr werden zwanzig Branchen hinterlegt. Angebotsseitig sind in der Raumplanung Siedlungsflächenangebot, Dichten und Attraktivitäten je Raumtyp hinterlegt. Das Wirkungsnetz wurde für 2015 erstellt und anschliessend auf Basis von Szenarioannahmen für 2060 angewendet. Drei Szenarien sind von der Paketleitung initiiert und wurden im Laufe des Projektes weiterentwickelt. Die Annahmen für die Berechnungen sind mit der Paketleitung abgestimmt. Im Verkehrsangebot werden mit Blick auf 2060 auch Automatisierung von Fahrzeugen und neue Angebote im kollektiven Verkehr, wie z.B. On-Demand-Services, berücksichtigt. In dieser Untersuchung werden Verkehrs- und Transportleistungen (Personen- respektive Tonnenkilometer) betrachtet, aber daraus keine Fahrleistungen (Fahrzeugkilometer) abgeleitet.

Generelle Wechselwirkungen Raum und Verkehr

Raum und Verkehr beeinflussen einander gegenseitig. Die folgende Abbildung zeigt die wechselseitigen Beziehungen und die Rahmenbedingungen auf, die im Wirkungsnetz abgebildet werden:

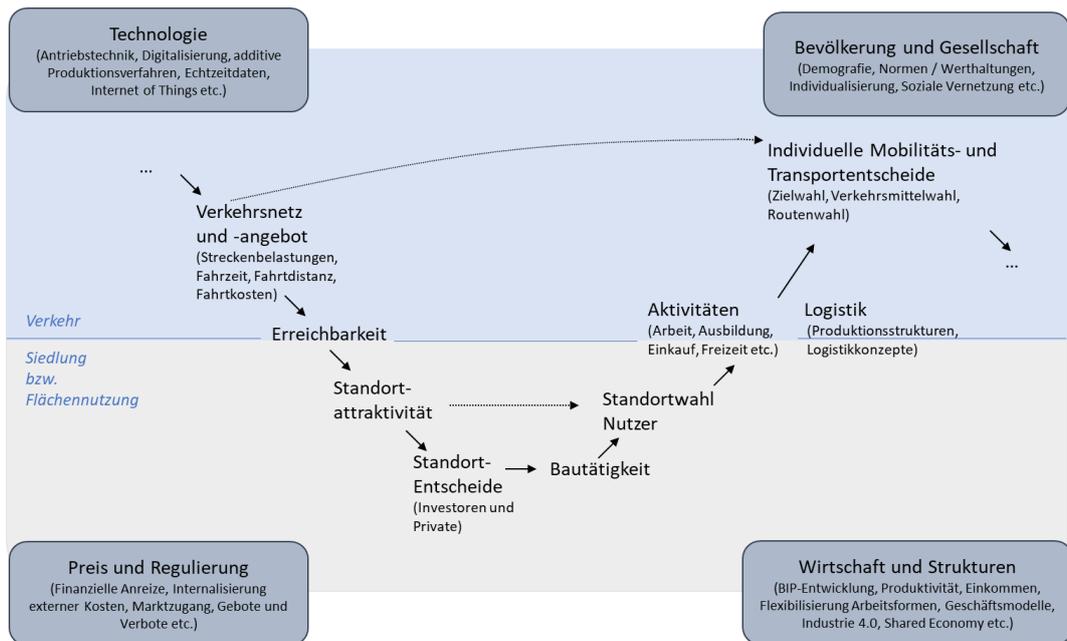


Abb. 1: Zusammenhang von Raum und Verkehr (Quelle: Wegener, M.; Fürst, F. (1999) mit Anpassungen)

Welche Erkenntnisse lassen die Erstellung des Wirkungsnetzes und seine Anwendung auf die Szenarien im Hinblick auf die Wechselwirkungen Raum und Verkehr zu?

Erreichbarkeit, Standortattraktivität und Standortwahl

Im Wirkungsnetz wird die Erreichbarkeit der Räume über die generalisierten Kosten abgebildet. Diese bestehen aus der Reise- respektive Transportzeit und den wahrgenommenen Transportausgaben für die jeweiligen Verkehrs- bzw. Transportmittel. Automatisierung und Digitalisierung und die daraus resultierenden Verkehrsangebote senken die generalisierten Kosten. Am deutlichsten fällt die Abnahme der Kosten aus, wenn eine hohe Durchdringungsrate von hoch automatisierten Fahrzeugen vorliegt. Dabei wird in dieser Untersuchung unterstellt, dass die Kostenreduktionspotenziale auch umgesetzt werden können und keine Abschöpfung der Produktivitätsgewinne respektive eine Lenkung durch den Staat z.B. durch Mobility Pricing oder LSVA erfolgt. Neue Angebote im kollektiven Verkehr mit hoher Verfügbarkeit in allen Raumtypen senken zudem auch die Kosten und steigern damit die Verkehrsleistungen deutlich. Je nach verhaltenshomogener Gruppe respektive Branche und ihres Standorts (nach Raumtyp) reagiert die Nachfrage in unterschiedlichem Ausmass auf die Preisänderungen.

Die Kostensenkung hat, unter den getroffenen Annahmen, eine dezentralisierende Wirkung im Raum: Je günstiger das Verkehrsangebot, desto stärker steigen die Verkehrsleistungen und je stärker verschiebt sich die Standortwahl von Bevölkerung und Unternehmen von städtische in ländliche Räume. Dabei spielen verschiedene Einflussfaktoren eine Rolle: die Stärke der Raumpräferenz, die Einkommen bzw. die Wertschöpfung sowie bei den Arbeitsplätzen die Gütertransportintensität. Umweltpolitische und raumpolitisch angestrebte Entwicklungen könnten durch die Kostensenkungen konterkariert werden, wenn diesen nicht regulatorisch begegnet wird. Ausser bei einem entsprechend hohen Anteil kollektiver Fahrten und steigenden Auslastungen der Fahrzeuge könnten sich die Fahrleistungen reduzieren, wenn nicht Leerfahrten in bedeutendem Umfang entstehen. In einem solchen Fall könnte eine Steigerung der Verkehrsleistungen mit sinkenden Umweltbelastungen möglich sein.

Die Wirkungsrichtung der Reduktion der generalisierten Kosten auf die räumliche Entwicklung ist klar. Die Wirkungsstärke im Netz zeigte sich vor dem Hintergrund der raumordnerischen Annahmen jedoch als gering. Reduzierte Kosten allein führen nur zu einer geringfügigen Veränderung in der Standortwahl von Haushalten und Unternehmen.

Die Erreichbarkeit ist zwar grundsätzlich ein wichtiger Standortfaktor. Angesichts der bereits heute vielerorts hohen Erreichbarkeit fallen relative Veränderungen aber kaum ins Gewicht. Dies zumal städtische Standortqualitäten aufgrund der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung tendenziell an Bedeutung gewinnen. Die dezentralisierenden Effekte reduzierter Kosten wirken da angesichts der generellen Urbanisierungstendenz allenfalls leicht dämpfend.

Standortwahl, Aktivitäten und individuelle Mobilitäts- und Transportentscheide

Die Verschiebung der Bevölkerung aus den Kernstädten in die Agglomerationsgemeinden und in die ländlichen Gemeinden hat wiederum Auswirkungen auf den Verkehr. So sind die Reiseweiten der Bevölkerung im ländlichen Raum und der Anteil des MIV höher als in den Kernstädten. Aufgrund der nur gering veränderten Standortwahl ergeben sich auch wiederum nur marginal höhere Verkehrsleistungen und Modal-Split-Effekte im Vergleich zu den Auswirkungen die Bevölkerungsentwicklung und der neuen Technologien ohne zusätzliche regulative Massnahmen auf die Verkehrsnachfrage haben.

Die Standortwahleffekte der Unternehmen wirken sich auf die durchschnittlichen Transportweiten im Güterverkehr aus: Je disperser die Arbeitsplätze insbesondere in der Transportbranche verteilt sind, umso stärker steigen die Transportleistungen. Wie im Personenverkehr ist auch hier festzuhalten, dass andere Effekte, wie z.B. Modal-Split Veränderungen und dadurch veränderte Transportweiten einen grösseren Einfluss auf die Transportleistung haben, als die hier ermittelte geringe Veränderung der räumlichen Verteilung der Arbeitsplätze.

Bevölkerung von grosser Bedeutung

Die Wechselwirkungen zwischen Raum und Verkehr werden in besonderer Weise durch den Einfluss der verhaltenshomogenen Gruppen mit ihrem spezifischen Raum- und Mobilitätsverhalten geprägt. Ihre gruppenspezifischen Präferenzen beeinflussen sowohl den Verkehrs- wie auch den Wohnungsmarkt. Sie reagieren beispielsweise auch unterschiedlich auf Engpässe im Wohnungsmarkt oder auf veränderte Verkehrsangebote. In der Analyse wurde ersichtlich, dass eine Verschiebung der Anteile zwischen den Gruppen deutliche Veränderungen in der räumlichen Bevölkerungsverteilung sowie der Verkehrsmittelwahl nach sich ziehen. Ein Beispiel zur Bedeutung der verhaltenshomogenen Gruppen: Steigt der Anteil der «Netzwerk-Familien» zu Lasten des Anteils «Familiientypen», erhöht sich die Wohnflächennachfrage im städtischen Raum und sinkt im ländlichen Raum. Bei Verfügbarkeit von entsprechendem Wohnflächenangebot steigt der Siedlungsflächenverbrauch in Städten. Ferner steigt der Anteil des kollektiven Verkehrs sowie von Fuss- und Veloverkehr, da die «Netzwerk-Familien» mehr kollektive Verkehrsmittel nutzen als die ausgeprägt individuell verkehrenden Familiientypen.

Weitere bedeutende Rahmenbedingungen

Im Weiteren zeigen auch die Effekte neuer Verkehrsangebote, die Raumplanung und die Attraktivität der Räume einen Einfluss auf die Wechselwirkungen. Mit Blick auf den langen Zeithorizont bis 2060 sind diese Aussagen aber mit Vorsicht zu geniessen. Während man sich bei der Wohnstandortwahl auf empirische Zusammenhänge abstützen kann, sind die Wirkungen auf die Unternehmensstandortwahl schwieriger abzuschätzen. Auch dürften sowohl die für 2060 getroffenen Annahmen bezüglich Güterverkehr bzw. Logistikkonzepten als auch die Güterverkehrsnachfrage der Wirtschaft aufgrund veränderter (digitalisierter) Produktionsverfahren mit deutlich grösseren Unsicherheiten behaftet sein.

Zudem sind die (geringen) Wirkungen zumindest teilweise auch auf die Methodik des Wirkungsnetzes bzw. die notwendigen Vereinfachungen zurückzuführen. Das Wirkungsnetz beschreibt mit drei Raumtypen nur grossräumige Entwicklungen auf Makro-Raumebene. Kleinräumige Entwicklungen, etwa innerhalb von Kernstädten, Agglomerationen und in ländlichen Gemeinden mit unterschiedlichen Erreichbarkeiten sowie die Wirkung einzelner Infrastrukturmassnahmen werden nicht ersichtlich. Zudem werden die Raumtypen konstant gehalten. Mit dem Zeithorizont 2060 ist jedoch davon

auszugehen, dass sich auch die Raumstruktur gegenüber heute verändert. Insbesondere in den Agglomerationsräumen dürften sich hinter den vorliegenden Ergebnissen für diesen Raumtyp eine räumlich differenzierte Entwicklung verbergen. Agglomerationsräume in Zentrumsnähe dürften bis 2060 weitgehend städtische Charakteristika aufweisen. Aber auch in den ländlichen Regionen sind Veränderungen zu erwarten, wenn etwa periurbane ländliche Räume eine zunehmende Agglomerationsprägung erhalten. Da die Städte aber auch noch städtischer werden, werden weiterhin relative Abstufungen zwischen den Raumtypen bestehen bleiben.

Konkretisierung der Wechselwirkungen für drei Szenarien 2060

Die Anwendung des Wirkungsnetzes auf die folgenden, von der Paketleitung initiierten drei Szenarien ermöglicht differenziertere Einsichten in die Wechselwirkungen Raum und Verkehr:

- S1: Evolution ohne Disruption: Das Szenario zeichnet sich durch eine mittlere Automatisierung (Anteil Level V Fahrzeuge) aus. Multimodale Mobilität nehmen zu, dominieren aber nicht.
- S2: Revolution der individuellen Mobilitätsservices: Hier wird ein hoher Anteil von hoch automatisierten Personen- und Lastwagen unterstellt, wobei diese eine hohe Relevanz für individuelle Angebote (Eigenbesitz, Robotaxis) haben.
- S3: Revolution der kollektiven Mobilitätsservices: Auch hier wird ein hoher Anteil von hoch automatisierten Fahrzeugen unterstellt, wobei diese aber eine hohe Relevanz für multimodalen und kollektiven Mobilität haben.

Die Szenarien beinhalten insbesondere im Personenverkehr keine neuen regulatorischen oder fiskalischen Massnahmen. In S1 und S2 sind nur geringe Kostensenkungspotentiale im ÖV unterstellt, hingegen in S3 schon. Im Fokus dieser Untersuchung stehen im Verkehrsbereich die Verkehrsleistungen. Die Fahrleistungen, Leerfahrten, die Wirtschaftlichkeit von Angeboten und eventueller Abgeltungsbedarf (z.B. für On-Demand-Angebote, Cargo Sous Terrain) sind hier nicht betrachtet.

Bevölkerungsentwicklung, Wohnmarkt und Siedlungsentwicklung

Die Schweiz 2060 wird in allen drei Szenarien urbaner sein als heute. Es wird angenommen, dass die Anteile von Bevölkerungsgruppen wie auch Branchen, welche eine hohe Präferenz für urbane Räume aufweisen, zunehmen werden. Dies führt zu einem überproportionalen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzwachstum in den städtischen Räumen. Diese Urbanisierungstendenz wird durch die Verbindung von Wohnen und Arbeiten im Wirkungsnetz noch verstärkt. Einzelne Branchen, welche in besonderem Masse auf Kundennähe sowie qualifizierte Mitarbeitende angewiesen sind, folgen in ihrem Standortwahlverhalten der geänderten Bevölkerungsverteilung.

Das Wachstum führt in den städtischen Räumen zu einem Nachfrageüberhang im Wohnungsmarkt (in allen Szenarien) sowie in S3 in geringerem Ausmass auch auf dem Arbeitsflächenmarkt. Im Wirkungsnetz kommt deshalb ein Marktmechanismus zur Anwendung, der Angebot und Nachfrage in Übereinstimmung bringt: Durch eine Ausweitung des Angebotes, eine Reduktion der durchschnittlichen Flächennachfrage sowie eine Verlagerung der Nachfrage in andere Raumtypen.

In der resultierenden Bevölkerungsverteilung 2060 (vgl. *Tab. 1*) handelt es sich bei S3 um das deutlich «urbanste» Szenario, mit einer Bevölkerungszunahme in den Städten um 43%. Dies resultiert aus der Zusammensetzung der Bevölkerung mit einem hohen Anteil stadtaffiner Bevölkerungsgruppen, noch verstärkt durch eine Erhöhung der generellen Attraktivität städtischer Räume. In Szenario 2 findet sich ebenfalls ein hoher Anteil an VHG mit Präferenz für die Städte. Eine generelle Attraktivitätserhöhung der ländlichen Räume wirkt diesem Trend jedoch entgegen. Szenario 2 weist deshalb in den ländlichen Gemeinden von allen Szenarien das höchste Bevölkerungswachstum auf. Daraus

resultiert, dass sich S1 und S2 letztlich in der räumlichen Verteilung nur geringfügig unterscheiden.

Tab. 1 Bevölkerung 2060 in Mio. nach Wohnflächenmarkt und mit neuen Verkehrsangeboten (Veränderung ggü. 2015) (Total: 9.94 Mio. Personen (+27.1%))

	Kernstädte		Agglomerationsgemeinden		Ländliche Gemeinde	
S1	2.91	(+28.9%)	4.27	(+25.7%)	2.75	(+27.5%)
S2	2.90	(+28.5%)	4.25	(+24.8%)	2.79	(+29.3%)
S3	3.25	(+43.7%)	4.31	(+26.8%)	2.38	(+10.2%)

Die raumplanerischen Rahmenbedingungen führen dazu, dass sich die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung unterschiedlich im Siedlungsflächenverbrauch niederschlägt (vgl. Tab. 2). Die Bevölkerungsentwicklung verändert die Nachfrage und die raumplanerischen Rahmenbedingungen definieren, in welcher Form eine Befriedigung dieser Nachfrage erfolgen kann. Die unterschiedlichen Annahmen bezüglich zusätzlicher Bauzonen sowie veränderter Dichten in den drei Szenarien sind im resultierenden Ergebnis klar erkennbar. So wird etwa die Bevölkerungszunahme in S3 vollständig durch eine Erhöhung der Siedlungsdichte aufgefangen. Vereinfacht gesagt: Mittels Raumplanung kann die Entwicklung kanalisiert, aber nur beschränkt gelenkt werden.

Tab. 2 Siedlungsflächenverbrauch Wohnen in ha (Veränderung ggü. 2015)

	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinde	Total
S1	16'180 (+9%)	49'514 (+12%)	41'048 (+15%)	106'742 (+13%)
S2	17'644 (+19%)	52'285 (+18%)	44'151 (+24%)	114'080 (+21%)
S3	14'801 (+0%)	44'144 (+0%)	335'818 (+0%)	994'764 (+0%)

Neue Technologien und Angebote Personenverkehr

In allen drei Szenarien wächst der Personenverkehr bis 2060 (vgl. Tab. 3).

Tab. 3 Verkehrsleistung in Mrd. Pkm/a und ihre Verteilung mit neuen Angeboten (Endergebnis, d.h. mit Berücksichtigung Wohnstandorte nach Effekte Verkehr) (Veränderung ggü. 2015)

	Kernstädte		Agglomerationsgemeinden		Ländliche Gemeinde		Total
2015	27.7		43.5		31.8		103.0
S1	38.2	(+38%)	54.3	(+25%)	40.5	(+27%)	133.0 (+29%)
S2	37.4	(+35%)	55.0	(+26%)	41.6	(+31%)	133.9 (+30%)
S3	46.4	(+68%)	59.3	(+36%)	38.0	(+19%)	143.6 (+39%)

Das Wachstum der Personenverkehrsleistungen von insgesamt +29 bis +39 % ergibt sich wie folgt:

- Aufgrund der Bevölkerungsentwicklung ergibt sich eine Zunahme der Personenverkehrsleistungen von rund 22%: Allein aufgrund des Einwohnerentwicklung sollte der Verkehr in allen Szenarien proportional zur Bevölkerung wachsen (+27%-Punkte). Da sich die Verteilung der verhaltenshomogenen Gruppen bis 2060, zum Beispiel aufgrund der demografischen Alterung, ändert, ergeben sich auch noch Veränderungen beim Verkehrsaufkommen

und den Verkehrsleistungen. Dieser Effekt reduziert den Wachstumseffekt um 5%-Punkte.

- Zu diesem Effekt kommen nun die Auswirkungen der neuen Technologien und Angebote hinzu. Diese führen je nach Szenario zu einem deutlichen Wachstum der Verkehrsleistungen von +7% bis + 17%-Punkte.
- Die Veränderung der Wohnortwahl aufgrund neuer Verkehrsangebote und daraus folgende Verkehrswirkungen hat sich als marginal gegenüber den vorhergenannten Effekten erwiesen.

In den Szenarien S1 und S2 wachsen die Verkehrsleistungen insgesamt um ca. +30%. Von diesem Wachstum sind 22%-Punkte auf die Bevölkerungsentwicklung (Zunahme und Verteilung VHG) und 7% 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 aus einer veränderten Zielwahl und implizit auch, weil mehr Personen Zugang zu automatisierter Mobilität haben. Im Szenario S3 bestehen zudem weitere erhebliche Kostensenkungspotentiale, wenn auf privaten PW-Besitz verzichtet wird und die kollektiven Angebote eine hohe Verfügbarkeit und geringe Kosten für den Nachfrager haben.

Neue Technologien und Angebote Güterverkehr

Im Güterverkehr wird die Entwicklung entsprechend der Fortschreibung der Verkehrsperspektiven 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 Modal Split.

Tab. 4 Szenario 2060: Transportleistungen (Veränderung ggü. 2015 in %)

Mio. Ntkm/a				Modal Split %					
Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinde	Summe	WLV	UKV	SNF	LI	CST	weitere
2015			14266	21%	2%	71%	8%	-	-
S1	6575	8722	19944 (+39.8%)	20%	3%	71%	6%	0%	0%
S2	6048	8789	19739 (+38.4%)	20%	3%	71%	6%	0%	0%
S3	6764	9515	21548 (+51.0%)	26%	4%	51%	5%	14%	0%

In S1 und insbesondere in S2 sinken die Kosten im Strassengüterverkehr. Aufgrund der geringen Preiselastizitäten der Güter und des bereits sehr hohen Marktanteils der Strasse in 2015 macht sich dies aber nicht in spürbaren Modal-Split Verschiebungen in S1 und S2 bemerkbar. Demgegenüber steht S3, in welchem eine Verlagerung von der Strasse zur Schiene stattfindet. Hier werden die Effizienzgewinne im Strassengüterverkehr abgeschöpft, so dass die Bahn Anteile hinzugewinnen kann. Aufgrund der unterschiedlichen Charakteristiken der Transportsysteme (Direktverkehr, Hub-and-Spoke) erhöhen sich letztlich in S3 die Verkehrsleistungen im Güterverkehr. Aufgrund fehlender Grundlagen und Literatur konnte anders als im Personenverkehr kein induzierter Güterverkehr ermittelt werden. In S3 erhöht sich die gesamte Verkehrsleistung im Güterverkehr. Nebst den längeren durchschnittlichen Transportweiten tragen dazu auch die Aufkommensverlagerung vom Strassen- auf den Schienengüterverkehr und auf Cargo

Sous Terrain bei. Mit Cargo Sous Terrain besteht dabei ein neues Transportmittel, welche sein Aufkommen vor allem von der Strasse und nur zu geringen Anteilen von der Bahn holt. Das der WLW trotzdem auch wächst, liegt an den unterstellten Verbesserungen des WLW in S3 (Smart Rail 4.0), die zu erheblichen Kostenreduktionen auf der Schiene führen, während die Kosten für den Strassengüterverkehr nur wenig sinken. Mit den daraus resultierenden Veränderungen der relativen Preise kann auch der WLW trotz CST wachsen. Dies auch, weil CST nur auf wenigen Relationen wirkt

Differenzierung der Szenarien

Welche Differenzierung wird in den drei Szenarien sichtbar? In der Gesamtbetrachtung über die beiden Teilnetze hinweg hebt sich S3 in seiner Ausprägung klar von den anderen beiden Szenarien ab: als «urbanes» und raumplanerisch restriktives Szenario, mit einer starken Nutzung kollektiver Verkehrsangebote, aber auch einer erheblichen Verkehrsleistungszunahme. S1 und S2 liegen in ihren Annahmen, sowohl was die Bevölkerungs- wie die Angebotsentwicklung betrifft, und damit auch in den resultierenden Wirkungen, näher beisammen.

Erkenntnisse für die Planung

Die drei Szenarien beschreiben unterschiedliche «Welten» für das Jahr 2060, wobei davon ausgegangen wird, dass die Reise- und Transportkosten durch die neuen Technologien abnehmen und nicht regulativ eingegriffen wird. Mit dem vorliegenden Projekt wurde versucht, die Entwicklung von Raum und Verkehr im Wechselspiel besser zu verstehen und wesentliche Einflussfaktoren zu erkennen. Ob oder inwieweit die resultierenden Zustände wünschenswert sind oder nicht, soll hier nicht beurteilt werden, da dazu weitere Kriterien wie Fahrleistungen und damit verbundene Emissionen, Ressourcenverbräuche oder Finanzierbarkeit/Wirtschaftlichkeit gehören. Auch gilt es, die zu Grunde liegenden Annahmen zu beachten. Die Erkenntnisse richten sich an die Raum- und die Verkehrsplanung sowie natürlich, im Sinne des Projektes, an deren wechselseitige Abstimmung.

Raumplanung

Unter den Annahmen besitzt die **Raumplanung Möglichkeiten über Siedlungsflächen und Dichten die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung zu beeinflussen und vor allem wesentlich zu kanalisieren**. Wenn, wie in S3, keine zusätzliche Siedlungsfläche ausgeschieden wird, kann auch keine weitere Siedlungsfläche verbraucht werden.

Das Wirkungsnetz lässt erkennen, dass sich eine zentrale raumplanerische Herausforderung künftig noch akzentuieren wird: **Kann in den urbanen Räumen ausreichend Wohn- und Arbeitsraum geschaffen werden?** In allen drei Szenarien ergibt sich ein Nachfrageüberhang, und dies bereits im mittleren Bevölkerungsszenario. Ohne eine (weitere) Erhöhung der Siedlungsdichte wird sich dies nicht realisieren lassen. Planung und Politik machen heute wichtige Schritte zu einer verstärkten Innenentwicklung wie sich in den Revisionen der Bauzonen- und Nutzungspläne zeigt. Diese aktuellen Erfahrungen zeigen aber auch, dass die konkrete Umsetzung mit grossen Herausforderungen verbunden ist. Eine Erhöhung der Siedlungsdichte wird sich nur realisieren lassen, wenn gleichzeitig auch verstärkte Anstrengungen für eine höhere Siedlungsqualität in einem umfassenderen Sinne unternommen werden.

Eine weitere Thematik, die raumplanerische Fragen aufwirft, sind **Flächenbedürfnisse der Unternehmen**. Die diesbezüglichen Annahmen im Wirkungsnetz sind sehr konservativ. Der laufende digitale Transformationsprozess in den Unternehmen, aber auch die Veränderung von Wertschöpfungsketten wird die künftige Nachfrage an Arbeitsflächen verändern, sowohl bezüglich Lage, Grösse und auch Qualität. Dazu wird auch ein veränderter planerischer Zugang zu finden sein.

Raumwirksame Wirkungen ergeben sich auch aus der generellen **Veränderung der Raumattraktivität**. Die Raumplanung leistet hierzu, zusammen mit weiteren raumrelevanten Sektoralpolitiken, einen wichtigen Beitrag. Ein weiterer Einflussfaktor auf der grossmasstäblichen Ebene bildet **die Ausstattung mit öffentlichen Infrastrukturen und Dienstleistungsangeboten**. Ergeben sich hier künftig relative Veränderungen, insbesondere im Stadt-Land-Kontext, dürfte dies die Urbanisierungstendenz weiter verstärken.

Verkehrsplanung

Die folgende Tabelle zeigt die Verkehrsleistungen und die Entwicklung der Modal-Split Anteile. Daran werden anschliessend die Chancen und Risiken für die Verkehrsplanung diskutiert.

Tab. 5 Verkehrsleistung mit neuen Angeboten in Mrd. Pkm und in (%)
(Endergebnis, d.h. mit Berücksichtigung Wohnstandorte nach Effekte Verkehr)

	Individuelle Fahrten			Kollektive Fahrten				Fuss und Velo
	<i>PW konventionell</i>	<i>PW Level V</i>	<i>Robotaxi, Carsharing</i>	<i>ÖIV</i>	<i>ÖV Schiene</i>	<i>ÖV Strasse</i>	<i>Hyperloop</i>	
2015	69.6 (67.5%)			25.5 (24.7%)				8.0 (7.7%)
	69.6 (67.5%)	-	-	-	20.9 (20.3%)	4.6 (4.5%)	-	
S1	89.1 (67.0%)			35.1 (26.4%)				8.8 (6.6%)
	35.2 (26.4%)	43.8 (32.9%)	10.2 (7.7%)	10.7 (8.0%)	19.8 (14.9%)	4.6 (3.5%)	-	
S2	93.2 (69.6%)			31.7 (23.7%)				9.0 (6.7%)
	17.9 (13.4%)	59.5 (44.5%)	15.7 (11.7%)	6.8 (5.1%)	20.3 (15.1%)	4.7 (3.5%)	-	
S3	67.3 (46.9%)			65.1 (45.4%)				11.1 (7.7%)
	12.6 (8.7%)	12.5 (8.7%)	42.2 (29.4%)	26.6 (18.6%)	28.3 (19.7%)	6.5 (4.6%)	3.6 (2.5%)	

Die individuellen Fahrten wachsen in den Szenarien S1 und S2 deutlich gegenüber 2015, wobei ihr Marktanteil gleichbleibt. Die heutigen verkehrs-, raum- und umweltpolitischen Themen müssten in diesen Szenarien insbesondere verstärkt über Verbesserungen der bestehenden Verkehrsmittel (z.B. Emissionen durch neue Antriebs- und Treibstoffe reduzieren) oder Steuerung und Regulierung des Verkehrssystems gelöst werden. Auch die raumplanerischen Chancen entstehen hier vor allem durch Robotaxis/Carsharing, wenn es gelingt den PW-Besitz dadurch zu reduzieren und damit beispielsweise Parkplätze sowie Ressourcen- und Energiebindung der Fahrzeuge zu reduzieren. In S3 hat das Teilen dann eine entsprechend hohe Bedeutung. Die Verkehrsleistungen der individuellen Fahrten bleiben auf dem Niveau 2015, dann aber mit deutlichen Anteilen Robotaxi und CarSharing. Raum- und Verkehrsplanung müssten hier weitergehende Voraussetzungen schaffen, dass entsprechende Sharing Angebote ermöglicht werden. Dazu gehört zum Beispiel eine entsprechende Parkplatzpolitik.

Die kollektiven Fahrten wachsen ebenfalls in allen drei Szenarien. In S1 und S2 stagniert die Nachfrage im klassischen öffentlichen Verkehr auf heutigem Niveau und der ÖIV (On Demand Service mit Ride Sharing) nimmt das gesamte Wachstum auf. Damit sinken die Marktanteile des klassischen ÖV deutlich. In S3 wächst der klassische ÖV auch aufgrund realisierter Kostensenkungspotentiale und kann damit seine Marktanteile halten. Der ÖIV bietet erhebliche Chancen im kollektiven Verkehr. Er kann für ausgewählte Kundensegmente eine Verbesserung gegenüber dem klassischen öffentlichen Verkehr in Städten und Agglomerationen sowie als Zubringer zur Bahn darstellen. Er stellt eine

sinnvolle und mit Blick auf Automatisierung und Digitalisierung notwendige Weiterentwicklung des klassischen ÖV dar. Das Regulativ (z.B. Personenbeförderungsgesetz) ist so anzupassen, dass solche Angebote möglich werden. Die ÖIV-Angebote sind mit dem klassischen ÖV zu koordinieren, evtl. sogar in diesen zu integrieren. Da der ÖIV unreguliert aber auch das Potenzial hat, den Fuss- und Veloverkehr zu konkurrenzieren (vgl. Ergebnisse für S1 und S2), müssen im Rahmen der Vergabe von Betriebsbewilligungen oder Konzessionsvergaben geprüft werden, inwieweit dieses verhindert werden soll (bspw. Mindestfahrweiten je Fahrt). Die Stadt- und Raumentwicklung muss Möglichkeiten für den Betrieb solcher Services schaffen, zum Beispiel in Form von möglichst vielen Optionen für Haltepunkte zum Ein- und Aussteigen.

Der klassische ÖV wird in allen Szenarien weiterhin eine Vielzahl von Relationen aufweisen, auf denen die Angebote im Vergleich zu den Alternativen klar besser sind; somit wird er auch bei S2 weiterhin genutzt. Aufgrund der Massenleistungsfähigkeit und des Komforts (im Fernverkehr) bleibt er vor allem als Zubringer zu den Städten von grosser Bedeutung und wird weiterhin die (Kern-) Städte miteinander verbinden. Um das Risiko der Stagnation zu begegnen, muss der klassische ÖV die Kostenreduktionspotentiale der Automatisierung und Digitalisierung konsequent umsetzen. Die Möglichkeiten zur Abstimmung mit und Integration des ÖIV sind zu prüfen. Hier spielen auch die öffentlichen Besteller eine bedeutende Rolle: Wesentlich ist hier, inwieweit die Kostenreduktionspotentiale auch an die Verkehrsteilnehmenden weitergeben werden (und nicht z.B. vollständig zur Senkung des Abgeltungsbedarfs verwendet werden).

Chancen für die Bahn im Güterverkehr ergeben sich somit, wenn die Möglichkeiten der Automatisierung und Digitalisierung konsequent in Angebotsverbesserungen und Preissenkungen umgesetzt werden, und wenn darüber hinaus die in den Annahmen für Szenario S3 hinterlegten regulatorischen Massnahmen (Preisentwicklungen Strasse) umgesetzt werden. Die Stadt- und Raumplanung sollte hier vor allem auch Flächen für Logistik und Bahnverkehr in Städten und Agglomerationen vorsehen

Bezüglich des Fuss- und Veloverkehrs zeigt sich, dass dieser aufgrund der Bevölkerungsentwicklung und ohne erhebliche zusätzliche Attraktivierungsmassnahmen zwar absolut zunimmt, aber Anteile am Modal-Split verliert. Dies aufgrund der neuen attraktiven Angebote. In S3 wird es mit der Reduktion von Kosten im Fuss- und Veloverkehr (z.B. BikeSharing) möglich, dass der Marktanteil gehalten wird. Mit der Vielzahl neuer elektrischer fahrzeugähnlicher Geräte (z.B. eTrotinett und eBikes) bestehen Chancen für steigende Marktanteile im Fuss- und Veloverkehr. Dies vor allem auch, wenn die übrigen Verkehrsmittel reguliert werden und die Infrastruktur entsprechend ausgebaut wird. Dabei ist aber auch die Diskussion zu führen, inwieweit diese Angebote nicht auch zum motorisierten Individualverkehr gehören und in Städten auch reguliert werden müssen (z.B. Abstellmöglichkeiten). Aufgrund der Flächeneffizienz sind hier aber auch weitere Attraktivierungsmöglichkeiten (Veloschnellrouten etc.) zu prüfen. Risiken entstehen hier vor allem in Bereich der Verkehrssicherheit (z.B. Unfälle eBikes). Auch hier haben Raum- und Verkehrsplanung entsprechende Möglichkeiten vorzusehen.

Insbesondere in S1 und S2 und in den Städten (alle drei Szenarien) besteht die Herausforderung im Umgang mit den zur Verfügung stehenden Verkehrskapazitäten bzw. der Nutzung der Verkehrsflächen und den sich ergebenden Immissionen. Eine Innenentwicklung ist nur möglich, wenn die bestehenden Kapazitäten optimal ausgenutzt werden und der zusätzliche Verkehr mit flächeneffizienten Verkehrsmitteln und/oder mit hohen Kosten (unterirdische Verkehrswege) erfolgt.

Generell stellt sich die Frage, ob und inwieweit die Verkehrsentwicklung durch eine Anhebung der generalisierten Kosten gedämpft oder gesteuert werden kann. Mit einem (verkehrsträgerübergreifenden) Mobility Pricing kann versucht werden die Verkehrsleistungen insgesamt zu reduzieren, angestrebte umweltpolitische Ziele zu erreichen (Integration von Umweltabgaben), einen angestrebten Modal-Split zu erzielen oder Anreize für die Nutzung kollektiver Verkehre zu setzen und die Auslastung der Fahrzeuge im MIV zu steigern. Hier zeigt sich aber, dass bei den generalisierten Kosten die Zeitkomponente (2/3 der Kosten eines Weges) bedeutender ist als die Out-Of-Pocket-Kosten (1/3 der Kosten eines Weges). Angebotsverschlechterungen (Reduktion von

Geschwindigkeiten) dürften hier deutlich grössere Wirkungen aufweisen als Preiserhöhungen. Etwaige negative Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft sind aber sorgfältig in entsprechende Überlegungen einzubeziehen.

Die Siedlungsentwicklung sollte weiterhin noch konsequenter auf Bahnhaltestellen und Umsteigepunkte (Mobility Hubs) ausgerichtet werden, damit die Effizienz der entsprechenden Verkehrsmittel genutzt werden kann. Mobility Hubs sollten vor dem Hintergrund der neuen Angebote vermehrt in die Planungen integriert werden, um die Kombinationsmöglichkeiten von Verkehrsmitteln zu fördern und in Städten die notwendigen Priorisierungen zu ermöglichen.

Abstimmung Verkehrs- und Raumplanung

Alle Szenarien ermöglichen weiterhin Mobilität und Verkehr und damit für alle Bewohner Möglichkeiten zu Austausch und gesellschaftlicher Teilhabe. Dabei ist die Umsetzung in den Szenarien sehr unterschiedlich. **Die vielfältigen (teils laufenden) Arbeiten zu den Auswirkungen der verschiedenen technologischen Entwicklung sind weiter zu vertiefen und zu ergänzen.** Weitere hier nicht bearbeitete Themen wie Wirtschaftlichkeit oder Ressourcenverbrauch sind dabei zu berücksichtigen. Die Verkehrsplanung muss dann einen Weg finden, die «gesellschaftlich» gewünschte Nutzung der neuen Technologien unter Einbezug der Vielfältigkeit dieser gesellschaftlichen Interessen zu ermöglichen.

Vor dem Hintergrund dieses gesellschaftlichen Diskurses ergibt sich dann, wie und wo die neuen Technologien eingesetzt werden sollen. Dabei wird es darum gehen, die Mobilitätsbedürfnisse der Bevölkerung raum- und umweltverträglich zu gestalten. Eine abgestimmte Raum- und Verkehrsplanung, welche die neuen Technologien als Chancen nutzt, Mobilitätsketten und die Verknüpfung der verschiedenen Verkehrsmittel verbessert, kann einen wesentlichen Beitrag zur zukünftigen Entwicklung leisten.

Eine hohe **Raumattraktivität** ergibt sich auch durch eine sorgfältige Gestaltung der Städte, Gemeinden, Quartiere und Areale. Dabei ist eine grosse Herausforderung der Umgang mit dem Verkehr und der Mobilität in den skizzierten dichten Räumen bei gleichzeitiger Gewährleistung eines Zugangs zur überregionalen Verkehrserschliessung, z.B. via Mobility Hubs mit Übergangsmöglichkeiten auf Schiene oder anderer überregionaler Transportmittel.

Die konkrete Aushandlung, welche Nutzung und welche Verkehrsangebote in dichten Räumen wie angeboten und kombiniert werden, ist verstärkt zu diskutieren und planerisch zu berücksichtigen. Neben einer attraktiven Gestaltung von dichten Quartieren mit einer hohen Priorität für Fuss- und Veloverkehr ist auch der Zugang zum motorisierten regionalen Verkehr und zu überregionalen Verkehr (wieder) verstärkt mit in den Planungen zu berücksichtigen. Die in Aussicht stehenden zukünftigen Technologien bieten dazu weitere neue Möglichkeiten. **Mobility Hubs** – unter anderem auch abseits von Bahnhöfen – können als Übergang zwischen verschiedenen überregionalen Transportmitteln und der Fortbewegung in attraktiven Räumen und Quartieren dienen.

Eine wesentliche Herausforderung für die Planung ist die Gestaltung des **Übergangs von überregionalen Verkehrsströmen und -netzen auf regionale Netze und Quartiere**, da sich hier die Zielkonflikte zwischen überörtlicher Erreichbarkeit und dichten Quartieren am stärksten akzentuiert. Hier sind weitere Lösungen zu erarbeiten, die auch die zukünftigen Technologien mit einbeziehen.

Bevölkerung und Werte

Wie oben gezeigt, ist der wesentliche Faktor für die Entwicklungsrichtung die Bevölkerung. So zeigen unterschiedliche Einstellungen und Verhaltensweisen an verschiedenen Stellen grosse Wirkung: persönlicher Flächenbedarf, Fahrzeugbesitz und Verkehrsmittelwahl, Umgang mit Zeit/Budget für Mobilität, Akzeptanz neuer Angebote, Adaption neuer Technologien etc. Hier ergeben sich vielfältige Ansatzpunkte für die Politik auch vermehrt

Push-Massnahmen für eine «gewünschte» Entwicklung zu ergreifen. Push-Massnahmen wie z.B. Mobility Pricing sind an sich schon lange bekannt, aber nicht mehrheitsfähig. In Zukunft ist zu prüfen, ob die Massnahmen so attraktiv ausgestaltet und dargestellt werden können, dass sie auch akzeptiert werden können. Neue Wege der Ausgestaltung der Instrumente und der Kommunikation sind dabei zu entwickeln und anzugehen. So sind auch Anreize zu prüfen, ob das eigene Auto zu verzichten, und seine Nachfrage vermehrt mit Sharing-Angeboten zu befriedigen. Dabei ist auch zu prüfen, inwieweit mit neuen Instrumenten die Bevölkerung in eine akzeptierte und gewünschte Richtung gestupst werden kann («Nudging»).

Résumé

Tâches à accomplir

Le paquet de recherche « Transports du futur 2060 » Avenir des transports vise à établir une vision prospective de l'évolution à long terme des transports au-delà des prévisions et des perspectives purement quantitatives. Au total, 7 projets partiels forment le paquet d'ensemble « Transports du futur 2060 ». Ce projet a pour objectif d'élaborer un réseau d'interactions, dans lequel les interactions de l'espace et des transports sont intégrées aux développements sociaux et technologiques d'ordre supérieur. Le réseau d'interactions sert à étudier des scénarios quant aux impacts sur l'espace et les transports, à exposer les relations de cause à effet lors l'interprétation des résultats et à tirer des enseignements applicables à l'aménagement du territoire et à la planification des transports.

Réseau d'interactions

Le réseau d'interactions mis au point sur la base des réseaux de Bayes prend en considération le transport de personnes et le transport de marchandises ainsi que les surfaces habitables et les surfaces de travail avec leurs caractéristiques respectivement axées sur l'offre et la demande. Il est fait alors une distinction entre trois types d'espace, à savoir les villes-centres, les communes d'agglomération et les communes rurales. La population est divisée en onze groupes aux comportements homogènes (GCH). Ils se différencient par leur demande de transports et de surfaces habitables spécifiques dans les types d'espace respectifs. Vingt branches sont définies dans le transport de marchandises. Du point de vue de l'offre, les surfaces affectées à l'urbanisation, les densités et les attraits par type d'espace sont les éléments définis pour l'aménagement du territoire. Le réseau d'interactions a été établi pour l'année 2015 et ensuite appliqué à 2060 sur la base d'hypothèses de scénario. Trois scénarios ont été lancés par la direction du paquet de recherche et peaufinés au cours du projet. Les hypothèses formant la base des calculs sont soumises à l'agrément de la direction du paquet de recherche. L'automatisation des véhicules et de nouvelles offres dans les transports collectifs telles que les services à la demande sont également prises en compte dans l'offre de transports orientée vers l'horizon 2060. Les prestations du transport de voyageurs et du transport de marchandises (en passagers-kilomètres et en tonnes-kilomètres) sont examinées dans cette étude, mais aucune distance parcourue (en véhicules-kilomètres) n'en est déduite.

Interactions générales espace-transports

L'espace et les transports s'influencent mutuellement. L'illustration suivante expose les relations réciproques et les conditions-cadres, qui sont représentées dans le réseau d'interactions :

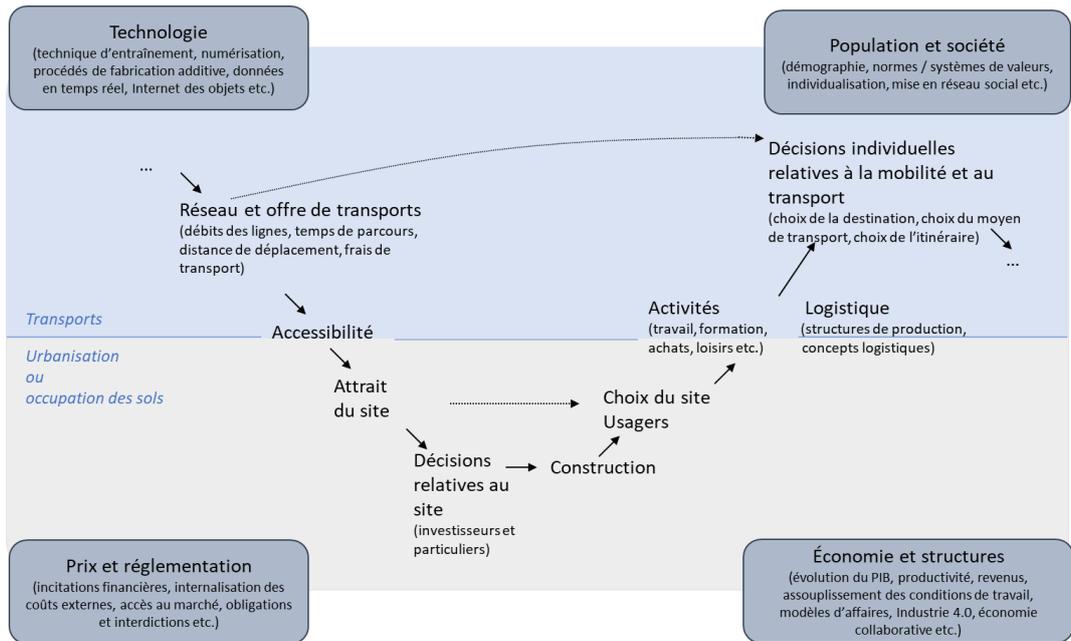


Fig. 2 : Rapport entre l'espace et les transports (source : Wegener, M. ; Fürst, F. (1999) avec des adaptations)

Quelles connaissances la création du réseau d'interactions et son application aux scénarios permettent-elles d'acquérir au vu des interactions de l'espace et des transports ?

Accessibilité, attrait et sélection du site

L'accessibilité des espaces est représentée dans le réseau d'interactions par le biais des coûts généralisés. Ces derniers sont constitués par le temps de voyage ou le temps de transport et les dépenses de transport assumées pour les moyens de locomotion et de transport respectifs. L'automatisation, la numérisation et les offres de transport en résultant abaissent les coûts généralisés. La baisse des coûts s'avère la plus notable, lorsqu'il existe un taux de pénétration élevé de véhicules hautement automatisés. Il est présumé en l'occurrence dans cette étude que les potentiels de réduction des coûts peuvent être aussi réalisés et qu'aucun prélèvement ne se produit sur les gains de productivité ou encore qu'une intervention de l'État s'effectue p.ex. moyennant une redevance sur la mobilité (*mobility pricing*) ou une redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations (RPLP). En outre, de nouvelles offres dans les transports collectifs offrant une grande disponibilité dans tous les types d'espace minorent également les coûts et augmentent ainsi nettement les prestations de transport. La demande réagit aux variations de prix à des degrés différents suivant le groupe aux comportements homogènes ou la branche et son site (par type d'espace).

La baisse des coûts a un effet décentralisateur dans l'espace sous les hypothèses retenues : plus l'offre de transport est avantageuse, plus les prestations de transport augmentent et plus le choix du site de la population et des entreprises se déplace des zones urbaines vers les zones rurales. Divers facteurs d'influence jouent alors un rôle : la force de la préférence spatiale, les revenus ou la valeur ajoutée ainsi que l'intensité du transport de marchandises s'agissant des postes de travail. Les évolutions recherchées en matière de politique environnementale et d'aménagement territorial pourraient être contrecarrées par les compressions de coûts, s'il n'y est pas fait face par voie réglementaire. Sauf dans le cas d'une part d'autant plus élevée de déplacements collectifs et de taux d'occupation croissants des véhicules, les kilomètres parcourus pourraient se réduire, si des trajets à vide ne se produisent pas dans une large mesure. Il serait possible d'augmenter les prestations de transport en pareil cas avec de moindres impacts sur l'environnement.

La direction des effets d'une réduction des coûts généralisés sur le développement spatial est claire. La force des effets dans le réseau s'est avérée faible néanmoins à la lumière des hypothèses émises sur l'organisation du territoire. Des coûts réduits ne se traduisent à eux seuls que par une modification mineure dans le choix du site fait par les ménages et les entreprises. L'accessibilité constitue certes en principe un facteur important pour sélectionner le site. Au vu de l'accessibilité élevée déjà atteinte aujourd'hui en bien des endroits, des changements relatifs ne pèsent guère cependant. Et ce à plus forte raison que les qualités urbaines de sites tendent à gagner en importance du fait de l'évolution démographique et économique. Les effets décentralisateurs des coûts réduits peuvent tout au plus légèrement atténuer la tendance générale à l'urbanisation.

Choix du site, activités et décisions individuelles relatives à la mobilité et au transport

Le déplacement de la population hors des villes-centres vers les communes d'agglomération et les communes rurales a des incidences sur les transports. Les longueurs de déplacement et la part du transport individuel motorisé (TIM) sont ainsi plus grandes dans l'espace rural que dans les villes-centres. Du fait que le choix du site n'est guère modifié, il n'en résulte aussi que des prestations de transport et des effets du choix modal légèrement supérieurs par rapport aux incidences que l'évolution démographique et les nouvelles technologies ont sur la demande de transport sans mesures réglementaires supplémentaires.

Les effets du choix du site des entreprises se répercutent sur les distances de transport moyennes dans le trafic de marchandises : plus les places de travail sont réparties de façon dispersée, surtout dans la branche du transport, plus les prestations de transport augmentent. Comme dans le trafic de passagers, il convient également de noter en l'occurrence que d'autres effets tels que les changements du choix modal et les distances de transport s'en trouvant modifiées ont une plus grande influence sur la prestation de transport que la faible modification alors déterminée de la répartition spatiale des places de travail.

L'importance cruciale de la population

Les interactions de l'espace et des transports sont tout particulièrement marquées par l'influence des groupes aux comportements homogènes avec leurs comportements de déplacement et spatiaux spécifiques. Leurs préférences typiques du groupe influent tant sur le marché des transports que sur le marché du logement. Les groupes réagissent différemment par exemple aux pénuries sur le marché du logement ou aux offres de transport modifiées. Il s'est dégagé de l'analyse qu'un décalage des proportions entre les groupes induit des variations sensibles dans la répartition spatiale de la population ainsi que dans le choix des moyens de transport. Un exemple matérialise l'importance des groupes aux comportements homogènes : si la part de « familles du réseau » augmente au détriment de la part de « types de famille », la demande de surfaces habitables s'accroît dans l'espace urbain et fléchit en milieu rural. Dans le cas de la disponibilité d'une offre appropriée de surfaces habitables, l'occupation de la surface affectée à l'urbanisation augmente dans les villes. De plus, la part des transports collectifs ainsi que du trafic piétonnier et cycliste s'accroît, vu que les « familles du réseau » utilisent davantage les moyens de transport collectifs que les types de famille mettant l'accent sur un mode de circulation individuel.

Autres conditions-cadres significatives

Les effets de nouvelles offres de transport, l'aménagement du territoire et l'attractivité des espaces ont par ailleurs, eux aussi, un impact sur les interactions. Ces affirmations doivent être toutefois considérées avec prudence au vu de l'horizon temporel long jusqu'à 2060. Alors qu'il est possible de s'appuyer sur des rapports empiriques en ce qui concerne la sélection du lieu de résidence, les incidences sur le choix du site des entreprises sont plus difficiles à évaluer. Tant les hypothèses émises pour 2060 concernant la circulation des marchandises ou les concepts logistiques que la demande de transport de marchandises

de l'économie devraient être sujettes à des incertitudes importantes en raison des procédés de fabrication modifiés (numérisés).

En outre, les (faibles) effets sont également au moins en partie imputables à la méthodologie du réseau d'interactions ou aux simplifications requises. Le réseau d'interactions ne décrit, avec trois types d'espace, que des évolutions à grande échelle au niveau d'espaces macro-géographiques. Des évolutions à petite échelle, comme à l'intérieur des villes-centres, des agglomérations et dans des communes rurales présentant une accessibilité différente ainsi que l'impact de travaux d'infrastructure spécifiques ne sont pas perceptibles. En outre, les types d'espace sont maintenus constants. En ayant l'horizon temporel 2060 à l'esprit, il faut néanmoins partir du principe que la structure spatiale va également se modifier par rapport à aujourd'hui. Un développement spatialement différencié devrait se cacher derrière les résultats disponibles pour ce type d'espace notamment dans les zones d'agglomération. Les agglomérations à proximité du centre devraient présenter dans une large mesure des caractéristiques urbaines jusqu'en 2060. Mais il faut s'attendre à des mutations même dans les régions rurales, si les espaces ruraux périurbains s'apparentent de plus en plus à une agglomération. Étant donné toutefois que les villes s'urbanisent encore plus, des différenciations relatives entre les types d'espace vont continuer de subsister.

Concrétisation des interactions applicables à trois scénarios en 2060

L'application du réseau d'interactions aux trois scénarios suivants, engagés par la direction du paquet de recherche, permet d'acquérir un aperçu plus nuancé des interactions espace-transports :

- S1 : L'évolution sans interruption : ce scénario se distingue par une automatisation moyenne (proportion de niveau V de véhicules). La mobilité multimodale s'accroît, mais ne domine pas.
- S2 : La révolution des services de mobilité individuelle : une proportion élevée de camions et de voitures de tourisme hautement automatisés est supposée en l'occurrence, sachant que ceux-ci présentent une grande pertinence pour les offres individuelles (possession en propre, robots-taxis).
- S3 : La révolution des services de mobilité collective : il est également présumé une forte proportion de véhicules hautement automatisés dans ce cas de figure, ceux-ci revêtant toutefois une grande importance pour la mobilité multimodale et collective.

Les scénarios ne comportent aucune nouvelle mesure réglementaire ou fiscale en particulier dans la circulation de personnes. Il n'est prévu que de faibles potentiels de réduction de coûts dans les transports publics (TP) lors des scénarios S1 et S2, qui sont par contre plus substantiels dans le scénario S3. Cette étude est centrée sur les prestations de transport dans le secteur de la circulation. Les kilométrages parcourus, les trajets à vide, la rentabilité des offres et l'éventuel besoin d'indemnisation (p.ex. pour des offres à la demande, Cargo Sous Terrain) ne sont pas pris ici en considération.

Évolution démographique, marché du logement et développement urbain

À l'horizon 2060, la Suisse sera plus urbanisée qu'à l'heure actuelle dans les trois scénarios. L'hypothèse est admise que les proportions de groupes de population ainsi que de branches ayant une forte prédilection pour les espaces urbains vont augmenter. Cela se traduit par une croissance de la population et une progression des emplois disproportionnées dans les zones urbaines. Cette tendance à l'urbanisation est encore renforcée par le lien existant entre l'habitat et le lieu de travail dans le réseau d'interactions. Certaines branches, qui sont particulièrement tributaires de la proximité avec les clients ainsi que de collaborateurs qualifiés, adaptent leur comportement quant au choix du site au changement de répartition de la population.

La croissance entraîne une demande excédentaire sur le marché du logement dans les espaces urbains (concernant tous les scénarios) ainsi que dans une moindre mesure

également sur le marché des surfaces de travail dans le scénario S3. C'est pourquoi un mécanisme de marché est mis en œuvre dans le réseau d'interactions, qui fait concorder l'offre et la demande moyennant un élargissement de l'offre, une réduction de la demande de surface moyenne et un transfert de la demande vers d'autres types d'espace.

Il s'agit du scénario de loin « le plus urbain » dans la répartition de la population résultante en 2060 (cf. *Tab. 1*) dans le cas de S3, s'accompagnant d'une augmentation de la population de 43 % dans les villes. Cette évolution est due à la composition de la population avec une part élevée de groupes de population enclins à vivre en ville, encore accentuée par l'attrait général accru des zones urbaines. Dans le scénario 2, il y a également une forte proportion de groupes aux comportements homogènes préférant les villes. Une augmentation générale de l'attractivité des espaces ruraux contrarie cependant cette tendance. Le scénario 2 laisse donc apparaître la croissance de population la plus forte de tous les scénarios dans les communes rurales. Il en découle que S1 et S2 ne se différencient guère en fin de compte par leur répartition spatiale.

Tab. 6 Population de 2060 en millions d'après le marché des surfaces habitables et avec de nouvelles offres de transport (variation par rapport à 2015) (total : 9.94 millions de personnes (+27.1%))

	Villes-centres		Communes d'agglomération		Communes rurales	
S1	2.91	(+28.9%)	4.27	(+25.7%)	2.75	(+27.5%)
S2	2.90	(+28.5%)	4.25	(+24.8%)	2.79	(+29.3%)
S3	3.25	(+43.7%)	4.31	(+26.8%)	2.38	(+10.2%)

Les conditions-cadres de l'aménagement du territoire aboutissent à ce que l'évolution démographique et des places de travail se répercute différemment sur l'occupation de la surface affectée à l'urbanisation (cf. *Tab. 2*). L'évolution démographique fait varier la demande, et les conditions-cadres de l'aménagement du territoire définissent sous quelle forme cette demande peut être satisfaite. Les diverses hypothèses concernant les zones à bâtir supplémentaires ainsi que les densités modifiées dans les trois scénarios sont clairement identifiables dans les résultats obtenus. La hausse de la population est ainsi donc complètement absorbée dans le scénario S3 par une augmentation de la densité du milieu bâti. En d'autres termes, l'évolution peut être canalisée par l'aménagement du territoire, mais elle ne peut être gérée qu'avec certaines restrictions.

Tab. 7 Occupation de la surface affectée à l'urbanisation en ha (variation par rapport à 2015)

	Villes-centres	Communes d'agglomération	Communes rurales	Total
S1	16'180 (+9%)	49'514 (+12%)	41'048 (+15%)	106'742 (+13%)
S2	17'644 (+19%)	52'285 (+18%)	44'151 (+24%)	114'080 (+21%)
S3	14'801 (+0%)	44'144 (+0%)	335'818 (+0%)	994'764 (+0%)

Nouvelles technologies et offres de transport de voyageurs

Le trafic de passagers progresse dans les trois scénarios jusqu'en 2060 (cf. *Tab. 3*).

Tab. 8 Prestation de transport en milliards de passagers-kilomètres/an et sa répartition avec de nouvelles offres (résultat final, c.-à-d. compte tenu des lieux de résidence après les effets du transport) (variation par rapport à 2015)

	Villes-centres		Communes d'agglomération		Communes rurales		Total
2015	27.7		43.5		31.8		103.0
S1	38.2	(+38%)	54.3	(+25%)	40.5	(+27%)	133.0 (+29%)
S2	37.4	(+35%)	55.0	(+26%)	41.6	(+31%)	133.9 (+30%)
S3	46.4	(+68%)	59.3	(+36%)	38.0	(+19%)	143.6 (+39%)

La croissance des prestations liées au transport de personnes variant au total de +29 à +39% découle des facteurs suivants :

- Une augmentation de près de 22% des prestations liées au transport de voyageurs résulte de l'évolution démographique: à elle seule, l'évolution du nombre d'habitants fait déjà que les transports devraient se développer dans tous les scénarios proportionnellement à la population (+27 points %). Vu que la répartition des groupes aux comportements homogènes va varier d'ici 2060, par exemple du fait du vieillissement démographique, il en découle encore aussi des modifications quant au volume de trafic généré et aux prestations de transport. Cet impact réduit l'effet de la croissance de 5 points %.
- Les répercussions des nouvelles technologies et offres s'ajoutent maintenant à cet impact. Suivant le scénario, elles se traduisent par une nette croissance des prestations de transport de +7% à + 17points %.
- Le changement du choix de domicile en raison de nouvelles offres de transport et les incidences sur le trafic en découlant se sont révélés avoir un impact marginal par rapport aux effets mentionnés précédemment.

Les prestations de transport progressent au total d'env. +30% dans les scénarios S1 et S2. Sur cette croissance, 22 points % sont imputables à l'évolution démographique (hausse et répartition des groupes aux comportements homogènes), 7% pouvant être attribués aux nouvelles technologies et offres. Les deux scénarios ne divergent guère, étant donné qu'ils présentent l'un comme l'autre une proportion élevée de voitures particulières comprenant aussi des véhicules automatisés.

La prestation de transport augmente d'env. 40% par rapport à 2015 dans le scénario S3. Les nouvelles technologies y contribuent pour env. 17 points % à la croissance. La croissance dynamisée par les technologies résulte du choix d'autres destinations et implicitement également du fait que davantage de personnes ont accès à une mobilité automatisée. De plus, il existe d'autres potentiels appréciables de réduction de coûts dans le scénario S3, si les usagers renoncent à posséder une voiture particulière et si les offres de transports collectifs se caractérisent tant par une grande disponibilité que par de faibles coûts pour le demandeur.

Nouvelles technologies et offres de transport de marchandises

L'évolution dans le transport de marchandises est présumée se conformer à la mise à jour des perspectives de circulation. Il faut s'attendre à l'avenir à des effets perturbateurs surtout en raison de nouvelles technologies de production (p.ex. procédés de fabrication additive et impression en 3D) et du fait des bouleversements des structures économiques. Ces facteurs ne font pas partie toutefois des hypothèses de scénario et ils n'ont donc pas pu être reproduits dans le réseau d'interactions. Les nouvelles technologies dans le secteur des transports induisent des baisses de prix et des changements dans le choix modal.

Tab. 9 Scénario 2060 : prestations de transport (variation par rapport à 2015 en %)

Millions de tonnes nettes-kilomètres/an				Choix modal %					
Villes-centres	Communes d'agglomération	Communes rurales	Somme	TWC	TCNA	VUL	VL	CST	autres
2015			14266	21%	2%	71%	8%	-	-
S1 6575	8722	4647	19944 (+39.8%)	20%	3%	71%	6%	0%	0%
S2 6048	8789	4902	19739 (+38.4%)	20%	3%	71%	6%	0%	0%
S3 6764	9515	5270	21548 (+51.0%)	26%	4%	51%	5%	14%	0%

Les coûts afférents au transport de marchandises par route fléchissent dans les scénarios S1 et notamment S2. En raison de la faible élasticité des prix des marchandises et de la part de marché déjà très élevée de la route en 2015, cela ne se fait pas sentir par des transferts tangibles du choix modal dans les scénarios S1 et S2. Par contre, un transfert de la route vers le rail a lieu dans le scénario S3. Les gains d'efficacité y sont prélevés dans le transport de marchandises par route, si bien que les chemins de fer peuvent gagner des parts de marché. Du fait des différentes caractéristiques des systèmes de transport (trafic direct, système de collecte et de distribution « Hub-and-Spoke »), les prestations de transport de marchandises s'accroissent finalement dans le scénario S3. Faute de fondements et de bibliographie disponibles, aucune circulation de marchandises induite n'a pu être évaluée contrairement à ce qui se passe dans le trafic de passagers. La prestation de transport globale s'accroît s'agissant de la circulation de marchandises dans le scénario S3. En plus des distances de transport moyennes plus longues, le transfert du volume de trafic de marchandises par route vers le rail et Cargo Sous Terrain (CST) y contribue également. Cargo Sous Terrain constitue en l'occurrence un nouveau moyen de transport qui tire son volume de trafic avant tout de la route et pour de faibles parts des chemins de fer. Le fait que le trafic par wagons complets (TWC) croisse aussi malgré tout tient aux améliorations présumées du TWC dans le scénario S3 (Smart Rail 4.0), qui se concrétisent par d'énormes réductions de coûts sur rail, tandis que les coûts causés par le transport de marchandises par route ne baissent que dans une faible mesure. Les variations des prix relatifs en résultant permettent aussi au TWC de croître en dépit du CST. Cela s'explique également parce que le CST n'agit que sur quelques relations.

Différenciation des scénarios

Quelle différenciation est perceptible dans les trois scénarios ? Observé globalement par-delà les deux réseaux partiels, le scénario S3 se démarque clairement des deux autres scénarios par sa manifestation en tant que scénario « urbain » restrictif sur le plan de l'aménagement du territoire présentant une forte utilisation d'offres de transports collectifs, mais aussi une augmentation considérable des prestations de transport. Les scénarios S1 et S2 sont plus proches l'un de l'autre de par leurs hypothèses, tant en ce qui concerne l'évolution démographique que le développement de l'offre, et ainsi également de par les effets obtenus.

Des enseignements utiles à la planification

Les trois scénarios décrivent des « univers » différents à l'horizon de 2060, sachant qu'il est admis que les frais de voyage et de transport diminuent par le biais des nouvelles technologies et ne font pas l'objet d'interventions réglementaires. Par le présent projet, il a été tenté de mieux cerner l'évolution de l'espace et des transports en interaction et d'identifier les principaux facteurs d'influence. Il n'est pas question ici d'apprécier si et à quel point les états résultants sont souhaitables ou non, vu que d'autres critères tels que les kilomètres parcourus et les émissions y étant associées, les consommations de ressources ou la viabilité financière/rentabilité s'y rattachent. Il s'agit aussi de prendre en

considération les hypothèses fondamentales. Les connaissances acquises sont destinées à l'aménagement du territoire et à la planification des transports ainsi qu'à leur coordination réciproque bien sûr dans le droit fil du projet.

Aménagement du territoire

Sous les hypothèses émises, **l'aménagement du territoire possède les moyens d'influer sur l'évolution démographique et des emplois par le biais des surfaces affectées à l'urbanisation et les densités, surtout de les canaliser pour l'essentiel**. Si aucune surface d'habitat supplémentaire n'est affectée comme dans le scénario S3, aucune autre surface affectée à l'urbanisation ne peut être non plus occupée.

Le réseau d'interactions donne à penser qu'un défi majeur en matière d'aménagement territorial va encore s'accroître à l'avenir : **est-il possible de créer suffisamment d'espace habitable et de travail dans les zones urbaines ?** Il se dégage une demande excédentaire dans les trois scénarios et ce déjà dans le scénario démographique moyen. Cela ne sera pas réalisable sans une (autre) augmentation de la densité d'urbanisation. Les milieux de la planification et de la politique franchissent de nos jours des pas importants vers un développement amplifié de l'urbanisation vers l'intérieur du milieu bâti comme le montrent les révisions des plans d'affectation et des zones à bâtir. Ces expériences actuelles indiquent aussi toutefois que la mise en œuvre concrète implique de grands enjeux. Un accroissement de la densité d'urbanisation ne pourra être accompli que si des efforts accentués en vue d'une qualité supérieure du milieu bâti au sens large sont déployés dans le même temps.

Un autre thème qui soulève des questions en matière d'aménagement du territoire réside dans les **besoins de surface des entreprises**. Les hypothèses retenues à ce sujet dans le réseau d'interactions sont très conservatrices. Le processus de transformation numérique en cours dans les entreprises, mais aussi la mutation des chaînes de création de valeur vont modifier la demande à venir de surfaces de travail, en regard tant de la situation et de la taille que de la qualité. Il va donc falloir également adopter une autre approche de l'aménagement du territoire.

Des effets ayant une incidence spatiale découlent aussi du **changement général de l'attractivité de l'espace**. Associé à d'autres politiques sectorielles à incidence spatiale, l'aménagement du territoire apporte une contribution majeure à cet égard. Un autre facteur d'influence à grande échelle est formé par **l'équipement avec des infrastructures publiques et des offres de prestations de service**. S'il s'ensuit à l'avenir des changements relatifs en la matière, notamment dans le contexte ville-campagne, cela devrait continuer à renforcer la tendance à l'urbanisation.

Planification des transports

Le tableau suivant présente les prestations de transport et l'évolution du choix modal. Les chances et les risques pour la planification des transports donnent lieu ensuite à une discussion.

Tab. 10 Prestation de transport avec les nouvelles offres en milliards de personnes-kilomètres et en ([%]) (résultat final, c.-à-d. compte tenu des lieux de résidence après les effets du transport)

	Déplacements individuels			Déplacements collectifs				À pied et à vélo
	VT classique	VT niveau V	Robo-taxi, autopartage	TIP	TP sur rail	TP sur route	Système de transport par tube Hyperloop	
2015	69.6 (67.5%)	69.6 (67.5%)	-	-	20.9 (20.3%)	4.6 (4.5%)	-	8.0 (7.7%)
S1	35.2 (26.4%)	89.1 (67.0%)	10.2 (7.7%)	10.7 (8.0%)	19.8 (14.9%)	4.6 (3.5%)	-	8.8 (6.6%)
S2	17.9 (13.4%)	93.2 (69.6%)	15.7 (11.7%)	6.8 (5.1%)	20.3 (15.1%)	4.7 (3.5%)	-	9.0 (6.7%)
S3	12.6 (8.7%)	67.3 (46.9%)	42.2 (29.4%)	26.6 (18.6%)	28.3 (19.7%)	6.5 (4.6%)	3.6 (2.5%)	11.1 (7.7%)

Les déplacements individuels augmentent nettement dans les scénarios S1 et S2 par rapport à 2015, sachant que leur part de marché reste inchangée. Les questions actuelles de la politique environnementale, spatiale et des transports devraient être davantage résolues dans ces scénarios notamment par les améliorations des moyens de transport existants (p.ex. réduction des émissions à l'aide de nouveaux carburants et agents de propulsion) ou par le contrôle et la réglementation du système de transport. Des opportunités en matière d'aménagement du territoire sont offertes également en l'occurrence avant tout par les robots-taxis / l'autopartage, si cela permet de réduire la détention d'une voiture de tourisme (VT) et de restreindre de la sorte par exemple les places de stationnement ainsi que les ressources et l'énergie mobilisées par les véhicules. Le partage revêt une importance d'autant plus élevée dans le scénario S3. Les prestations de transport des déplacements individuels restent au niveau de 2015, mais désormais avec des fortes proportions des robots-taxis et de l'autopartage. L'aménagement du territoire et la planification des transports devraient créer en la circonstance des conditions plus étendues de manière à permettre des offres de partage correspondantes. Une politique adéquate en matière de places de stationnement en fait partie par exemple.

Les déplacements collectifs s'inscrivent également en hausse dans les trois scénarios. Dans les scénarios S1 et S2, la demande dans les transports publics classiques stagne au niveau d'aujourd'hui et le transport individuel public (TIP) (On Demand Service avec covoiturage) absorbe toute la croissance. Les parts de marché des TP classiques baissent ainsi sensiblement. Les TP classiques progressent dans le scénario S3 aussi en raison des potentiels de réduction de coûts exploités et ils peuvent maintenir leurs parts de marché de ce fait. Le TIP offre d'amples perspectives dans les transports collectifs. Il peut constituer pour des segments de clients sélectionnés une amélioration par rapport aux transports publics classiques dans les villes et les agglomérations ainsi que comme desserte aux chemins de fer. Il représente un perfectionnement judicieux des TP classiques et nécessaire dans l'optique de l'automatisation et de la numérisation. La législation (p.ex. la loi sur le transport de voyageurs) doit être adaptée de façon à rendre possibles de telles offres. Les offres de TIP doivent être coordonnées avec les TP classiques et même éventuellement intégrées à ceux-ci. Étant donné que le TIP, s'il n'est pas réglementé, est capable de concurrencer le trafic piétonnier et cycliste (cf. résultats de S1 et S2), il convient d'examiner dans le cadre de l'attribution d'autorisations d'exploitation

ou de concessions, dans quelle mesure cela doit être empêché (p.ex. longueurs minimales de trajet par déplacement). Le développement urbain et territorial doit procurer les moyens d'exploiter de tels services, par exemple sous la forme d'options aussi nombreuses que possible de points d'arrêt pour monter ou descendre.

Les TP classiques vont continuer de présenter de multiples relations dans tous les scénarios, pour lesquelles les offres sont bien meilleures par rapport aux alternatives ; ils vont ainsi continuer d'être utilisés même dans le cas de S2. En raison de leur capacité de prestations de masse et de leur confort (dans le trafic à longue distance), ils conservent une grande importance avant tout pour desservir les villes et ils continuent de relier les villes(-centres) entre elles. Pour faire face au risque de stagnation, les TP classiques doivent systématiquement tirer profit des potentiels de réduction de coûts de l'automatisation et de la numérisation. Les possibilités d'intégration et d'harmonisation avec le TIP doivent être analysées. Les commanditaires publics jouent aussi un rôle primordial en l'occurrence : il est essentiel alors de considérer dans quelle mesure les potentiels de réduction de coûts sont répercutés sur les usagers des transports (et non pas ainsi utilisés complètement pour diminuer les besoins d'indemnisation).

Des opportunités s'ouvrent pour les chemins de fer dans le transport de marchandises si les possibilités offertes par l'automatisation et la numérisation sont systématiquement transposées dans des améliorations de l'offre et des baisses de prix et si en plus les mesures réglementaires consignées dans les hypothèses du scénario S3 (évolutions des prix du transport sur route) sont mises en œuvre. L'aménagement urbain et territorial devrait surtout prévoir en la circonstance des surfaces dédiées à la logistique et au trafic ferroviaire dans les villes et les agglomérations.

En ce qui concerne le trafic piétonnier et cycliste, il s'avère qu'il augmente certes en valeur absolue en raison de l'évolution démographique et sans mesure supplémentaire importante pour le rendre plus attrayant, mais que sa proportion s'amoindrit dans le choix modal. Cela s'explique par les nouvelles offres attractives. La réduction des coûts du trafic piétonnier et cycliste (p.ex. BikeSharing) permet de maintenir la part de marché dans le scénario S3. Les multiples appareils électriques nouveaux, semblables à des véhicules (p.ex. trottinettes et vélos électriques) ouvrent des perspectives de parts de marché croissantes dans le trafic piétonnier et cycliste. Cela vaut a fortiori si les autres moyens de transport sont réglementés et que l'infrastructure est étendue en conséquence. Il faut cependant s'interroger alors dans quelle mesure ces offres ne se rattachent pas au transport individuel motorisé et doivent être également réglementées dans les villes (p.ex. aires de stationnement). Dans un souci d'efficacité d'exploitation des surfaces, il faut aussi envisager néanmoins en l'occurrence d'autres moyens de rendre ce trafic plus attrayant (itinéraires cyclables rapides etc.). Des risques sont alors encourus avant tout dans le secteur de la sécurité routière (p.ex. accidents avec des vélos électriques). L'aménagement du territoire et la planification des transports doivent prévoir là encore des moyens à la hauteur.

Le défi posé en particulier dans les scénarios S1 et S2 ainsi que dans les villes (dans les trois scénarios) consiste à gérer les capacités de transport disponibles ou l'utilisation des surfaces de circulation et les immissions en résultant. Un développement vers l'intérieur du milieu bâti n'est réalisable que si les capacités existantes sont exploitées au mieux et que les transports supplémentaires s'effectuent avec des moyens desservant efficacement les surfaces et/ou des coûts élevés (voies de circulation souterraines).

D'une manière générale, la question se pose de savoir si et à quel point l'évolution du trafic peut être atténuée ou contrôlée par une hausse des coûts généralisés. Il est possible d'essayer de réduire globalement les prestations de transport, d'atteindre des objectifs visés en matière de politique environnementale (intégration de taxes environnementales), de parvenir à un choix modal recherché ou de définir des incitations à utiliser les transports collectifs et d'accroître le taux d'utilisation des véhicules dans le TIM par une redevance sur la mobilité (intermodale). Il apparaît cependant ici que la composante temporelle (2/3 des coûts d'un trajet) est plus importante que les coûts Out-Of-Pocket (1/3 des coûts d'un trajet) s'agissant des coûts généralisés. Des offres dégradées (réduction des vitesses) devraient présenter alors des impacts bien plus forts que des hausses de prix. D'éventuels

effets négatifs sur l'économie et la société doivent néanmoins faire l'objet de réflexions approfondies en conséquence.

Le développement de l'urbanisation devrait continuer à être orienté encore plus systématiquement vers les arrêts de train et les points de correspondance (*mobility hubs*), afin que les moyens de transport correspondants puissent être utilisés efficacement. Les *mobility hubs* devraient être de plus en plus intégrés dans les planifications compte tenu des nouvelles offres pour favoriser les combinaisons possibles de moyens de transport et permettre d'établir les priorités requises dans les villes.

Harmonisation de la planification des transports et de l'aménagement du territoire

Tous les scénarios continuent de faciliter la mobilité, les transports, les échanges et la participation sociale de tous les habitants. La mise en pratique dans les scénarios diffère alors beaucoup. **Les études variées (en partie en cours d'exécution) relatives aux impacts des différents développements technologiques doivent être encore approfondies et complétées.** D'autres thèmes non traités ici tels que la rentabilité ou la consommation de ressources doivent être alors pris en compte. La planification des transports doit ensuite trouver une voie permettant l'utilisation « socialement » souhaitée des nouvelles technologies tout en englobant la diversité de ces intérêts sociaux.

Il faut se demander sur la toile de fond de ce discours social comment et où les nouvelles technologies doivent être employées. Il va alors s'agir de concevoir les besoins de mobilité de la population sous une forme respectueuse des espaces et de l'environnement. Un aménagement territorial et une planification de transports harmonisés, qui exploitent les nouvelles technologies comme des chances, qui améliorent les chaînes de mobilité et l'interconnexion des divers moyens de transport, peuvent grandement contribuer à l'évolution à venir.

Un **attrait spatial** élevé est également engendré par l'aménagement soigné des villes, des communes, des quartiers et des sites. C'est alors un grand défi de gérer les transports et la mobilité dans les espaces denses esquissés, tout en garantissant simultanément l'accès à une desserte interrégionale, p.ex. via les *mobility hubs* avec des possibilités de transfert sur rail ou d'autres moyens de transport interrégionaux.

La négociation concrète sur l'utilisation et les offres de transport à soumettre et à combiner dans les espaces denses doit être abordée et prise en considération plus intensivement sur le plan de la planification. En plus de l'aménagement attractif de quartiers densément peuplés accordant une grande priorité au trafic piétonnier et cycliste, il faut aussi davantage (re)prendre en compte l'accès au transport régional motorisé et au transport interrégional dans les planifications. Les technologies d'avenir envisagées offrent de nouvelles possibilités à cette fin. Les ***mobility hubs*** situés entre autres à l'écart des gares peuvent servir de transition entre les divers moyens de transport interrégionaux et la mobilité dans les espaces et les quartiers attractifs.

Un enjeu essentiel pour la planification est constitué par l'aménagement de la **transition des flux de trafic et des réseaux de transport interrégionaux vers les réseaux régionaux et les quartiers**, vu que les conflits d'objectifs entre l'accessibilité supralocale et les quartiers denses y sont le plus fortement accentués. Il convient d'élaborer d'autres solutions en l'occurrence, qui incluent aussi les technologies d'avenir.

Populations et valeurs

Comme décrit ci-dessus, la population s'avère le facteur crucial de l'orientation du développement. Des attitudes et des comportements différents à divers endroits ont un grand impact : besoin personnel quant à la surface, possession d'un véhicule et choix des moyens de transport, gestion du temps/budget allouées à la mobilité, acceptation de nouvelles offres, adaptation de nouvelles technologies etc. Il en découle alors des approches variées sur le plan politique visant à prendre aussi de plus en plus des mesures push en vue d'une évolution « souhaitée ». Les mesures push telles que *mobility pricing*

sont en soi connues depuis longtemps déjà, mais non susceptibles de réunir une majorité d'avis favorables. Il faut vérifier à l'avenir si les mesures peuvent être conçues et présentées sous une forme tellement attractive qu'elles sont acceptables. De nouvelles pistes pour configurer les instruments et la communication doivent être alors établies et abordées. Des incitations pour renoncer au propre véhicule et satisfaire davantage sa demande par des offres de partage doivent être ainsi également examinées. Il convient aussi en l'occurrence d'analyser dans quelle mesure de nouveaux instruments permettent d'encourager la population à suivre une direction acceptée et désirée (« Nudging »).

Summary

Task

The research package "Transport of the future 2060" is intended to develop a visionary view of the long-term development of transport beyond purely quantitative forecasts or outlooks. In total, the overall project "Transport of the future 2060" comprises 7 sub-projects. The aim of this project is to come up with an interdependency network in which the interactions between space and transport are embedded in the superordinate social and technological developments. The purpose of the interdependency network is to study scenarios with regard to their impact on space and transport, to show the causal relations in the interpretation of the results and derive insights for the transport and spatial planning.

Interdependency Network

The interdependency network developed based on Bayes networks takes into account passenger transport and freight transport as well as residential areas and working areas with their respective supply and demand-related characteristics. A differentiation is made between the three kinds of space: core cities, agglomeration communities and rural communities. The population is divided into eleven behaviourally homogeneous groups (BHG). They differ with regard to their specific transport and residential demand in the respective types of spaces. In freight transport, twenty industries are defined. On the supply side, supply of land for settlement, densities and attractiveness are defined for each type of space. The interdependency network was created for 2015 and then implemented based on scenario assumptions for 2060. Three scenarios have been initiated by the package management and were developed further in the scope of the project. The assumptions for the calculations are coordinated with package management. With a view to 2060, automation of vehicles and new offers in collective transport, e.g. on-demand services are also considered in the transport offering. In this study, traffic and transport performance (passenger kilometres and tonne kilometres) are observed, without however deriving any mileages (vehicle kilometres) therefrom.

General Interactions between Space and Transport

Space and transport mutually affect each other. The following figure shows the mutual interactions and framework conditions that are illustrated in the interdependency network:

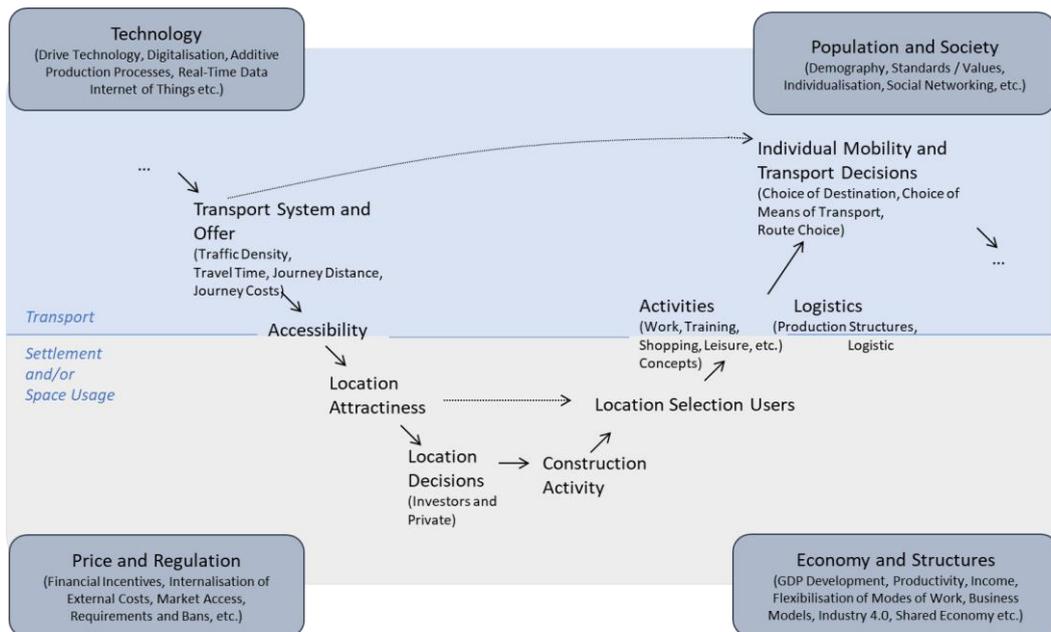


Fig. 3: Relationship between Space and Transport (Source: Wegener, M.; Fürst, F. (1999) with adaptations)

What insights can be gained from the creation of the interdependency network and its application to the scenarios with regard to the interactions between space and transport?

Accessibility, Location Attractiveness and Location Selection

The accessibility of the spaces is illustrated through the generalised costs in the interdependency network. These consist of travel and/or freight transport time and the perceived transport expenses for the respective means of passenger and/or freight transport. Automation and digitalisation and the resulting transport offers reduce the generalised costs. The most obvious drop in costs occurs when there is a high penetration rate of highly automated vehicles. It is assumed in this study that the cost reduction potential can actually be tapped and that there is no absorption of productivity gains or steering by the government e.g. through mobility pricing or the heavy goods vehicle tax. New offers in collective transport with high availability in all types of space also reduce costs and thus raise transport performance considerably. Demand responds to price changes to varying extends depending on behaviourally homogeneous group or industry and its location (by space type).

Under the assumptions made, the cost reduction has a decentralising impact on space: The more economical the transport offering, the higher the increase in transport performance and the more the choice of location of the population and companies shifts from urban to rural areas. Various influences play a role here: the degree of space preference, income and/or value creation and for work areas, the intensity of freight transport. Envisaged environmental and spatial policy developments could be thwarted by the cost reductions if they are not met with regulatory measures. Except in case of a correspondingly high share of collective rides and increasing capacity utilisation of vehicles, mileages could decrease provided empty trips do not arise to a significant extent. In a case like that, an increase in transport performance with decreasing adverse environmental effects could be possible.

The direction of action of the reduction of generalised costs as regards spatial development is clear. The impact strength in the network proved to be very low, however, in the context of the spatial planning assumptions. Reduced costs alone only resulted in a minor change in the choice of location of households and companies. Accessibility may, in principle, be a significant location factor. However, due to the already high accessibility in many locations, relative changes are of little consequence. This is especially because urban

location qualities tend to gain importance due to the developments in population and business. The decentralising effects of reduced costs here have, at most, a slightly dampening effect, given the general trend towards urbanisation.

Choice of Location, Activity and Individual Mobility and Transport Decisions

The shift of the population from core cities to agglomeration communities and to rural communities in turn has an impact on transport. As such the travel distances of the population in rural areas and the share of motorised individual transport are higher than in the core cities. Due to the only slightly altered choice of location, in turn, there are also only marginally higher transport performance and modal split effects in comparison to the effects that population development and development of new technologies have on transport demand without additional regulatory measures.

The location selection effects of companies affect the average transport distances in freight transport as follows: the more dispersedly distributed the workplaces, especially in the transport segment, the more the transport performance increases. As with passenger transport, we also note here that other effects, e.g. modal split changes and resulting changes in transport distances have a greater impact on the transport performance than the identified slight change in spatial distribution of workplaces.

Population of Major Importance

The interactions between space and transport are particularly characterised by the influence of the behaviourally homogeneous groups with their specific spatial and mobility behaviours. Their group-specific preferences impact both the transport and the housing market. They also respond differently for example to shortages in the housing market or changed transport offers. In the analysis, it became clear that a shift in percentages between the groups resulted in clear changes in the spatial population distribution as well as the choice of means of transport. One example of the significance of the behaviourally significant groups: If the share of "network families" increases to the detriment of the share of "family types," the demand for residential areas rises in urban areas and falls in rural areas. In case of availability of an appropriate supply of residential space, the utilisation of settlement area in cities rises accordingly. Moreover, the share of collective transport as well of pedestrian and bicycle traffic also rises since the "network families" use more collective transport than family types characterised by individual travel.

Additional Significant Framework Conditions

Furthermore, the effects of new transport offerings, spatial planning and the attractiveness of areas also exhibit an impact on the interactions. With a view to the long-term horizon through 2060, these statements should be taken with a pinch of salt. Whereas the choice of residential location can be supported by empirical relationships, the effects on choice of business location are harder to assess. In addition, the assumptions made for 2060 with regard to freight transport and logistics concepts as well as the freight transport demand of business may be fraught with significantly greater uncertainty due to altered (digitalised) production processes.

In addition, the (small) effects are also, at least to some extent, attributable to the methodology of the interdependency network and the necessary simplifications. With the three types of space, the interdependency network only describes large-scale developments at the macro-spatial level. Small-scale developments, for instance within core cities, agglomerations and in rural communities with varying accessibilities, as well as the impact of individual infrastructure measures are not clear. In addition, the types of space are held constant. However, with the 2060-time horizon, we can assume that the spatial structure will change with regard to today. The agglomerations in particular may conceal a spatially differentiated development behind the results present for this type of space. Agglomerations close to the centre might to a large extent exhibit urban characteristics by 2060. However, changes can also be expected in rural regions if for example peri-urban rural areas become more characterised by agglomeration features. Since however, cities

also become more urban, relative graduations between the types of space will continue to exist.

Concretisation of Interactions for Three Scenarios for 2060

The application of the interdependency network to the following three scenarios initiated by the package management allows us to gain differentiated insights into the interactions between space and transport:

- S1: Evolution without disruption: This scenario is characterised by medium automation (share of level V vehicles). Multimodal mobility increases but does not dominate.
- S2: Revolution of individual mobility services: Here, a large share of highly automated cars and lorries is assumed, where these are highly relevant for individual offers (proprietary ownership, robotaxis).
- S3: Revolution of individual mobility services: Here as well, a large share of highly automated vehicles is assumed where these however have high relevance for multi-modal and collective mobility.

These scenarios, especially in passenger transport, do not account for any new regulatory or fiscal measures. In S1 and S2, only a low cost reduction potential in public transport is assumed, compared to in S3 where a higher potential is assumed. Transport performance is the focus of this study in the transport sector. Mileages, empty journeys, cost effectiveness of offers and any need for compensation (e.g. for on-demand offers, Cargo Sous Terrain) are not considered here.

Population Development, Housing Market and Settlement Development

In 2060, Switzerland will be more urban than it is today in all three scenarios. It is assumed that the shares of population groups as well as industries which exhibit a high preference for urban areas will increase. This results in disproportionate population and workplace growth in urban areas. This trend toward urbanisation is further intensified by the link between living and working in the interdependency network. Individual industries that are especially dependent on customer proximity and qualified employees follow the altered population distribution in their location selection behaviour.

This growth in urban areas results to excess demand in the housing market (in all scenarios) as well as to a lower extent in the workplace market in S3. For this reason, a market mechanism is used in the interdependency network to bring supply and demand in line with each other: through an expansion of the supply, a reduction in the average demand for space and a shift in demand to other types of space.

In the resulting 2060 population distribution (see *Table 1*), S3 is obviously the most "urban" scenario with an increase in population in cities by 43%. This results from the composition of the population with a large share of city-preferring population groups, further intensified by an increase in the overall appeal of urban areas. In scenario 2, there is also a high share of behaviourally homogeneous groups with a preference for cities. However, a general increase of the attractiveness of rural areas tends to counteract this trend. Scenario 2 therefore exhibits the highest population growth of all scenarios in rural communities. The result of this is that S1 and S2 only slightly differ in spatial distribution.

Table 11 Population in 2060 in millions by housing market and with new transport offers (Change vis-a-vis 2015) (Total: 9.94 million people (+27.1%))

	Core Cities		Agglomerations		Rural Communities	
S1	2.91	(+28.9%)	4.27	(+25.7%)	2.75	(+27.5%)
S2	2.90	(+28.5%)	4.25	(+24.8%)	2.79	(+29.3%)
S3	3.25	(+43.7%)	4.31	(+26.8%)	2.38	(+10.2%)

The spatial planning framework conditions result in the fact that population and workplace development is reflected differently in settlement area use (see *Table 2*). The population development changes demand and the spatial planning framework conditions define in what form this demand can be met. The various assumptions regarding additional construction areas as well as altered densities in the three scenarios are clearly recognisable in the resultant findings. As such, the population increase in S3 is completely offset by an increase in settlement density. Simply put: Development can be channelled with spatial planning, but only controlled to a limited extent.

Table 12 Residential Settlement Use in ha (Change vis-a-vis 2015)

	Core Cities	Agglomerations	Rural Communities	Total
S1	16 180 (+9%)	49 514 (+12%)	41 048 (+15%)	106 742 (+13%)
S2	17 644 (+19%)	52 285 (+18%)	44 151 (+24%)	114 080 (+21%)
S3	14 801 (+0%)	44 144 (+0%)	335 818 (+0%)	994 764 (+0%)

New Technologies and Offers – Passenger Transport

In all three scenarios, passenger transport grows by 2060 (see *Table 3*).

Table 13 Transport performance in billions of passenger-kilometres per year with new offers (final result, i.e. with consideration of housing locations after transport effects) (change vis-a-vis 2015)

	Core Cities	Agglomerations	Rural Communities	Total
2015	27.7	43.5	31.8	103.0
S1	38.2 (+38%)	54.3 (+25%)	40.5 (+27%)	133.0 (+29%)
S2	37.4 (+35%)	55.0 (+26%)	41.6 (+31%)	133.9 (+30%)
S3	46.4 (+68%)	59.3 (+36%)	38.0 (+19%)	143.6 (+39%)

The growth in passenger transport performance from +29% to +39% is the result of the following:

- due to the population development, there is an increase in passenger transport performance of around 22%. Based on the population trend alone, transport should grow in all scenarios proportionally to the population (+27% points). Since the distribution of the behaviourally homogeneous groups through 2060 changes, e.g. due to demographic ageing, this also results in changes in transport volume and transport performance. This effect reduces the growth effect by 5 percentage points.
- The impact of new technologies and offers are then added to this effect. Depending on scenario, this results in clear growth of transport performance from +7 to 17 percentage points.
- The change in choice of place of residence due to new transport offers and the resulting transport effects proved to be marginal vis-a-vis the aforementioned effects.

In scenarios S1 and S2, the transport performance grows by about +30% overall. Of this growth, 22 percentage points can be attributed to the population trend (increase and distribution of behaviourally homogeneous groups) and 7 percentage points to technologies and new offers. The two scenarios differ only slightly since both scenarios feature a high share of private passenger car use, including with automated vehicles.

In scenario S3, transport performance increases by around 40% vis-a-vis 2015. Here, new technologies contribute approximately 17 percentage points to the growth. This technology-driven growth arises from a change in destination selection and also implicitly since more

people have access to automated mobility. In scenario S3, there is also significant cost reduction potential when private passenger car ownership is foregone, and collective offers are characterised by high availability and low costs for demanders.

New Technologies and Offers – Freight Transport

In freight transport, development is assumed as a forward projection of transport outlooks. Disruptive effects should be expected in the future primarily due to new production technologies (e.g. additive production processes and 3D printing) and due to transformations in economic structures. These however are not a part of the scenario assumptions and thus could not be illustrated in the interdependency network. The new technologies in the transport sector result in price reductions and changes in the modal split.

Table 14 2060 Scenario: Transport Performance (Change vis-a-vis 2015 in %)

Million net tonne km p.a.				Modal split %					
Core Cities	Agglomerations	Rural Communities	Total	WLT	UCT	HGV	DV	CST	Other
2015			14 266	(21%)	(2%)	(71%)	(8%)	-	-
S1	6575	8722	19 944 (+39.8%)	(20%)	(3%)	(71%)	(6%)	(0%)	(0%)
S2	6048	8789	19 739 (+38.4%)	(20%)	(3%)	(71%)	(6%)	(0%)	(0%)
S3	6764	9515	21 548 (+51.0%)	(26%)	(4%)	(51%)	(5%)	(14%)	(0%)

WLT = Wagonload Transport
 UCT = Unaccompanied Combined Transport
 HGV = Heavy Goods Vehicles
 DV = Delivery Vehicles
 CST = Cargo Sous Terrain

In S1 and especially in S2, costs decrease in road freight transport. Due to the low price elasticities of goods and the already very high market share of road transport in 2015, this is however not observable in discernible modal split shifts in S1 and S2. S3 contrasts with this: in this scenario, there is a shift from road to rail. Here efficiency gains in road freight transport are skimmed off such that rail transport can make further gains. Due to the various characteristics of the transport systems (direct transport, hub and spoke), ultimately transport performance in freight transport increases in S3. Due to a lack of foundations and literature, no induced freight transport could be determined, unlike in passenger traffic. In S3, overall transport performance increases in freight transport. In addition to the longer average transport distances, the shift in volume from road to rail freight transport and Cargo Sous Terrain also contributes. With Cargo Sous Terrain there is a new means of transport here which takes its volume especially from road transport and only to a limited extent from rail transport. The fact that wagonload transport also increases is due to the assumed improvements of wagonload transport (Smart Rail 4.0) which leads to considerable cost reductions in rail transport, whereas the costs of road freight transport only drop to a limited extent. With the resulting changes in relative prices, wagonload transport can also grow despite CST. This is also because CST only affects few connections.

Differentiation of the Scenarios

What differentiation is visible in the three scenarios? In the overall view across the two partial networks, S3 clearly sets itself apart in its characterisation from the other two scenarios: as an "urban" and restrictive scenario in spatial planning terms, with high use of collective transport offers, but also with a considerable increase in transport performance. With regard to their assumptions, both in terms of population and supply trends, as well as the resulting effects, S1 and S2 are closer together.

Findings for Planning

These three scenarios describe different "worlds" for the year 2060, where it is assumed that the travel and transport costs will drop as a result of new technologies and there will not be any regulatory intervention. With this project, an attempt was made to better understand the development of space and transport in their interplay and to recognise significant influences. Whether or to what extent the resulting conditions are desirable or not should not be assessed here since that entails other criteria such as mileages and the associated emissions, use of resources or financial feasibility/cost effectiveness. The underlying assumptions also need to be considered. The findings are intended for spatial and transport planning as well as, of course, in the scope of the project, their mutual coordination.

Spatial Planning

Under these assumptions, **spatial planning is capable of influencing population and workplace development and especially significantly channelling them by means of settlement areas and densities.** If, as in S3, no additional space is allocated to settlement areas, then no additional settlement space can be used.

The interdependency network makes it clear that in the future, a central spatial planning challenge may become even more pronounced: **Can enough living and working space be created in urban areas?** In all three scenarios, there is excess demand, and this is already evident in the medium population scenario. Without a (further) increase of settlement density, this challenge cannot be met. Planning and policy are taking important steps towards intensified inner development as is shown in the revisions of the construction zones and use plans. These current experiences however also show that concrete implementation is associated with major challenges. An increase in settlement density will only be feasible if at the same time, increased efforts towards higher settlement quality are made in a more comprehensive sense.

Another topic that brings up spatial planning questions is **surface area requirements of companies.** The assumptions made in this regard in the interdependency network are highly conservative. The ongoing digital transformation process in companies, but also the change in value chains will alter future demand for work areas in terms of location, size and quality. In addition, we will also find an altered planning approach.

Effects on space also result from the general change in **attractiveness of spaces.** Spatial planning, together with other spatially relevant sectoral policies makes an important contribution to this. Another influencing factor at the large-scale level is the **existence of public infrastructures and service offerings.** If in the future relative changes occur, especially in the urban-rural context, this might further intensify the trend towards urbanisation.

Transport Planning

The following table shows transport performance and the development of the modal-split shares. Thereafter, the risks and opportunities for transport planning are discussed.

Table 15 Transport planning with new offers in billions of passenger kilometres and in [%]
(Final result, i.e. with consideration of residential locations after transport effects)

	Individual Journeys			Collective Journeys				On foot and bicycle
	Conventional passenger vehicle	Passenger vehicle level V	Robotaxi, carsharing	Personal public transport	Public rail transport	Public road transport	Hyperloop	
2015	69.6 (67.5%)			25.5 (24.7%)				8.0 (7.7%)
	69.6 (67.5%)	-	-	-	20.9 (20.3%)	4.6 (4.5%)	-	
S1	89.1 (67.0%)			35.1 (26.4%)				8.8 (6.6%)
	35.2 (26.4%)	43.8 (32.9%)	10.2 (7.7%)	10.7 (8.0%)	19.8 (14.9%)	4.6 (3.5%)	-	
S2	93.2 (69.6%)			31.7 (23.7%)				9.0 (6.7%)
	17.9 (13.4%)	59.5 (44.5%)	15.7 (11.7%)	6.8 (5.1%)	20.3 (15.1%)	4.7 (3.5%)	-	
S3	67.3 (46.9%)			65.1 (45.4%)				11.1 (7.7%)
	12.6 (8.7%)	12.5 (8.7%)	42.2 (29.4%)	26.6 (18.6%)	28.3 (19.7%)	6.5 (4.6%)	3.6 (2.5%)	

Individual journeys increase significantly in scenarios S1 and S2 vis-a-vis 2015 while their market share remains the same. The current transport, spatial and environmental policy issues should, in these scenarios in particular, be resolved more through improvements to the existing means of transport (e.g. reducing emissions with new propellants and fuels) or control and regulation of the transport system. The spatial planning opportunities arise as well here primarily through robotaxis/car-sharing if it is possible to reduce passenger vehicle ownership through these and thus, for example, reduce parking spaces as well as vehicle dependency on resources and energy. In S3, sharing is of correspondingly high importance. The transport performance of the individual journeys remains at the 2015 level, but with significant robotaxi and car-sharing shares. Spatial and transport planning here should create further conditions such that corresponding sharing offers can be made possible. These conditions include for example an appropriate parking space policy.

Collective journeys also increase in all three scenarios. In S1 and S2, the demand in conventional public transport stagnates at today's level and personal public transport (on-demand service with ride sharing) gets all the growth. And with that, the market shares of conventional public transport drop considerably. In S3, conventional public transport grows due to realised cost reduction potential and is thus able to retain its market shares. Personal public transport offers considerable opportunities in collective transport. For selected customer segments, it may represent an improvement over conventional public transport in cities and agglomerations as well as serve as a feeder to rail transport. It represents a sensible and, with a view to automation and digitalisation, necessary advancement on conventional public transport. Regulatory aspects (e.g. Passenger Transport Act) should be adapted such that such offers are made possible. The personal public transport offers should be coordinated with conventional public transport and possibly even integrated in the latter. Since personal public transport is unregulated but has the potential to compete with pedestrian and bicycle transport (see results for S1 and S2), in the scope of granting operating permits or concessions, it should be examined to what extent this can be

prevented. Urban and spatial development must create opportunities for running such services, for example in the form of the greatest number of options for stops for boarding and alighting.

Conventional public transport will, in all scenarios, continue to exhibit a number of relationships in which the offers are clearly better than the alternatives; as such it continues to be used even in S2. Due to the capacity for mass transport and comfort (in long distance transport), it remains, primarily as a carrier to cities, very significant and will continue to connect the (core) cities to one another. In order to counter the risk of stagnation, classic public transport must consistently implement the cost savings potential of automation and digitalisation. The possibilities for coordination with and integration of personal public transport should be examined. Here, public customers also play an important part: Essential here is to what extent the cost reduction potential is also passed on to transport users (and not e.g. fully used to reduce the need for compensation).

Opportunities for rail transport in freight transport thus arise when the possibilities afforded by automation and digitalisation are consistently implemented in the form of improved offers and price reductions and when, in addition, the regulatory measures in the assumptions for scenario S3 (road transport price changes) are implemented. Urban and spatial planning here should also provide space in particular for logistics and rail transport in cities and agglomerations.

With regard to transport on foot and bicycle, we see that while these forms of transport increase in absolute terms, they lose shares in the modal split due to the population development and without significant additional steps to increase attractiveness. This is due to the new attractive offers. In S3, it is possible that with the reduction in costs of transport on foot and by bicycle (e.g. bike-sharing) that the market share will be retained. With the multitude of new electric vehicle-like devices (e.g. e-scooters and e-bikes), there are opportunities for rising market shares in transport on foot and by bicycle. This is also the case especially if the other means of transport are regulated and the infrastructure is developed accordingly. In this regard, however, it should be discussed to what extent these offers are not also encompassed by motorised personal transport and also need to be regulated in cities (e.g. parking facilities). Due to the spatial efficiency, there are also further opportunities for enhancing their attractiveness (express bicycle routes, etc.). Risks arise here especially in the area of transport safety (e.g. e-bike accidents). Here too, spatial and transport planning should provide for corresponding possibilities.

In particular in S1 and S2 and in cities (all three scenarios), there is the challenge in handling the available transport capacities and the use of transport areas and the resultant immissions. Inner city development is only possible if the existing capacities are optimally utilised and the additional traffic occurs with space-efficient means of transport and/or at high cost (underground transport routes).

In general, this begs the question of whether and to what extent transport development can be mitigated or controlled by increasing generalised costs. With (cross-carrier) mobility pricing, it is possible to try to reduce transport performance overall, reach desired environmental policy objectives (integration of environmental levies), achieve a desired modal split or create incentives for the use of collective transport and increase the utilisation of vehicles in motorised individual transport. Here we see, however, that with the generalised costs, the time component (2/3) of the costs of a route is more important than the out-of-pocket costs (1/3 of the costs of a route). Offer degradation (reduction in speeds) might have considerably greater effects than price increases. Any negative effects on the economy and society should be carefully included in appropriate considerations.

Settlement development should be oriented even more consistently towards rail stops and interchange points (mobility hubs) so that the efficiency of the corresponding means of transport hubs can be taken advantage of. Against the backdrop of the new offers, mobility hubs should be integrated more in planning in order to promote the combination options and enable the necessary priority setting in cities.

Coordination of Transport and Spatial Planning

All of the scenarios continue to permit mobility and transport and thus options for all residents for exchange and social participation. Implementation in the three scenarios is however very different. **The various (in some cases ongoing) projects on the impact of the various technology development should be delved into further and supplemented.** Other topics not dealt with here such as efficiency or resource use should be considered as part of such work. Transport planning must then find a new way to enable the "socially" desired use of new technologies, taking into account the variety of these social interests.

In the context of this social discourse, we will then see how and where these new technologies should be used. In this respect, the aim will be to shape the mobility needs of the population in a spatially and environmentally compatible manner. Coordinated spatial and transport planning that uses the new technologies as opportunities, improves mobility chains and the interconnection of the various means of transport may make a substantial contribution to future development.

High spatial **attractiveness** also emerges from careful design of cities, communities, neighbourhoods and areas. In this regard, one major challenge is handling transport and mobility in the delineated dense areas while ensuring access to nationwide transport development, e.g. via mobility hubs with transfer possibilities to rail or other nationwide means of transport.

The concrete negotiations of what use and what transport offers are provided and combined in dense areas should be discussed more and considered with a view to planning. In addition to attractive designing of dense districts with a high priority for foot and bicycle traffic, access to motorised regional transport and nationwide transport should (again) be further included in the planning process. The anticipated future technologies also offer new opportunities in this respect. **Mobility hubs** – including ones away from train stations can serve as a transition between various nationwide means of transport and means of locomotion in attractive areas and districts.

A crucial challenge for planning is designing the junctions between **nationwide transport flows and systems to regional networks and districts** since here the conflicts between inter-city accessibility and dense districts are most pronounced. Additional solutions need to be developed here which also integrate the future technologies.

Population and Values

As shown above, the crucial factor for the direction of development is the population. As such, varying attitudes and behaviours have a major impact in different places: personal need for space, vehicle ownership and choice of means of transport, dealing with time/budget for mobility, acceptance of new offers, adaptation of new technologies, etc. Here we find various approaches for policy, including more push measures, to be taken for a "desired" development. Push measures such as mobility pricing have been well known for some time, but do not command majority backing. In the future, we should examine whether these measures can be designed and presented in such an attractive manner that they can be accepted. New ways of designing the instruments and communication should be developed and pursued. As such, incentives for doing without one's own car and satisfying demand with sharing offers should be explored. In this regard, we should also investigate to what extent the population can be nudged in an accepted and desired direction.

1 Einleitung

1.1 Forschungspaket «Verkehr der Zukunft 2060»

Mit dem Forschungspaket Verkehr der Zukunft soll eine visionäre Sicht auf die langfristige Entwicklung des Verkehrs über rein quantitative Prognosen oder Perspektiven hinaus erarbeitet werden. Insgesamt bilden 7 Teilprojekte das Gesamtpaket «Verkehr der Zukunft 2060» (vgl. Abbildung 1).

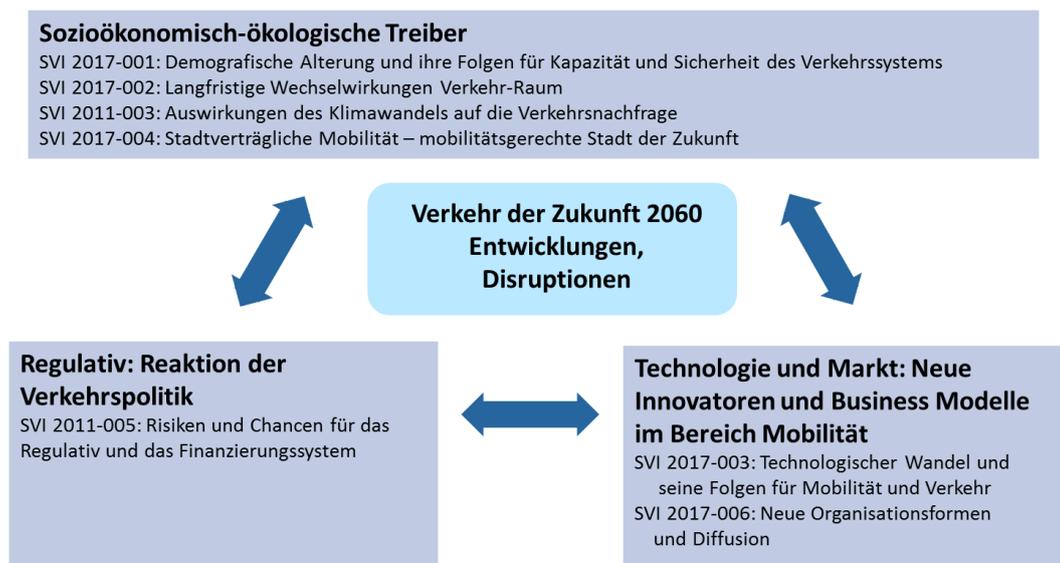


Abb. 4: Zusammenhang der Teilprojekte im Forschungspaket «Verkehr der Zukunft»

Die Teilprojekte lassen sich folgendermassen charakterisieren:

- Analyse der sozioökonomischen und ökologischen Treiber: 4 Projekte analysieren Umfeldfaktoren, die auf die Entwicklung der Mobilität und des Verkehrs einen grossen Einfluss haben können.
- Analyse der technischen Entwicklung und der zukünftigen Organisation des Verkehrsangebots: 2 Projekte analysieren Entwicklungsmöglichkeiten und Anreize für die Diffusion von neuen Technologien und Angebotsformen im Verkehr.
- Analyse der Entwicklung des Regulativs: 1 Projekt befasst sich mit der Frage, welche Anforderungen (Chancen und Risiken) sich für die Entwicklung des Regulativs und des Finanzierungssystems ergeben.
- Die Paketleitung begleitet und koordiniert die Projekte, bearbeitet themenübergreifende Aspekte und fasst die Erkenntnisse in einer Synthese zusammen.

Der Verkehr der Zukunft wird in Szenarien untersucht werden. Sie sind Raster und Denkanstoss, um Bezüge und Ausprägungen einzuordnen. Zudem bilden sie zum einen ein Eckgerüst, als Ausgangspunkt für quantitative Analysen in den einzelnen Forschungsprojekten. Zum anderen dienen sie als gemeinsames Produkt des Forschungspakets als Grundlage für die Synthese. Die folgenden drei Szenarien sind von der Paketleitung initiiert und wurden im Laufe des Projektes weiterentwickelt.

- Evolution ohne Disruption
- Revolution der individuellen Mobilitätsservices
- Revolution der kollektiven Mobilitätsservices

1.2 Projekt SVI 2017-002: Langfristige Wechselwirkungen Verkehr – Raum

1.2.1 Ausgangslage und Zielsetzung

Gegenstand dieses Projekts sind die Wechselwirkungen von Raum und Verkehr. Diese Wechselwirkungen wurden in der Vergangenheit vielfach untersucht, wobei vor allem die Wirkungen neuer Verkehrsinfrastrukturen betrachtet wurden. Für den Verkehr der Zukunft sind aber nicht nur neue Verkehrsinfrastrukturen relevant, sondern unter anderem auch technologische Entwicklungen und neue Mobilitätsangebote. Deren Einflüsse auf den Raum werden hier eingeschätzt.

Wie die Literatur zeigt, wird die Raumentwicklung von einer Vielzahl von weiteren Determinanten wie rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. Umsetzung Raumplanungsgesetz), Einkommen, Lebensstil, Haushaltsgrösse, Einstellungen und Werthaltungen (z.B. zu Sharing oder Teleworking) bestimmt. Für die visionäre Diskussion der Entwicklungsbilder und Thesen sind in diesem Forschungsprojekt vor allem auch die zentralen Determinanten im Personen- und Güterverkehr zu ermitteln. Diese sind in ein Wirkungsnetz Raum und Verkehr einzubetten. Das Wirkungsnetz dient dann dazu, die unterschiedliche Ausgestaltung der Szenarien bezüglich Raum und Verkehr zu bearbeiten. Dieser hohen Komplexität durch eine Vielzahl von Determinanten muss das Wirkungsnetz Rechnung tragen.

Ziel des Projektes ist die Ausarbeitung eines Wirkungsnetzes, in dem die Wechselwirkungen von Raum und Verkehr in die übergeordneten gesellschaftlichen und technologischen Entwicklungen eingebettet sind. Das Wirkungsnetz dient dazu, verschiedene Szenarien hinsichtlich der Auswirkungen auf Raum und Verkehr zu bearbeiten, die Wirkungszusammenhänge bei der Interpretation der Ergebnisse aufzuzeigen und Erkenntnisse für die Verkehrs- und Raumplanung abzuleiten. Als zentrales Ergebnis werden je Szenario für drei Raumtypen die angebotene und nachgefragte Siedlungsfläche sowie Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im Personen- und Güterverkehr differenziert nach Verkehrsmittel ausgewiesen.

Die genauen Abgrenzungen sind in Kapitel 3.1.5 erläutert.

1.2.2 Berichtsaufbau

Im Projekt wird ein Wirkungsnetz erstellt, mit dem die Auswirkungen der Szenarien des Gesamtpaktes «Verkehr der Zukunft» auf Raum und Verkehr dargestellt werden. Der Bericht ist wie folgt aufgebaut:

- Kapitel 2 beinhaltet eine Übersicht zu den Wechselwirkungen Raum und Verkehr auf Basis bestehender Literatur. Der Fokus liegt dabei auf der Darstellung der allgemeinen Zusammenhänge und dem Aufzeigen des Stands der empirischen Forschung zum Einfluss von Verkehr auf Raum, Standortentscheidungen von Haushalten und Unternehmen sowie zu den Auswirkungen der Raumstruktur auf den Verkehr. Hieraus werden Anforderungen für den Aufbau des Wirkungsnetzes abgeleitet.
- Im Kapitel 3 wird der Aufbau des Wirkungsnetzes skizziert, sowie Raumgliederung und Abgrenzungen erläutert. Das Wirkungsnetz ist im Anhang I detailliert erklärt. Dabei ist das Netz mit den Daten für das Jahr 2015 dargestellt. Typische Wirkungsmuster der Wechselwirkungen zwischen Raum und Verkehr werden am Ende des Kapitels erläutert.
- Kapitel 4 beschreibt zunächst die Szenarien 2060 im Überblick. Die detaillierten Annahmen sind in Anhang II dokumentiert.
- In Kapitel 5 erfolgt dann die Anwendung des Wirkungsnetzes aus Kapitel 3 auf die Szenarien aus Kapitel 4. Die Entwicklungen in den Szenarien auf den Personenverkehr und auf die Wohnfläche «Wohnen» werden in Kapitel 5.2 erläutert. Kapitel 5.3 behandelt Güterverkehr und Arbeitsflächen.
- In Kapitel 6 wird ein Fazit gezogen.

2 Wechselwirkungen Raum und Verkehr

Ziel dieses Kapitels ist es, grundlegende Erkenntnisse zum Zusammenhang von Raum und Verkehr aus der Literatur als Basis für die Erstellung des Wirkungsnetzes zusammenzutragen.

2.1 Zusammenhang von Raum und Verkehr

Raum und Verkehr beeinflussen einander gegenseitig. Die folgende Abbildung zeigt die wechselseitigen Beziehungen auf: Die folgenden Ausführungen orientieren sich an ARE (2013) und Schweizerischer Bundesrat (2018).

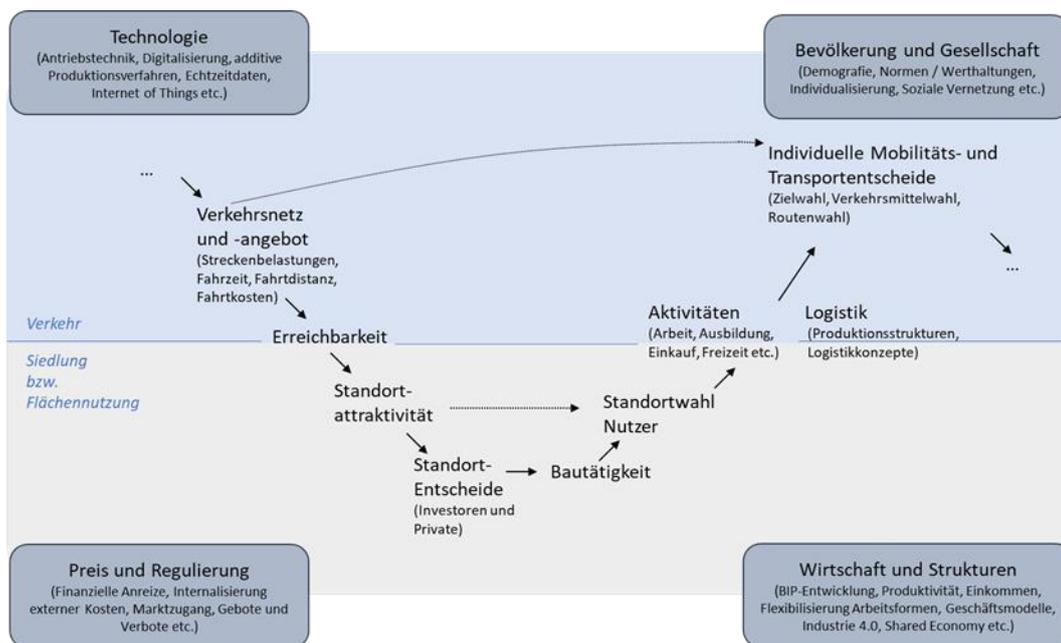


Abb. 5: Zusammenhang von Raum und Verkehr (Quelle: Wegener, M.; Fürst, F. (1999) mit Anpassungen)

Wirkung Verkehrsnetz und -angebot auf den Raum

Verkehrsnetze und -angebot (Fahrpläne) beeinflussen in ihrer Anordnung und ihrem Ausbau direkt die individuellen Mobilitätsentscheide, aber auch die Erreichbarkeit von Städten, Dörfern und Regionen. Eine gute Erreichbarkeit gilt als einer – von vielen weiteren – positiven Faktoren für die hohe Standortattraktivität und beeinflusst damit die Wohnortwahl der Menschen oder die Standortentscheidungen von Unternehmen. Damit wirkt die Erreichbarkeit auf die Immobiliennachfrage, die Grundstückspreise, auf die Bautätigkeit und damit auf die wirtschaftliche Entwicklung eines Gebiets. Stimmen Immobilienangebot und Immobiliennachfrage überein, kann es zur tatsächlichen Veränderung des Standorts kommen. Menschen und Unternehmen ziehen um. Allerdings kann auch unabhängig vom Verkehr eine hohe Standortattraktivität direkt die Standortwahl der Nutzer beeinflussen. Am neuen Ort organisieren die Menschen ihre Aktivitäten wie Arbeit, Freizeit oder Einkauf neu. Unternehmen planen aufgrund der gewählten Standorte ihre Produktionsprozesse und Logistik. Die Art und Weise wie die täglichen Wege unternommen werden, hängt nun stark von der Ausgestaltung der Verkehrsnetze und des Verkehrsangebots in einem Quartier, in einer Gemeinde oder aber auf der überregionalen Ebene ab. Die individuellen Mobilitäts- und Transportentscheidungen passen sich an.

Aus den angepassten Mobilitätsentscheidungen wiederum ergeben sich wiederum andere Streckenbelastungen und Auslastungen der Verkehrsnetze und der Verkehrsangebote,

woraus sich zunächst auch wieder die Erreichbarkeiten verändern können. Zudem ergibt sich aber der Bedarf nach Anpassungen (Erweiterungen oder Rückbau) von Verkehrsnetzen und Verkehrsangeboten, die im politischen Prozess wieder ausgehandelt werden. Die Verkehrsteilnehmer treffen aufgrund des zur Verfügung stehenden Angebotes für ihre einzelnen Aktivitäten ihre einzelnen, individuellen Mobilitätsentscheide, welche wiederum Einfluss auf das Angebot haben, dies beispielsweise durch die Erhöhung der Streckenbelastungen bis hin zu Staus.

Wirkung Raumstruktur auf den Verkehr

Die räumliche Verteilung der Wohn-, Arbeits- und Freizeitstandorte wirkt wieder auf den Verkehr. Allgemein gilt, dass je dichter und besser erschlossen ein Gebiet ist, umso kürzer sind die Weglängen und umso eher können Wege mit dem öffentlichen Verkehr oder dem Fuss- und Veloverkehr zurückgelegt werden. Wenig dicht bebaute Gebiete 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 Park- und Strassenkapazitäten und aufgrund der hohen Nachfrage wird ein dichtes ÖV-Angebot möglich.

Überlagerung mit einer Vielzahl von Determinanten

Alle diese Prozesse sind eingebettet und überlagert von einer Vielzahl von Determinanten, die insbesondere auch mit der Betrachtung des Jahres 2060 von Bedeutung sind:

- Neue Technologien – wie z.B. automatische Fahrzeuge – verändern vor allem Verkehrsnetz und -angebot.
- Regulierungen steuern die Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln und die Preise ihrer Nutzung. Damit wirken sie ebenfalls auf Verkehrsnetz und -angebot ein. Weitere Regulierungen in der Raumnutzung und den Immobilienmärkten beeinflussen zudem die Standortentscheide.
- Wirtschaftliche Entwicklungen bestimmen das Einkommen der Menschen und Unternehmen und damit die finanziellen Möglichkeiten für Mobilitäts- und Standortentscheide.
- Gesellschaftliche Entwicklungen aufgrund Demographie oder Werthaltungen beeinflussen Standortwahl und Mobilitätsverhalten.

Diese Zusammenhänge laufen nicht gleichzeitig oder in Form eines Kreises ab. Sie 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. Dazwischen werden alle Entscheide wieder durch übergeordnete Determinanten beeinflusst.

2.2 Wirkung von Erreichbarkeit auf die Siedlungs- bzw. Flächennutzung

2.2.1 Ex-Post Analysen zu Wirkungen Verkehr auf die Bevölkerungsentwicklung

Die folgende Tabelle fasst Ex-Post Studien aus industrialisierten Ländern zusammen, die quantitative Aussagen zu den Auswirkungen von Verkehr auf die Bevölkerungsentwicklung machen.

Tab. 16 Literaturzusammenstellung zu den Auswirkungen von Verkehr auf die Bevölkerungsentwicklung (Quelle: Fuhrer et al. (2017))

Quelle	Input Verkehr	Gebiet	Periode	Kernaussage
Baum, Snow (2007)	Anzahl Autobahnäste je Agglomeration	USA, 139 Agglomerationen	1950 - 1990	Ohne Ausbau des interstate highway Netzes wären in den untersuchten 40 Jahren Kernstädte im Schnitt um 8% gewachsen, statt um 17% zu schrumpfen.
Garcia-Lopez et al. (2013)	Anzahl Autobahnäste je Stadt und Anzahl Distanz zur nächsten Anschlussstelle	Spanien, 1300 Gemeinden	1991 - 2011	Pro gebauten Autobahnast verliert das Stadtzentrum 5% Einwohner. Agglomerationsgemeinden mit Autobahnanschluss wuchsen 4.6% schneller als der Durchschnitt
Garcia-Lopez et al. (2016)	Autobahn-, Eisenbahnast, Anschlüsse, Stationen	Europa, 579 Agglomerationen	1961 - 2011	Pro Autobahnast verliert die Kernstadt 4% ihrer Einwohner, Eisenbahn zeigt keinen Effekt
Hornung (2012)	Anschluss ans Eisenbahnnetz	Preussen, 978 Städte	1840-1871	Städte mit Bahnhof wuchsen im Schnitt 1-2% je Jahr schneller als die anderen
Börjesson et al. (2014)	Metro, Reisezeit / Erreichbarkeit	Stockholm und Agglomeration	1950 - 2006	Führte im Vergleich ohne Metro zu einer dispersen Siedlungsentwicklung, wobei diese grösstenteils durch die dazugehörenden Nutzungsplanung bedingt ist.
Tschopp (2003), (2006), (2008)	Reisezeiten / Erreichbarkeit	Schweiz, 2889 Gemeinden	1950 - 2000	Ein positiver Zusammenhang von Erreichbarkeit und Bevölkerungsentwicklung wird bestätigt. Im Zeitablauf sinkt sowohl der Einfluss als auch die Güte der Modellschätzungen
Portnov et al. (2011)	Reisezeiten / Erreichbarkeit	Schweiz, 2889 Gemeinden	1950 - 2000	Die ÖV-Erreichbarkeit hat zwischen 1950 und 1970 einen positiven Einfluss auf die Bevölkerungsentwicklung, später einen negativen Einfluss. Die MIV-Erreichbarkeit weist umgekehrt von 1950 bis 1970 einen negativen Einfluss auf die Bevölkerungsentwicklung auf, anschliessend einen positiven Einfluss

Generell gilt, dass der Einfluss der Erreichbarkeit auf die Bevölkerungsentwicklung im Zeitablauf abnimmt und marginal wird.

Für die Schweiz sind hier vor allem die Arbeiten des IVT der ETH Zürich relevant (Tschopp et al. (2008), Portnov et al. (2011)), die die folgenden Resultate erzielten:

- Die ÖV-Erreichbarkeit hat zwischen 1950 und 1970 einen positiven Einfluss auf die Bevölkerungsentwicklung, später einen negativen Einfluss.
- Die MIV-Erreichbarkeit weist umgekehrt von 1950 bis 1970 einen negativen Einfluss auf die Bevölkerungsentwicklung auf, anschliessend einen positiven Einfluss

Generell gilt, dass der Einfluss der Erreichbarkeit auf die Bevölkerungsentwicklung im Zeitablauf abnimmt und marginal wird (Portnov et al. (2011)). Dies wird vor allem damit erklärt, dass durch die fortschreitende Motorisierung der Bevölkerung und der hohen Verfügbarkeit von Verkehrsangeboten und -infrastrukturen die Erreichbarkeit der Standorte so zugenommen hat, dass diese relativ zu anderen Standortfaktoren wie Immobilienpreise, Wohnpräferenzen etc. an Bedeutung verloren hat.

Weitere Forschungsarbeiten beschreiben die Auswirkungen des Verkehrs auf die Raumplanung allgemein wie folgt (Danielli, Giovanni; Maibach, Markus (2007)):

- Eine flächendeckende Steigerung der Erreichbarkeit führt zu einer zerstreuten Siedlungsentwicklung.
- Für High-Tech- und Dienstleistungsunternehmen ist die Erreichbarkeit von entscheidender Bedeutung.
- Büroflächen entstehen vorrangig in gut erreichbaren innerstädtischen Bereichen oder in Aussenbezirken mit guter Erreichbarkeit.
- Einzelhandelsentwicklung findet entweder in gut erreichbaren innerstädtischen Bereichen statt oder in Peripheriegebieten, die ausreichend Parkmöglichkeiten bieten und eine gute Strassenanbindung aufweisen.
- Die Zersiedlung suburbaner Gebiete, die aufgrund des leichten Zugangs zum Stadtzentrum voranschreitet, führt zu längeren Fahrten zur Arbeit und zum Einkaufen.

Die räumlichen Auswirkungen neuer Verkehrsinfrastrukturen wurden in der Schweiz spätestens seit der Festlegung des Nationalstrassennetzes häufig diskutiert. Es existieren eine Vielzahl von Studien und Untersuchungen zu dem Thema. Vor allem das Bundesamt für Raumentwicklung hat mit der Reihe «Lernen aus der Vergangenheit» einzelne Verkehrsprojekte Ex-Post auf ihre räumliche Wirkung hin untersucht (ARE (2004a), ARE (2004b), ARE (2006a), ARE (2006b), ARE (2014a)). Das Vorgehen bei all diesen Untersuchungen orientierte sich an dem Tripod-Modell, bei dem aus den direkten Verkehrswirkungen eines Infrastrukturprojektes auf die Raumwirkungen und die Standortattraktivität unter Berücksichtigung der Potentiale und dem Verhalten der Akteure einer Region geschlossen wurde. Gestützt auf einer Durchsicht dieser und weiterer empirischer Studien der letzten vierzig Jahren zieht das ARE (ARE (2015)) folgendes Fazit:

- Die Verflechtungen von Raum und Verkehr sind mannigfaltig, weshalb die Wirkungsweisen und die Kausalität häufig nicht eindeutig auszumachen sind. Verallgemeinernd wird aber davon ausgegangen, dass neue Strassen dezentralisierend wirken und eine Entwicklung in die Fläche ermöglichen, während neue ÖV-Angebote auf der Bahn «konzentriert dezentralisierend» entlang der Bahnachsen an den Haltestellen wirken (Metron 2000).
- Die (Raum-) Wirkung zusätzlicher Verkehrsinfrastrukturen ist aufgrund der bestehenden hohen Erschliessungsqualität in einer «vollmotorisierten» Gesellschaft tendenziell abnehmend.
- Wirkungen von Massnahmen oder Projekten sind im Einzelfall zu prüfen, da sie von der Grösse des Attraktivitätsgewinns und dem Verhalten der Akteure bestimmt sind.
- Erreichbarkeitsverbesserungen führen in peripheren Regionen nicht unbedingt zu stärkeren Entwicklungen als in zentralen Regionen.
- Verkehrsinfrastruktur ist somit nur ein raumbeeinflussender Faktor unter vielen anderen, die eine ebenso wichtige Rolle spielen.

Dass die Studien nicht eindeutige Ergebnisse erzielten, führt das ARE darauf zurück, dass die Studien kurz nach Inbetriebnahme durchgeführt worden sind und damit längerfristige Auswirkungen allenfalls nicht erkannt werden konnten. Andererseits erschweren längerfristige Betrachtungen die Identifikation der Zusammenhänge von Verkehr und Raum, da sie dann noch mehr von anderen Determinanten überzeichnet werden. Zudem beeinflusst ein Projekt schon ab Baubeginn Standortentscheidungen und nicht erst die Inbetriebnahme. Auf Basis dieser Erkenntnisse wurde für das Monitoring der Entwicklung entlang der Gotthard-Achse (MGA) im Vergleich zu den bereits erstellten Studien zu anderen Verkehrsinfrastrukturen einige Anpassungen vorgenommen (ARE 2017):

- Das MGA-Projekt beinhaltet sowohl Ex-ante- und Ex-post-Analysen, die eine Bewertung der Auswirkungen vor, während und nach der Inbetriebnahme der neuen Gotthard-Eisenbahnachse ermöglichen.
- Das MGA-Projekt soll mögliche räumliche Auswirkungen identifizieren und prüfen, ob und wie diese Effekte dazu beitragen, politische Mobilitäts-, Wirtschafts-, Umweltschutz- und Raumentwicklungsziele von Bund und Kantonen zu erreichen.

- Das MGA-Projekt gibt öffentlichen und privaten Akteuren Empfehlungen, die bei der Entwicklung zielgerichteter Begleitmassnahmen Hilfe bieten können.

2.2.2 Ex-Post Analysen zu Wirkungen Verkehr auf Produktivität und Einkommen

Die Erkenntnisse der ARE-Studien werden zudem durch makroökonomische Studien bestätigt. Die folgende Tabelle fasst Ex-Post Studien aus industrialisierten Ländern zusammen, die quantitative Aussagen zu den Auswirkungen von Verkehr auf die Produktivität und das Einkommen machen.

Tab. 17 Literaturzusammenstellung zu den Auswirkungen von Verkehr auf Produktivität und Einkommen (Quelle: Fuhrer et al. (2017))

Quelle	Input Verkehr	Gebiet	Periode	Kernaussage
Chatman und Noland (2014)	ÖV-Kenngrössen (Pkm, Fzkm, keine Reisezeit)	USA, 354 Metropolitan-räume	2003 - 2008	Eine Erhöhung der Bus- und Zug-Sitzplätze um zehn Prozent führt in Kernstädten zu einer Nettoerhöhung der Löhne zwischen 0,2 und 0,23 Prozent
Graham (2014)	Länge Strassennetz	USA, 101 Städte	1982 - 2007	Kein Effekt auf die Produktivität
Anderstig et al. (2012)	Generalisierte Kosten	Stockholm	1985 - 2002	Eine 100%-ige Verbesserung der infrastrukturbasierten Erreichbarkeit führt zu 3% mehr Einkommen
Melo et al. (2013)	MIV-Erreichbarkeit der Arbeitsplätze nach Reisezeitkategorie	USA, 51 urbane Regionen	1990 - 2009	Bei Verdopplung der aller innerhalb von 20 Minuten erreichbaren Arbeitsplätze führt zu 6.5% höheren Löhnen.
Ernst Basler + Partner AG (2011)	Erreichbarkeit	Ex Post Analyse zweier Projekte, Schweiz	verschieden nach Projekt	Positive Wirkung von Erreichbarkeit auf Produktivität bei einer engen funktionalen-räumlichen Arbeitsteilung von Zentrum-Agglomeration. Entscheidend ist ein hoher Anteil an High-Tech und wissensintensiven Dienstleistungen
IVT der ETH Zürich, Ecoplan (2015)	Erreichbarkeit öffentlicher Verkehr	Schweiz	1950 - 2000	Eine 100%-ige Verbesserung der ÖV-Erreichbarkeit führt im Schnitt zu einer Produktivitätssteigerung von 1-2 %; in urbanen Räumen von in etwa von 2-4%

Für die Schweiz zeigt Ernst Basler + Partner (2011), dass zwischen Erreichbarkeit und Wachstum keine monokausalen Zusammenhänge bestehen. Positive Zusammenhänge waren vor allem bei Regionen zu finden, die in einer engen funktionalen-räumlichen Arbeitsteilung Zentrum-Agglomeration eingebunden sind und einen hohen Anteil an High-Tech und wissensintensiven Dienstleistungen aufweisen. Axhausen et al. (2015) bestätigen die Abhängigkeiten der Wirkungen je nach Region. So führt eine Verbesserung der ÖV-Erreichbarkeit um 100 % zu einer durchschnittlichen Produktivitätssteigerung von 1 % bis 2 %.¹ In urban geprägten Gegenden ist dieser Effekt in etwa doppelt so hoch. Ferner wurde gezeigt, dass eine verbesserte ÖV-Erreichbarkeit zwischen 2000 und 2010 insbesondere in grossen und urbanen Gemeinden zu einer Zunahme der Arbeitsplätze führte. In kleineren und ländlicheren Gemeinden ist dagegen tendenziell ein negativer Zusammenhang festzustellen. In der Tendenz verlieren solche Gemeinden durch eine verbesserte ÖV-Erreichbarkeit an Attraktivität für ihre Unternehmen. Umgekehrt ist der Zusammenhang dagegen bei den Arbeitskräften, also der Wohnbevölkerung: Eine Verbesserung der ÖV-Erreichbarkeit führt in kleineren Gemeinden tendenziell zu einer Zunahme der wohnhaften Arbeitskräfte. Bruns, Cerwenka, Chaumet et al. (2008) konnten den negativen Zusammenhang von verbesserter Erreichbarkeit und Einkommens- und Beschäftigungseffekten für österreichische Tourismusregionen aufzuzeigen.

Hinsichtlich des Grenznutzens einer verbesserten Erreichbarkeit führen Axhausen et al. (2015) aus, dass die erzielten Ergebnisse im Vergleich zu internationalen Studien

¹ Steigerungen der Produktivität und des Einkommens müssen nicht zwangsläufig mit einer Zunahme von Wohn- und Arbeitsplätzen einhergehen. Die wirtschaftlichen Grössen stehen hier aber als ein Attraktivitätsmassstab für die Region und in weiterer Folge für potenzielle Ansiedlungen.

vornehmlich aus dem angelsächsischen Raum eher am unteren Rand liegen, was an der guten Qualität des Verkehrssystems der Schweiz und der hohen Produktivität liegen könnte (vgl. bspw. Graham, von Dender (2010)). Zudem sei auch in bereits durchgeführten Studien in anderen Ländern über die Zeit eher eine abnehmende Tendenz sichtbar. Eine konkrete Anwendung der Ergebnisse auf ein einzelnes Projekt zeigte, dass selbst eine hohe Reduktion der Reisezeiten einer Region nach La-Chaux-De-Fonds um 10 % zu einer marginalen Veränderung der Wertschöpfung (104'000 CHF je Jahr führen würde (Ernst Basler + Partner AG (2016))).

2.3 Standortentscheide von Haushalten und Unternehmen

2.3.1 Haushalte (Wohn- und Arbeitsort)

Die Standortwahl der Haushalte ist von vielen Faktoren abhängig. Belart (2011, zitiert nach ARE (2013)) nennt folgende Faktoren:

- Ein wichtiger Faktor sind die Eigenschaften der Haushalte, insbesondere die Anzahl und die Altersstruktur der Familienmitglieder sowie sozioökonomische Merkmale wie das Einkommen oder die Ausbildung. Diverse Untersuchungen bestätigen beispielsweise, dass Haushalte mit Kindern grossen Wert auf hochwertige Freiräume legen und im Gegenzug dafür längere Arbeitswege in Kauf nehmen.
- Ein weiterer Faktor ist die Grösse und der Preis der Wohnobjekte: je grösser das Haushaltseinkommen, desto grösser ist in der Regel auch die Wohnung. Aber auch der Wohnungstyp, die Ausstattung oder das Alter der Bausubstanz dürften einen Einfluss auf die Wahl der Wohnung und damit auch auf die Wahl des Wohnstandortes ausüben.
- Ein dritter Faktor ist die Umgebung des Wohnstandortes. Dazu gehören zum Beispiel die Aussicht, die Distanz zu Lärm- und Verschmutzungsquellen oder die bauliche Dichte. Aber auch die Steuerbelastung, das Angebot an qualitativ hochwertigen Schulen, Einkaufsmöglichkeiten und Freizeiteinrichtungen oder das Image des Quartiers spielen eine Rolle.

Belart nennt zudem den Faktor der Erreichbarkeit. Je nach Lebenssituation und Lebensstil spielt die Erreichbarkeit von Arbeitsplatz, Einkaufsmöglichkeiten, Schulen und Freizeiteinrichtungen eine wichtige Rolle. Zahlreiche Studien bestätigen den starken Zusammenhang zwischen Wohnstandort und Erreichbarkeit des Arbeitsplatzes. Bei Haushalten ohne Autos wurde zudem ein signifikanter Zusammenhang zwischen ÖV-Erreichbarkeit und Wohnstandort nachgewiesen. Die grossräumige Wohn- und Arbeitsplatzwahl privater Personen und Haushalte ist vor allem abhängig von der spezifischen Lebensphase, während kleinräumig unterschiedliche Präferenzen entscheidend sind. Der Verkehr beeinflusst die Wohnortwahl sowohl als positiver (Erreichbarkeit) wie auch als negativer (Lärm etc.) Faktor. Diese Faktoren schlagen sich unter anderem auch in den Boden- und Immobilienpreisen nieder. Als Pull-Faktor macht sich der Verkehr für Wohnen «im Grünen» bemerkbar, wenn Kernstädte gut resp. schnell erreichbar sind (Metron 2000). Dass die Erreichbarkeit auch nur eine Determinante der Wohn- und Arbeitsplatzwahl ist, zeigte sich bei der Ex-Post Untersuchung zum Lötschberg-Basistunnel (ARE (2012)): Ca. 15 % der Bevölkerungszunahme der Agglomeration Brig-Visp-Naters konnten maximal mit dem Lötschberg-Basistunnel erklärt werden. So ist auch die Erkenntnis von Laesser, C. & Reinhold, S. (2010), dass der Einfluss von Erreichbarkeits- oder generell Mobilitätsattribute durch die Wohnraum- und -umfeldattribute übersteuert werden. Thierstein, Wulfhorst et. al (2016) untersuchten empirisch die Gründe für die Wahl eines neuen Wohnstandortes und die Gründe für den Wechsel eines Arbeitsstandortes. Die jeweiligen Beweggründe (25 für die Wahl des Wohnstandortes und 21 für die Wahl des Arbeitsstandortes) wurden in Bezug zur Erreichbarkeit gesetzt.

2.3.2 Unternehmen

Für Unternehmen spielen bei Standortentscheidungen eine Reihe von Faktoren eine Rolle. Gemäss ARE (2013:19f.) lassen sich grundsätzlich harte und weiche Standortfaktoren unterscheiden. Zu den wichtigsten harten Standortfaktoren gehört die Verfügbarkeit von Arbeitskräften, Kapital und Boden. In fortgeschrittenen Volkswirtschaften wie der Schweiz spielt die Verfügbarkeit von hochqualifizierten Arbeitskräften eine zentrale Rolle. Daneben sind auch Boden und Immobilien wichtige Produktionsfaktoren. Dabei spielt nicht nur deren Finanzierbarkeit, sondern auch deren Erreichbarkeit eine wichtige Rolle. Das ARE (2013) weist darauf hin, dass in einer wissensbasierten Wirtschaft wie der Schweiz weiche Standortfaktoren an Bedeutung gewonnen. Dabei werden personenbezogene und unternehmensbezogene weiche Standortfaktoren unterschieden werden. Zu den personenbezogenen Faktoren gehören die Lebens- und Umweltqualität, Wohn- und Einkaufsmöglichkeiten, aber auch das Bildungs-, Kultur- und Freizeitangebot, die medizinische Versorgung und die Mentalität der ansässigen Bevölkerung. Zu den unternehmensbezogenen Standortfaktoren gehören das allgemeine Wirtschaftsklima, das innovative Milieu, das Image eines Standortes oder Agglomerationseffekte, wie sie sich durch die räumliche Konzentration von Unternehmen entwickeln. Diverse Untersuchungen bestätigen, dass die räumliche Nähe zu Konkurrenten, Zulieferern und Kunden besonders wichtige Standortfaktoren sind. Aber auch die Nähe zu Forschungseinrichtungen und Universitäten spielen eine entscheidende Rolle, letztere vor allem als Quelle für qualifizierte Arbeitskräfte und als Orte der Aus- und Weiterbildung.

Naturgemäss ist die Bedeutung der Faktoren bzw. eine gute regionale und internationale Erreichbarkeit nach Branche sehr unterschiedlich. Im Detailhandel spielen z.B. kleinräumige Anbindungen an logistische Grossverteiler und das Milieu des Umfelds eine Rolle. Headquarters multinationaler Unternehmen legen Wert auf gute, überregional schnelle und häufige Verbindungen (wie z.B. Flughäfen, HGV-Anschlüsse). Kleinräumig zeigt sich, dass sich wertschöpfungsintensive und kontaktabhängige Tätigkeiten in den innersten Zentren ansiedeln, während aufgrund der Immobilienpreise die Backoffices dieser Tätigkeiten in die Peripherie drängen. Tendenziell verschieben neue Strasseninfrastrukturen Arbeitsplätze und Einwohner vom Zentrum in die Peripherie, während bessere Bahnangebote Einwohner zwar ebenfalls in die Peripherie, Arbeitsplätze hingegen ins Zentrum ziehen (Metron 2000). Bezüglich Industrie und Transportlogistik ist erkennbar, dass sich diese aufgrund ihres Flächenbedarfs und den Bodenpreisen an gut erreichbaren Lagen in der Agglomeration oder der Peripherie konzentrieren und von dort aus die Versorgung von Zentren erfolgt.

2.4 Wirkung der Siedlungs- bzw. Flächennutzung auf die individuellen Mobilitätsentscheide

2.4.1 Internationale Studien

Verschiedene internationale Studien zeigen auf, wie die Raumstruktur Weglängen und den Modalsplit beeinflussen. So werden im EU-Projekt TRANSLAND die Auswirkungen der Raumplanung auf die Verkehrsentwicklung wie folgt (Danielli, Giovanni; Maibach, Markus (2007)) beschrieben:

- Eine hohe urbane Dichte in Verbindung mit funktional durchmischten Quartieren führt zu kürzeren Fahrten.
- Eine hohe Einwohnerdichte führt zu einer hohen Benutzung des öffentlichen Verkehrs.
- Monofunktionale Beschäftigungszentren produzieren längere Fahrten.
- Eine höhere Beschäftigungsdichte kann die Nutzung des öffentlichen Verkehrs positiv beeinflussen.
- In älteren Stadtvierteln treten kürzere Wege auf als in Vorstädten, die auf den MIV ausgerichtet sind.
- Ältere Stadtviertel weisen einen wesentlich höheren Anteil an ÖV-Nutzung, Fussgängern und Radfahrern auf als jüngere Stadtviertel.
- Die Entfernung zu wichtigen Beschäftigungszentren ist ein entscheidender Faktor für die zurückgelegte Fahrtlänge pro Person.

- Die Entfernung zu den Haltestellen des öffentlichen Verkehrs hat einen starken Einfluss auf deren Benutzung.
- Die durchschnittliche Fahrtlänge pro Person ist in grossen, städtischen Gebieten am geringsten und in ländlichen Siedlungen am höchsten.

Le Néchet (2012) zeigt für 34 Städte, dass ein enger Zusammenhang zwischen der baulichen Dichte und dem bimodalen Modal Split MIV-ÖV besteht. Ewing und Cervero (2010) haben anhand einer Metaanalyse die Ergebnisse von mehr als 200 Forschungsstudien zu diesem Thema untersucht. Das Ergebnis der Studie lässt darauf schliessen, dass eine höhere Dichte in den Siedlungsgebieten, unter Berücksichtigung der sozio-ökonomischen und einstellungsbezogenen Faktoren, eine reduzierte Verkehrsleistung (Anzahl Personen-km) und einen Modal Split mit tiefem MIV-Anteil unterstützt. Zum selben Schluss kommt eine Metaevaluation von Heinen, E., Steiner, R. & Geurs, K.T. (2015). Die geringe Variation der Ergebnisse zwischen verschiedenen Studien weist für die Autoren darauf hin, dass es sich um eine allgemeingültige Beziehung zwischen gebauter Umwelt und Mobilitätsverhalten handelt. Zeitreihenanalysen zeigen zudem, dass Personen, welche aus weniger kompakten Siedlungsgebieten in dichtere Siedlungen umziehen, ihr Mobilitätsverhalten ihrem neuen Wohnumfeld anpassen (Giles-Corti, B., Bull, F., Knuiiman, M., McCormack, G., et al. (2013)).

2.4.2 Studien Schweiz

Das ARE (2018) kommt auf Basis einer Auswertung des Mikrozensus Verkehrs 2015 zu folgenden Unterschieden im Mobilitätsverhalten je nach Dichte im Umfeld des Wohnortes:

- Der Modalsplit verschiebt sich mit höherer Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichte weg vom motorisierten Individualverkehr hin zum öffentlichen Verkehr und zum Fussverkehr.
- Menschen in dichten Gebieten legen für alle Verkehrszwecke in der Alltagsmobilität im Inland (auch für die Freizeit) 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 bis zu relativ hohen Dichten beinahe konstant und nimmt dann bei hohen Dichten ebenfalls ab.
- Bei hohen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichten haben tendenziell weniger Leute einen Führerausweis. Gleichwohl haben aber auch in dichten Gebieten über 70 % der Personen ab 18 Jahren einen Führerausweis.
- Unabhängig von der Dichte des Wohnortes sind jedoch die Anzahl Ausgänge und Wege pro Tag und Person wie auch die durchschnittliche Tagesunterwegszeit pro Person.

Begründet wird das Ergebnis damit, dass hohe Dichten auch eine hohe Konzentration von Dienstleistungsangeboten und auch sozialen Kontakten ermöglichen, so dass in dichten Gebieten die Menschen ihre Bedürfnisse innerhalb von kürzeren Distanzen befriedigen können. Ausserdem können Sie umweltfreundliche und flächeneffiziente Verkehrsmittel nutzen, für die aufgrund der hohen Dichten und der damit verbundenen hohen Bevölkerungszahl auch entsprechende Angebote (zumindest im ÖV) bestehen. Insbesondere benötigt ein effizienter ÖV auch ein hohes Nachfragepotential.

So hat die Siedlungsstruktur einen signifikanten Effekt auf das Mobilitätsverhalten im Alltagsverkehr. Bei Einbezug der Auslands- und Übernachtungsreisen geht dieser Effekt aber wieder verloren (BFS, ARE (2015)). In dichten Gebieten werden die kürzesten Distanzen im Alltagsverkehr im Inland zurückgelegt und gleichzeitig häufiger und markant weitere Reisen mit Übernachtungen und insbesondere Flugreisen unternommen. Damit ist bei den Tagesdistanzen inkl. Ausland kein klarer Zusammenhang mehr mit der Dichte erkennbar.

2.5 Fazit: Herausforderungen für die Erstellung eines Wirkungsnetzes

Für die Untersuchung der sozioökonomischen Treiber in diesem Projekt ergeben sich damit vor allem folgende Herausforderungen:

- Der Einfluss von Erreichbarkeit auf Standortentscheide ist nicht monokausal und sowohl Verkehr wie auch die Standortwahl hängen von einer Vielzahl von Faktoren respektive ebenfalls wichtigen Determinanten ab. In einem Wirkungsnetz sind die Determinanten aufzuzeigen und ihre Bedeutung zueinander darzustellen.
- Für die Darstellung der Szenarien bezüglich Verkehr und Raum sind die Szenarioannahmen z.B. zu Technologien so umzusetzen, dass die Wirkungen ermittelbar sind. Dazu müssen geeignete "Stellschrauben" definiert werden, um neue Technologien, Mobilitätsangebote und disruptive Entwicklungen abbilden zu können.
- Aufgrund der Komplexität der Zusammenhänge und der gegenseitigen Abhängigkeiten kann die Wirkungseinschätzung nicht nur mittels eines rein quantitativ-mathematischen Modells erfolgen. Qualitative Einschätzungen haben mindestens eine ebenso grosse Bedeutung.

Im Folgenden werden quantitative Betrachtungen vorgenommen, die – mangels ausreichender Grundlagen und der hohen Komplexität auch auf qualitativen Experteneinschätzungen basieren. Damit wird einerseits Raum für die notwendigen qualitativen Einschätzungen gegeben und andererseits soweit vorhanden empirisch fundierte, quantitative Eckwertschätzungen zu den Wirkungen und insbesondere zu einer künftigen Verkehrsnachfrage und Flächennutzung ermöglicht.

In Kapitel 3.1 wird der Aufbau des Wirkungsnetzes «Verkehr – Raum» erläutert, mit der Gliederung in Teilnetze, den unterschiedlichen Determinanten und den differenzierten Raumtypen. Zudem wird das Verständnis des Wirkungsnetzes mit seinen Abgrenzungen aufgezeigt. In Kapitel 3.2 ist das Netz dargestellt.

3 Aufbau Wirkungsnetz «Verkehr - Raum» mit Anwendungsbeispielen für das Jahr 2015

In Kapitel 3 wird das Wirkungsnetz «Verkehr-Raum» beschrieben. Nach einer Darstellung des Ansatzes zur Erstellung eines Wirkungsnetzes (Kapitel 3.1) wird das Gesamtnetz in Kapitel 3.2 dargestellt. Anschliessend wird die Bedeutung der einzelnen Knoten in den Kapiteln «Personenverkehr – Wohnflächen» und «Güterverkehr – Arbeitsflächen» jeweils wie folgt erläutert. Es erfolgt eine allgemeine Beschreibung der Knoten und ihrer Zusammenhänge. Diese Beschreibung erfolgt für das Jahr 2015 mit den entsprechenden Inputdaten. Im Anhang in Kapitel I sind dann detaillierte technische Angaben zu den Knoten erkennbar.

3.1 Ansatz zur Erstellung Wirkungsnetz

3.1.1 Allgemeines Vorgehen und Lösungsansatz

Unser Vorgehen ist darauf ausgerichtet, ein konsolidiertes und partiell quantifiziertes Wirkungsnetz zu den Zusammenhängen zwischen Verkehrs- und Raumentwicklung aufgrund Personen und Güterverkehr zu entwickeln und für die Szenarien für das Jahr 2060 anzuwenden. Dieses Wirkungsnetz soll

- Ursache-Wirkungszusammenhänge beschreiben und stringente Argumentationen zur erwarteten künftigen Raumstruktur ermöglichen
- Die Unterschiede der drei Zukunftsszenarien Evolution, Revolution und Devolution in ihren Ursache-Wirkungszusammenhängen differenziert aufzeigen
- Annahmen zur quantitativen Dimension künftiger Entwicklungen unterstützen (bspw. aufgrund von Elastizitäten)
- Mögliche Ansatzpunkte für verkehrs- und raumplanerische Interventionen erkennbar machen und mit den Ergebnissen Erkenntnisse für die künftige Verkehrs- und Raumplanung liefern

Die Methodik zur Quantifizierung des Wirkungsnetzes stützt sich prinzipiell auf die Verwendung von so genannten Bayes'schen Netzen. Diese ermöglichen eine Darstellung des untersuchten Systems mittels eines logischen Diagramms. Die Darstellungsweise unterstützt das Verständnis des Gesamtsystems wie auch zu einzelnen Wirkungsbeziehungen und deren wechselseitige Beeinflussung. Bayes'sche Netze stellen die Abhängigkeiten zwischen Einflussgrössen, Massnahmen, Ereignisketten und Auswirkungen graphisch dar und sind gleichzeitig in der Lage, deren Häufigkeiten und Wahrscheinlichkeiten zu berücksichtigen. Damit eignen sie sich sehr gut, um komplexe Zusammenhänge anschaulich abzubilden und fördern ein systematisches Vorgehen bei der Ermittlung von Wirkungszusammenhängen unter veränderten Rahmenbedingungen oder bei bestimmten Szenarien.

Die einzelnen Ereignisse bzw. Systemgrössen werden als «Knoten» bezeichnet. In den vorliegenden Untersuchungen findet eine Untergliederung in sogenannte Input-, Kausalitäts- und Outputknoten statt. Bei der Auswahl der Knoten werden entsprechend des Untersuchungstiefgangs die wesentlichen Elemente der Wirkungszusammenhänge des betrachteten Systems abgebildet. Pfeile zwischen den Knoten drücken deren Abhängigkeit aus, d. h. der Zustand des einen Knoten ist abhängig vom Zustand des anderen. Die Definition der Knotenverbindungen spiegelt die kausalen Wirkungszusammenhänge zwischen diesen Knoten wider, repräsentierbar durch die Fragestellungen: «Welche Variable wird durch welche andere(n) Variable(n) kausal beeinflusst?» und wenn eine Variable durch eine oder mehrere andere beeinflusst wird: «Welcher funktionale Zusammenhang steckt hinter diesen Verbindungen?». Das Bayes'sche Netz vermag so letztlich eine Vielzahl an kausalen Zusammenhängen

abzubilden. Beispielhaft ist in der folgenden Abbildung ein schematisches Bayes'sches Netz dargestellt.

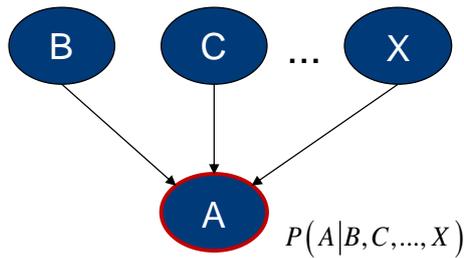


Abb. 6: Schematische Darstellung der Zusammenhänge in Bayes'schen Netzen; die Ausprägungen des Knotens A sind abhängig von den gleichzeitigen Ausprägungen der Knoten B, C, ... und X.

Durch die Verwendung von Bayes'schen Netzen werden folgende zusätzliche Vorteile erzielt:

- Übersichtliche Darstellung von Abhängigkeiten und Einflüssen,
- Systematisches Vorgehen bei der Zuweisung von funktionalen Zusammenhängen zwischen sich gegenseitig beeinflussende Variablen,
- Einfache Einführung von weiteren Szenarien und Abschätzung der damit verbundenen Auswirkungen auf die Ausgabegrößen des Modells (Output),
- Erleichterte Sensitivitätsanalysen und Plausibilitätschecks durch Variation der einzelnen Zustände in den Knoten,
- Berücksichtigung von mehreren voneinander abhängigen Effekten (Common-Cause-Effects).
- Abbildung von Unschärfen in den Datengrundlagen oder Annahmen durch Parametervariationen in den Input-Knoten.

Bei Bayes'schen Netzen handelt es sich immer um einen gerichteten, nicht-zyklischen Graphen. Dies bedeutet, dass die zugrundeliegenden Berechnungen der funktionalen Zusammenhänge keine direkten Zirkelschlüsse und Rückkopplungen zulassen. Änderungen z.B. aufgrund von unterschiedlichen Szenarien werden stets durch die Inputknoten in das System eingeführt. Das System beeinflusst sich niemals selbst. Für die Umsetzung im vorliegenden Projekt bedeutet dies, dass Wirkungszusammenhänge linear entlang der Netzstruktur berechnet werden. Rückkopplungseffekte werden dabei annähernd durch eine serielle Berechnung der Teilnetze und durch Abhängigkeiten zwischen den zentralen Kausalknoten der Teilnetze berücksichtigt.²

Bayes'sche Netze haben einen entscheidenden Vorteil: Sie bleiben auch bei mehreren bzw. komplexen Einflussituationen und zahlreichen optionalen Zuständen vergleichsweise übersichtlich. Jedem Knoten im Netz sind definierte Zustände hinterlegt und die Abhängigkeiten (auch mehrerer Knoten gleichzeitig) können anhand von funktionalen Zusammenhängen mathematisch beschrieben werden.

Für die Fragestellungen des vorliegenden Projekts wurde bewusst die Methodik der Bayes'schen Netze gewählt, weil sich durch die nachvollziehbare, strukturelle Darstellung der Wirkungszusammenhänge anhand des Graphen eine praktikable Diskussionsgrundlage entwickeln lässt. Annahmen der Einflussgrößen und Wirkungszusammenhänge können schnell nachvollzogen und letztendlich konsolidiert werden. Der strukturellen Netzentwicklung folgt eine Quantifizierung der Knotenzustände und der Wirkungszusammenhänge zwischen den Knoten.

² Im Vorgriff zum Modell heisst das, das z.B. eine Einwohnerverteilung zunächst als Input gegeben ist, aus dieser unter weiteren Rahmenbedingungen Verkehrs- und Flächennachfrage ermittelt wird und anschliessend als Ergebnis wieder eine Einwohnerverteilung resultiert.

Die Erarbeitung des Netzes hat nicht zum Ziel, mit einem systemdynamischen Ansatz ein integrales, vollständig quantifizierendes Strategie-Netz zu produzieren. Das Wirkungsnetz bildet hingegen ein «Lerninstrument» zur Darstellung der Zusammenhänge und zur Diskussion der Szenarien-Annahmen und ihrer Wirkungen, welches in zweiter Linie grob quantitative Aussagen ermöglicht (vgl. auch Keller, Mauch, Heeb et al. (2000)). Dadurch wird es auch möglich, disruptive Entwicklungen in den Wirkungsanalysen zu berücksichtigen.

Für die Berechnungen / Modellierung werden die Programme GeNle (Entwicklung Netzstruktur) und MS-Excel (Quantifizierung der Zustände und Zusammenhänge) verwendet. GeNle ist eine Modellierungssoftware, welche explizit für die Modellierung und Verwendung von Bayes'schen Netze entwickelt wurde (siehe auch www.bayesfusion.com). Die Software erlaubt es

- die Modellbildung (d.h. das Zeichnen eines Bayes'schen Netz mit seinen Knoten und Verbindungen) mittels eines interaktiven, dynamischen Grafiktools
- die eigentliche Modellierung (z.B. mit Excel) welche die funktionalen Zusammenhänge für die ausgewählte Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge enthält.

Die in GeNle aufgebaute Netzgrafik ist ein strukturierendes Hilfsmittel zur schrittweisen Analyse der Wirkungszusammenhänge. Durch die Kombination von grafischer Arbeitsweise und attribuierten Beziehungen können gleichzeitig qualitative und quantitative Einschätzung vorgenommen werden.

Das Vorgehen der Modellierung umfasst die Entwicklung der Netzstruktur zur Abbildung der wichtigsten Wirkungszusammenhänge im System. Das System definiert sich über die Fragestellungen des Forschungsprojekts bezüglich der zukünftig zu erwartenden Entwicklungen im Personen- und Güterverkehr sowie des Wohn- und Arbeitsflächenverbrauchs. Nach einer Konsolidierung der Netzstruktur mit den Experten aus der Begleitgruppe und während eines Workshops fand die Quantifizierung der Wirkungszusammenhänge statt. Das bedeutet, für jeden im Modell enthaltenen Knoten werden die Zustände und funktionalen Wirkungszusammenhänge erstellt. Dies auf Grundlage von vorliegenden empirischen Untersuchungen, Informationen aus der Literatur oder anderer peripherer Modelle oder aufgrund von Expertenschätzungen und -annahmen. Durch eine «Kalibrierung» mit dem Ist-Zustand im Referenzjahr 2015 wird die Modellentwicklung abgeschlossen.

3.1.2 Teilnetze

Im Forschungsprojekt stehen die Wechselwirkungen von Verkehr und Raum im Fokus. Um die Betrachtung dieser Zusammenhänge mittels Bayes'scher Netze handhabbar zu machen, wird das Gesamtnetz in vier Teilnetze untergliedert, die miteinander verknüpft sind.

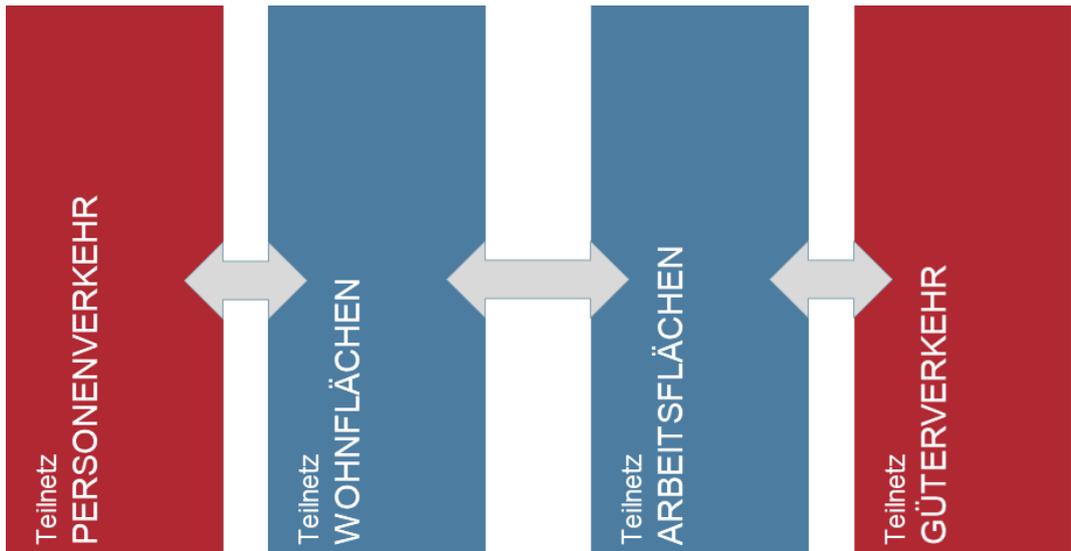


Abb 7: Gliederung in Teilnetze und Hinweis auf die Verknüpfungen anhand der Pfeile

Auf der einen Seite sind die beiden Teilnetze zum Personenverkehr (Rot) sowie den Wohnflächen (Blau) eng miteinander verknüpft. Mobilitätsverhalten und Siedlungsdichte der Bevölkerung stehen in einer engen Wechselwirkung, wie aktuell die Studie zu Dichte und Mobilitätsverhalten illustriert (ARE 2018). Verkehrsangebote bzw. Erreichbarkeit ist jedoch nur ein Faktor unter vielen bei der Standortwahl von Haushalten.

Auf der anderen Seite besteht ebenfalls eine enge Verknüpfung zwischen den beiden Teilnetzen des Güterverkehrs (Rot) und der Arbeitsflächen (Blau). Güterverkehrslogistik und Standortwahl von Unternehmen stehen, vor allem im Industriesektor und bei transportintensiven Tätigkeiten (z.B. Logistik) in einem engen Zusammenhang.

Im Dienstleistungssektor hingegen haben viele Branchen einen direkten Bezug zu den Personen. Deshalb hat das Teilnetz Wohnflächen auch einen Zusammenhang mit dem Teilnetz Arbeitsflächen. Gerade wissensintensive Branchen sind auf einen umfassenden Arbeitsmarkt an qualifizierten Mitarbeitenden angewiesen (Agglomeration Economies). Der umgekehrte Zusammenhang von Arbeitsflächen auf Wohnflächen ist ebenfalls gegeben, und vor allem vom Aufwand für die Fahrt bestimmt (Generalisierte Kosten, Länge von Wegen in unterschiedlichen Raumtypen). Diese werden im Teilnetz Personenverkehr modelliert.

Für eine einfachere Orientierung wird das hier vorgestellte Farbschema auch für die Darstellung des Gesamtnetzes beibehalten.

3.1.3 Knotentypen

Systeme werden in Bayes'schen Netzen in sogenannte Input-, Kausalitäts- und Outputvariablen unterteilt, die jeweils anhand von Knoten repräsentiert sind.

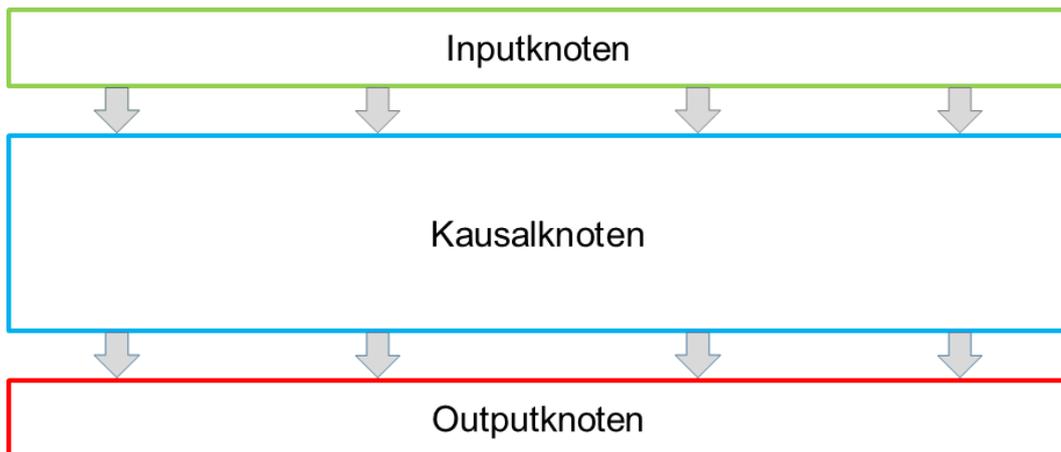


Abb. 8: Unterschiedliche Knotentypen im Wirkungsnetz

Inputknoten: Bei den Inputknoten handelt es sich um eine Repräsentation der massgebenden Einflussvariablen auf die verschiedenen Teilnetze. Die Ausprägungen der Zustände in den Inputknoten werden auf Grundlage der Resultate aus den anderen Teilprojekten (z.B. Demographie) des Forschungspakets abgeleitet. Sie repräsentieren die Veränderungen in den zukünftigen Szenarien gegenüber dem Ist-Zustand gegenüber den zukünftigen Szenarien. Die Inputknoten können vereinfacht als die «Stellschrauben» des Systems verstanden werden.

Kausalknoten: Die Kausalknoten repräsentieren die Wirkungszusammenhänge zwischen den Input- und den Outputknoten. Szenarienbedingte Veränderungen in den Inputknoten bewirken Veränderungen in den bedingten Wahrscheinlichkeiten der Kausalknoten, die sich wiederum in Veränderungen der bedingten Wahrscheinlichkeiten der subsequent folgenden Outputknoten äussern. Das bedeutet, dass die Kausalknoten die Verknüpfung zwischen Einfluss- und Zielgrössen darstellen. Diese Verknüpfung ist durch die einzelnen definierten funktionalen Zusammenhänge im Modell hinterlegt.

Outputknoten: Die Outputknoten bilden das «Ergebnis» der Modellanwendung. Sie enthalten den Flächenverbrauch, differenziert nach Wohn- und Arbeitsflächen und das Verkehrsaufkommen resp. die Verkehrsleistungen, differenziert nach den unterschiedlichen Verkehrsmitteln; dies in Abhängigkeit der Veränderungen in den Inputknoten durch die zukünftigen Szenarien.

3.1.4 Raumgliederung und räumliche Teilnetze

Die Wechselwirkungen zwischen Verkehr und Raum bedingt eine Festlegung der zu betrachtenden Differenzierung des Raums. Ursprünglich war in Absprache mit dem Bundesamt für Raumentwicklung geplant, die Stadt/Land Typologie des Bundesamtes für Statistik zu verwenden. Die Daten zu den verhaltenshomogenen Gruppen aus dem Teilprojekt Interface, Uni Zürich (2019, in Bearbeitung) «Demografische Alterung und ihre Folgen für Kapazität und Sicherheit des Verkehrssystems», die einen zentralen Input für das Wirkungsnetz bilden, sind jedoch für diese Raumgliederung nicht verfügbar. Deshalb wird im Teilprojekt die auch für die verhaltenshomogenen Gruppen genutzte, auf der Volkszählung 2000 basierende Gliederung in städtische und ländliche Gebiete verwendet. Sie unterscheidet drei Raumtypen:

- Kernstädte von Agglomerationen und isolierte Städte (nachfolgend **Kernstädte** genannt)
- Andere Agglomerationsgemeinden (nachfolgende **Agglomerationsgemeinden** genannt)
- **Ländliche Gemeinde**

Diese Raumgliederung ermöglicht dennoch eine im Wirkungsnetz handhabbare Untergliederung bei gleichzeitig räumlich differenzierten Aussagen. Kleinräumige Differenzierungen mit unterschiedlichen Lagequalitäten (z.B. Zentralität im Siedlungsraum) können mit dieser Raumgliederung jedoch nicht dargestellt werden.

Die Erstellung und Anwendung des Wirkungsnetzes erfolgt jeweils für die drei Raumkategorien, wobei die Wirkungsnetze der Raumkategorien gleichzeitig miteinander verknüpft sind, um z.B. Verlagerungen von Wohn- und Arbeitsplatzstandort zwischen den Regionen zu berücksichtigen (siehe Abb. 6).

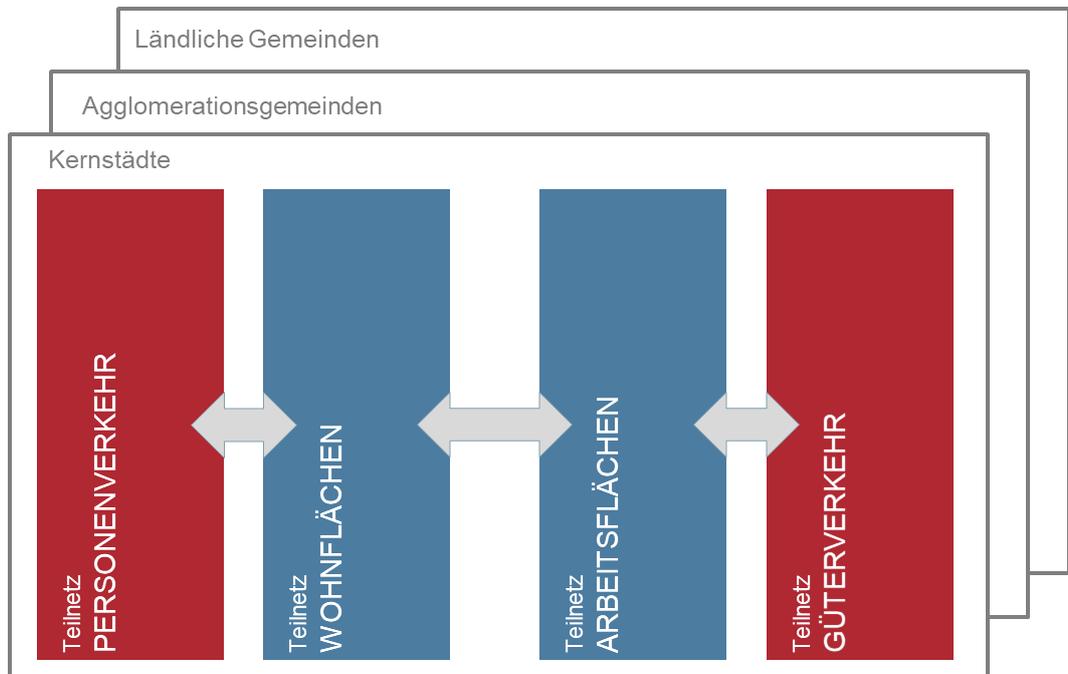


Abb. 9: Illustration der Anwendung des Wirkungsnetzes für die drei Raumkategorien

3.1.5 Abgrenzungen

Aufkommen und Leistung der in der Schweiz wohnhaften Personen und Unternehmen

Während für den Raum die Abgrenzung der Fläche für Wohnen und Arbeiten eindeutig ist, muss für den Verkehr hier noch erläutert werden, in welcher Abgrenzung die angestrebten Ergebniskennziffern dargestellt werden.

Bezüglich des Verkehrsaufkommens werden im Personen- und im Güterverkehr das Wege- und Tonnageaufkommen der in der jeweiligen Raumkategorie wohnhaften Personen bzw. ansässigen Unternehmen ausgewiesen. Im Güterverkehr wird ausschliesslich Binnenverkehr betrachtet. Transit-, Import- und Exportverkehre werden ausgeschlossen, da diese nur minimalen Einfluss auf den Flächenbedarf für Wohnen und Arbeiten haben.

Für die Ermittlung der Verkehrs- und Transportleistung werden differenzierte Weg- und Transportlängen in Abhängigkeit vom Verursacher verwendet. Im Güterverkehr werden Weglängen nach Warengruppen differenziert, im Personenverkehr nach verhaltenshomogenen Gruppen und Raumkategorie. So hat eine Person, die in einem Gebiet ausserhalb des Einflusses städtischer Kerne wohnt eine andere durchschnittliche Wegelänge als eine Person, die in einer Kernstadt wohnt. Die Wege und Transporte führen aber über verschiedene Raumkategorien hindurch und lassen sich daher nicht einer Raumkategorie zuordnen. Sie werden hier deshalb in Summe über alle Raumkategorien ausgewiesen.

Abbildung des kombinierten Güterverkehrs Schiene-Strasse

Im kombinierten Verkehr Schiene-Strasse wird nur der Bahnteil explizit ausgewiesen. Die Güterverkehrsstatistik gibt keine Auskunft darüber, bei welchem Anteil des Strassengüterverkehrs es sich um Vor- und Nachläufe des kombinierten Verkehrs handelt. Eine Differenzierung des Strassengüterverkehrs ist deshalb nicht möglich, und aufgrund des geringen Aufkommens im Binnen-KV auch nicht erforderlich.

Personenverkehr: Betrachtung der Mobilität von in der Schweiz wohnhaften Personen ab 6 Jahren im Inland

Im Wirkungsnetz wird entsprechend der Abgrenzung des Mikrozensus die Mobilität von in der Schweiz wohnhaften Personen ab 6 Jahren im Inland abgebildet. Diese umfasst gemäss Mikrozensus insbesondere die Alltagsmobilität, aber auch die Tagesreisen sowie einen Teil der Reisen mit Übernachtungen (jeweils im Inland). Die Verkehrsleistung (alle Angaben jeweils je Person und Jahr) der Alltagsmobilität im Inland beträgt gemäss Mikrozensus (Bericht Seite 69) 11'764 Pkm, der Tagesreisen im Inland 1'369 Pkm und aller Reisen mit Übernachtungen im Inland 621 Pkm, in Summe im Inland 13'754 Pkm. Betrachtet man bei den Reisen mit Übernachtungen nur den Teil gemäss Abgrenzung Mikrozensus Seite 19, so beträgt die Summe ca. 13'400 Pkm. Im Wirkungsnetz abgebildet werden je Person ca. 13'200 Pkm; der Unterschied ist darauf zurückzuführen, dass nicht alle Verkehrsmittel berücksichtigt sind (z.B. Schiff). Zu beachten ist, dass die Auslandteile im Wirkungsnetz nicht berücksichtigt werden; die Jahresmobilität inkl. Ausland beträgt gemäss Mikrozensus 24'849 Pkm.

Alle Verkehrszwecke im Personenverkehr ohne Differenzierung

In dem vorgestellten Wirkungsnetz werden alle Verkehrszwecke ohne differenzierte Betrachtung von Verkehrszwecken abgebildet. Für signifikante Auswertungen der Wegehäufigkeiten und Wegelängen differenziert nach Raumtyp, nach verhaltenshomogenen Gruppen und nach Wegzweck ist die Stichprobengrösse im Mikrozensus Mobilität und Verkehr nicht ausreichend (Auskunft Bearbeiter SVI 2017/001). Für die Abbildung der Wirkungszusammenhänge zwischen Raum und Verkehr ist eine Differenzierung nach verhaltenshomogenen Gruppen wichtiger als die Unterscheidung nach Fahrtzwecken, da die verhaltenshomogenen Gruppen sich sowohl in ihrer Wohnstandortwahl als auch in ihrem Mobilitätsverhalten unterscheiden und bei vielen der diskutierten Entwicklungen die Wirkung auf die verschiedenen Fahrtzwecke das gleiche Vorzeichen haben wird, wie folgende Beispiele illustrieren:

- Für «Verdichtung in durchmischten Gebieten» ist zu erwarten, dass sowohl Pendler- als auch Freizeitwege kürzer werden und sich der Modalsplit zugunsten des Langsamverkehrs verändert.
- Mit der Zunahme des Anteils automatisierter Fahrzeuge sinken die generalisierten Kosten und die Verfügbarkeit erhöht sich. Dies führt zu einer Zunahme der Wegelängen sowohl im Freizeit- als auch im Pendlerverkehr.

Es gibt allerdings auch Entwicklungen, für die Unterschiede zwischen den Fahrtzwecken zu erwarten sind, wie evtl. eine grössere Verbreitung von Homeoffice. Wie in den Verkehrsperspektiven 2040 aufgezeigt wurde, ist jedoch davon auszugehen, dass die eingesparten Arbeitswege durch Einkaufs- und Freizeitwege substituiert werden und dass der Einfluss auf die Wohnstandortwahl auf der hier gewählten Flughöhe vernachlässigbar ist. Wird angenommen, dass die Verlagerung der Arbeitswege auf andere Fahrtzwecke eine Veränderung der durchschnittlichen Wegelängen verursacht, kann dies über die bestehenden Stellschrauben im Netz abgebildet werden. Dies gilt auch für andere Einzelaspekte aus den Szenarien.

Unterschiede zwischen Bayes'schen Netzen und Verkehrsmodellen – Hier keine Quelle-Ziel-Beziehungen im Verkehr

Das vorgestellte Wirkungsnetz bildet die Zusammenhänge zwischen Raum und Verkehr auf einer sehr hohen Flughöhe ab. So erfolgt keine Betrachtung von Zielwahl, Routenwahl, Besetzungsgraden oder Fahrzeugkilometern.

Es werden keine Quelle-Ziel-Beziehungen abgebildet. Das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung eines Raumtyps umfasst immer die gesamte Mobilität der Bewohnern

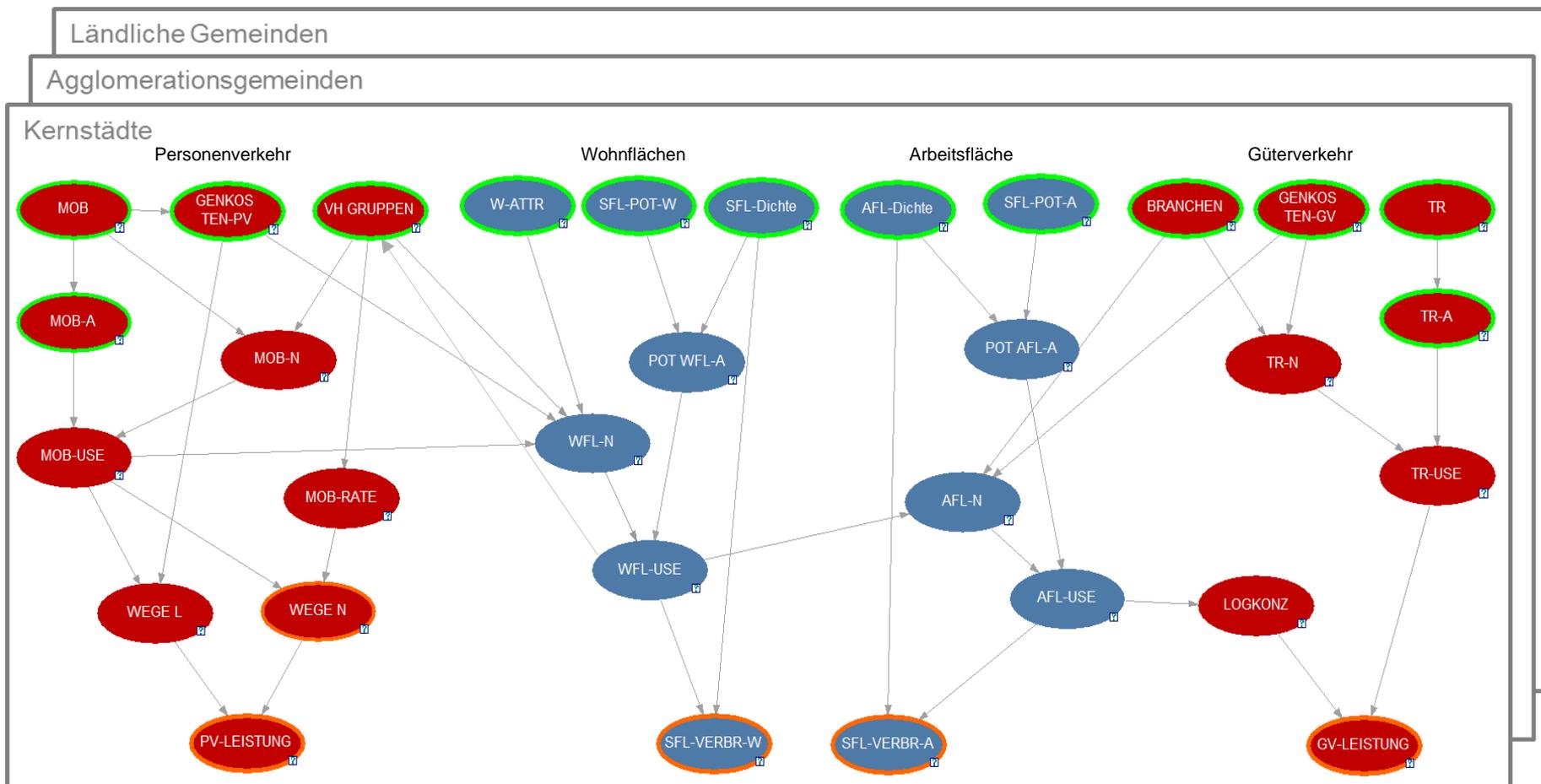
des Raumtyps ohne Information dazu, wo diese stattfindet. Pendelt beispielsweise eine Bewohnerin des Raumtyps «Agglomerationsgemeinden» zum Arbeiten in den Raumtyp «Kernstädte» und geht dort Einkaufen werden dennoch alle Wege dem Raumtyp «Agglomerationsgemeinden» zugeordnet.

Es erfolgt keine Modellierung eines Gleichgewichtszustandes. Das Wirkungsnetz verwendet die Inputs zu Bevölkerungsstruktur, räumlicher Verteilung und Verkehrsverhalten basierend auf den Szenarioannahmen und ermittelt daraus ein Ergebnis. Es erfolgt jedoch keine Rückkoppelung zu den gesetzten Inputs (mit Ausnahme der verhaltenshomogenen Gruppen unter Berücksichtigung der veränderten Wohnortwahl). Die entspricht dem im Kapitel 1 und 2 formulierten Anliegen für die Untersuchung.

3.2 Gesamtnetz

Abb. 7 zeigt das gesamte Wirkungsnetz in Form eines Bayes'schen Netzes. Erkennbar sind die vier miteinander verbundenen Teilnetze sowie die Gliederung in Inputknoten (grüner Rand), Kausalitätsknoten und Outputknoten (roter Rand). Um die Beziehungen zwischen den Räumen darzulegen, wird das Wirkungsnetz für die drei Raumtypen differenziert

Die Herleitung des Netzes auf Basis der Ergebnisse aus Kapitel 2 (Abb. 2) wird im Anschluss an die Darstellung des Gesamtnetzes erläutert.



Grüner Rand: Inputknoten; Ohne Rand: Kausalitätsknoten; Roter Rand: Outputknoten; Weitere Angaben vgl. Kapitel 3.3 und Kapitel 3.4

Abb. 10: Gesamtes Wirkungsnetz Verkehr-Raum

Basis für die Ausarbeitung des Netzes sind die Ergebnisse aus Kapitel 2 (Abb. 2) und in Kapitel 3.1

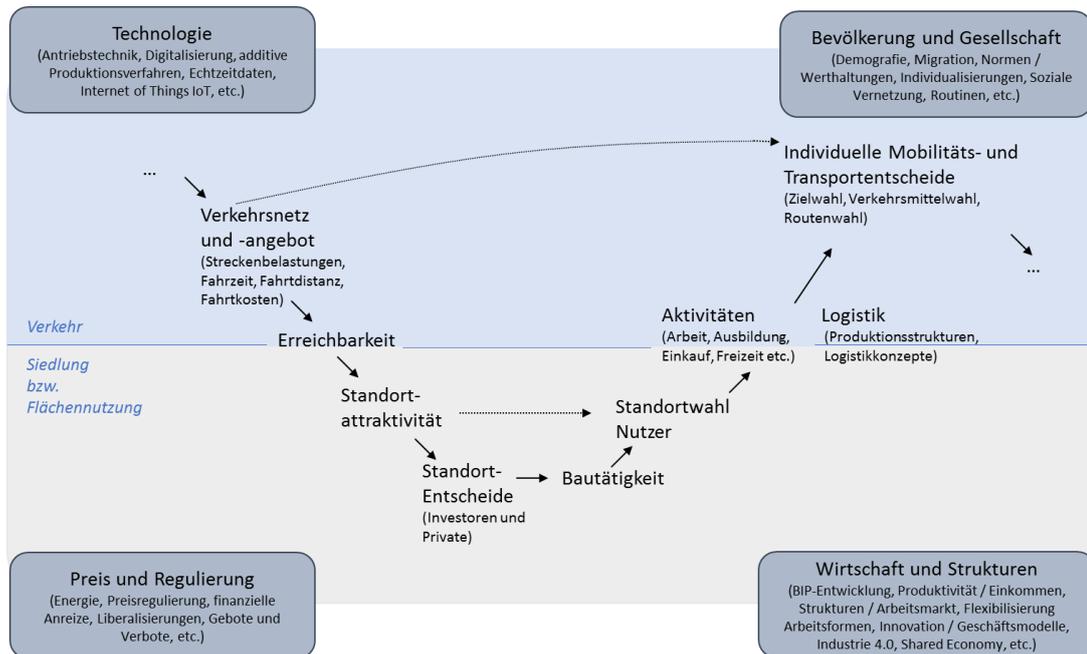


Abb. 11: Zusammenhang von Raum und Verkehr: Flächenbedarf (je Szenario) (Quelle: Wegener, M.; Fürst, F. (1999) mit Anpassungen ARE 2013 und eigener Änderungen)

Diese Darstellung wurde in das Gesamtnetz bestehend aus den Teilnetzen Personenverkehr, Wohnflächen, Arbeitsflächen und Güterverkehr übersetzt:

- **Verkehrsnetz und -angebot / Erreichbarkeit:**
 - Mit Blick auf den Verkehr 2060 müssen neue oder fortentwickelte Verkehrs- und Transportmittel berücksichtigt werden können. Dies geschieht im Teilnetz Personenverkehr über den Knoten Mobilitätswerkzeuge (**MOB**) und im Teilnetz Güterverkehr über den Knoten Transportmittel (**TR**).
 - Die Erreichbarkeit der Räume wird über die generalisierten Kosten für eine Fahrt aus diesem Raum abgebildet (**GENKOSTEN PV** und **GENKOSTEN-GV**). Diese bestehen aus der Reise- respektive Transportzeit und den wahrgenommenen Transportausgaben für die jeweiligen Verkehrs- bzw. Transportmittel.
- **Standortattraktivität und Standortwahl:** Je Raumtyp wird der Markt für die Wohn- und Arbeitsflächen abgebildet:
 - Im Teilnetz Wohnflächen wird der effektive Wohnflächenverbrauch je Raumtyp abgeschätzt (**WFL-USE**). Er ist das Resultat aus potenzieller Wohnflächennachfrage je Raumtyp (**WFL-N**) und dem potenziellen Wohnflächenangebot (**POT WFL-A**). (Detaillierte Ausführungen siehe unten).
 - Im Teilnetz Arbeitsflächen ist das Wirkungsnetz annähernd analog aufgebaut: Der effektive Arbeitsflächenverbrauch je Raumtyp (**AFL-USE**) ist das Resultat aus potenzieller Arbeitsflächennachfrage je Region (**AFL-N**) und dem potenziellen Arbeitsflächenangebot (**POT AFL-A**).
 - Unter Berücksichtigung der Dichte in den Räumen ergibt sich die Wohnfläche (**SFL-VERBR-W**) und die Arbeitsfläche (**SFL-VERBR-A**)
- Aufgrund der Standortwahl passen Menschen ihre Aktivitäten und Unternehmen und ihre Transportentscheide an:
 - Im Wirkungsnetz ergibt sich als Resultat des Mechanismus im Wohnflächenmarkt (**WFL-USE**) eine Neuverteilung der Personen nach Raumtyp (**VH-GRUPPEN**). Im Teilnetz Personenverkehr erfolgt nun die Ermittlung der Anzahl Wege (**WEGE N**) und der Verkehrsleistung (**PV-**

- LEISTUNG**). Dabei wird unterstellt, dass die zugezogenen Personen ihr Verhalten entsprechend den dort bereits Ansässigen anpassen werden.
- Als Ergebnis der Mechanismen im Arbeitsflächenmarkt (**AFL-USE**) ergibt sich eine Neuverteilung der Arbeitsplätze nach Raumtyp. Im Teilnetz Güterverkehr erfolgt nun die Ermittlung der Güterverkehrsleistung auf Basis der neuen räumlichen Produktionsstrukturen mit den diesbezüglich angepassten Logistikkonzepten (**LOGKONZ**). Als Ergebnis liegen das Transportaufkommen (**TR-USE**) und die Transportleistung (**GV-LEISTUNG**) vor.

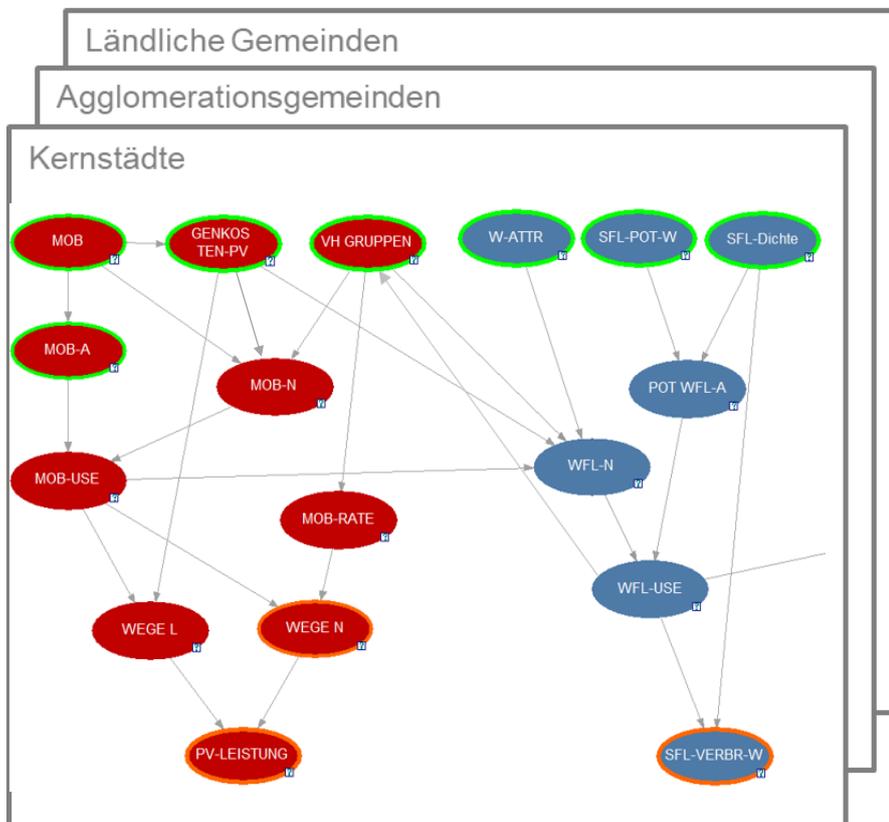
In diesem Netz lassen sich die identifizierten Determinanten für die Entwicklung wie folgt abbilden bzw. einspeisen:

- **Technologie:** Mit Ausnahme von Virtual Reality beeinflussen alle Schlüsseltechnologien das Verkehrsangebot und -netz in Form der Verfügbarkeit neuer Mobilitäts- und Transportwerkzeuge mit ihren generalisierten Kosten oder in Form von veränderten generalisierten Kosten.
- **Preis und Regulierung:**
 - **Verkehr:** Regulierungen beeinflussen direkt die Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln (z.B. Verbote) oder den Preis und damit die generalisierten Kosten.
 - **Raum:** Regulierungen im Bereich der Raum- und Siedlungsentwicklung verändern Dichte- und Flächenvorgaben und werden darüber in das Modell integriert.
- **Bevölkerung und Gesellschaft:** Bevölkerungswachstum, Alters- und Verhaltungsstruktur und zugrundeliegende Werthaltungen werden vor allem in der Unterscheidung nach elf verhaltenshomogenen Gruppen (VHG) und ihren Merkmalen zur Verkehrs- und Wohnflächennachfrage erfasst.
- **Wirtschaft und Strukturen:** Die Wirtschaftsentwicklung insgesamt und differenziert nach Branchen wird im Teilnetz Güterverkehr erfasst.

Im Folgenden werden die einstellbaren Parameter weiter erläutert.

3.3 Teilnetze Personenverkehr und Wohnflächen

Die folgende Abbildung zeigt auszugsweise die Teilnetze Personenverkehr und Wohnflächen. Diese werden nachfolgend mit den jeweiligen Knoten und Zusammenhängen beschrieben. Zudem werden die aus dem Wirkungsnetz resultierenden Referenzwerte der jeweiligen Outputknoten für das Jahr 2015 dargelegt.



Grüner Rand: Inputknoten; Ohne Rand: Kausalitätsknoten; Roter Rand: Outputknoten; Weitere Angaben vgl. Kapitel 4.2 und Kapitel 4.3

Abb. 12: Teilnetze Personenverkehr und Wohnflächen

3.3.1 Beschreibung Teilnetz Personenverkehr und Referenzwerte 2015

Vorbemerkung: Im Folgenden wird das Wirkungsnetz für das Jahr 2015 beschrieben. Da das Wirkungsnetz auf Veränderung in den Inputknoten angewendet werden soll (vgl. Kapitel 4), beinhaltet die Beschreibung einiger Knoten auch Erläuterungen zur Ermittlung von Veränderungen (und nicht nur von Bestandsdaten für das Jahr 2015).

Teilnetz Personenverkehr und Bezug zu Teilnetz Wohnflächen

Der Output Personenverkehrsleistung (**PV-LEISTUNG**), differenziert nach Verkehrsmitteln respektive Mobilitätswerkzeugen, hängt von vier Inputfaktoren ab: Der Anzahl Einwohner unterteilt nach verhaltenshomogenen Gruppen (**VH-GRUPPEN**) je Raumtyp, der vorhandenen Mobilitätswerkzeugen (**MOB**), der Erreichbarkeit der Raumtypen in Form ihrer jeweiligen generalisierten Reisekosten (**GENKOSTEN-PV**) und allfälligen Einschränkungen im Mobilitätsangebot (**MOB-A**). Die in der Forschungsarbeit *SVI 2017-001* bestimmten verhaltenshomogenen Gruppen zeichnen sich in jedem Raumtyp durch unterschiedliche Mobilitätsraten (**MOB-RATE**) und unterschiedliche Präferenzen für Mobilitätswerkzeuge aus.

Aus der Kombination dieser Präferenzen und den generalisierten Kosten für die einzelnen Mobilitätswerkzeuge ergibt sich dann je Raumtyp die potenzielle Nachfrage nach Mobilitätswerkzeugen (**MOB-N**), welche auch als gewünschter Modalsplit verstanden werden kann. Die Berechnung der potenziellen Nachfrage nach Mobilitätswerkzeugen je Raumtyp erfolgt mittels eines Logit-Ansatzes (Wechsler MIV-ÖV) und Expertenschätzungen für zukünftige Mobilitätswerkzeuge (vgl. Anhang 6 für weitere Erläuterungen). Der Referenzzustand basiert auf Angaben von Interface (Ergebnisse siehe unten). Im Falle von geänderten Inputgrössen werden mit dem Logit-Modell und Expertenschätzungen Modal-Split Veränderungen berechnet.

Aufgrund von einer beschränkten Infrastruktur oder möglichen Reglementierungen für bestimmte Mobilitätswerkzeuge (z.B. ein Fahrverbot für Robotaxis in Städten) kann diese Nachfrage jedoch nicht immer befriedigt werden. Die daraus entstehenden Einschränkungen werden im Mobilitätsangebot durch Reduktionsfaktoren für die Nachfrage abgebildet (**MOB-A**). Durch einen Abgleich der Nachfrage nach Mobilitätswerkzeugen mit den Einschränkungen aus dem Mobilitätsangebot ergibt sich die effektive Mobilitätsnutzung (**MOB-USE**).

Mittels der effektiven Mobilitätsnutzung (**MOB-USE**) werden die generalisierten Kosten (**GENKOSTEN-PV**) gemittelt und so durchschnittliche Kosten für die Mobilität in jedem Raumtyp ermittelt. Diese bilden einen der Inputs für die Wohnflächennachfrage (**WFL-N**) im Teilnetz Wohnflächen und stellen somit eine Schnittstelle zwischen diesen Teilnetzen dar. Im Teilnetz Wohnflächen wird je Raumtyp die Wohnflächennachfrage und das Wohnflächenangebot einander gegenübergestellt (vgl. das nachfolgende Kapitel).

Teilnetz Wohnflächen und Bezug zu Teilnetz Personenverkehr

Aus dem Teilnetz Wohnflächen folgt je Raumtyp die befriedigte Nachfrage nach Wohnflächen (**WFL-Use**). Das heisst, es ergibt sich eine neue Verteilung der Einwohner je verhaltenshomogener Gruppe auf die Raumtypen (**VH Gruppen**).

Im Falle von geänderten Inputgrössen wird also nun eine veränderte Verteilung der Personen auf die Raumtypen als Grundlage für die weiteren Berechnungen verwendet. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich die Personen, die ihren Wohnort geändert haben, am neuen Ort entsprechend ihrer jeweiligen verhaltenshomogenen Gruppe am neuen Ort verhalten werden.

Damit werden die Anzahl Wege (**WEGE-N**) je Mobilitätswerkzeug und Raumtyp auf Basis der effektiven Mobilitätsnutzung (**MOB-USE**) und den Mobilitätsraten (**MOB-RATE**) ermittelt. Die Wegelängen je Mobilitätswerkzeug und Raumtyp (**WEGE-L**) werden von der effektiven Mobilitätsnutzung (**MOB-USE**) und den generalisierten Kosten (**GENKOSTEN-PV**) gesteuert.

Im Falle von geänderten Inputgrössen, wie z.B. einer Senkung der generalisierten Kosten wird bei den Wegelängen auch berücksichtigt, dass die Einwohner eingesparte Kosten wieder reinvestieren und z.B. neue Ziele ansteuern (Induzierter Verkehr aufgrund veränderter Zielwahl). In den Berechnungen wird dies entsprechend dem «Gesetz» des konstanten Reisezeitbudgets (hier Kostenbudget) berücksichtigt (vgl. Ausführungen im Anhang).

Die Personenverkehrsleistung (**PV-LEISTUNG**) ergibt sich schliesslich aus der Kombination der Anzahl Wege (**WEGE-N**) mit den Wegelängen (**WEGE-L**).

Nachfolgende Tabelle zeigt die Referenzwerte zum Verkehrsaufkommen und zu den Verkehrsleistungen im Personenverkehr des Wirkungsnetzes für das Jahr 2015. Basis für die Ermittlung der Referenzwerte bildeten die Kennwerte

- Einwohner je verhaltenshomogene Gruppe je Raumtyp (**VH Gruppen**),
- Mobilitätsrate je verhaltenshomogene Gruppe je Raumtyp (**MOB-RATE**),

- Effektive Mobilitätsnutzung je verhaltenshomogene Gruppe je Raumtyp (**MOB-USE**) sowie
- Wegelänge je Mobilitätswerkzeug je verhaltenshomogene Gruppe je Raumtyp (**WEGE L**).

Die einzelnen verwendeten Kennwerte, die Quellen sowie die allenfalls notwendigen Umrechnungsschritte und Annahmen können dem Kapitel 6.2 entnommen werden.

Tab. 18 Referenzwerte Personenverkehr 2015

Raumtyp	Kernstädte	Agglomeration sgemeinden	Ländliche Gemeinden	Alle Raumtypen	Modalsplit
Verkehrsaufkommen [Mio. Wege/a]					
<i>PW konventionell</i>	1'099	2'336	1'643	5'077	52.1%
<i>ÖV Strasse</i>	309	307	118	735	7.5%
<i>ÖV Schiene</i>	206	205	79	490	5.0%
<i>Fuss- & Velo</i>	1'239	1'353	854	3'445	35.3%
Summe	2'852	4'201	2'694	9'747	100%
Verkehrsleistung [Mio. Perskm/a]					
<i>PW konventionell</i>				69'604	67.5%
<i>ÖV Strasse</i>				4'589	4.5%
<i>ÖV Schiene</i>				20'888	20.3%
<i>Fuss- & Velo</i>				7'960	7.7%
Summe				103'041	100%

Ein Vergleich mit den Eckwerten zur Verkehrsstatistik³ zeigt, dass mit dem hier abgebildeten Wirkungsnetz die Werte für ÖV Strasse, ÖV Schiene und Fuss & Velo sehr genau erreicht werden. Die Personenkilometer mit dem PW werden mit dem Wirkungsnetz gegenüber den Eckwerten zur Verkehrsstatistik um ca. 9% unterschätzt. Mit Bezug zur Aufgabenstellung (Betrachtung von Szenarien für das Jahr 2060) und den dabei auftretenden Unsicherheiten erachten wir die Abweichung aber als vertretbar, zumal sie bei allen Szenarien gleich angesetzt wird und die Abweichung nicht einfach klärbar war⁴.

Tab. 19 Vergleich Referenzwerte Verkehrsleistung Personenverkehr Wirkungsnetz mit Eckwerten gemäss Bundesamt für Statistik

	Verkehrsleistung Wirkungsnetz [Mio. Perskm/a]	Eckwerte BfS 2015 [Mio. Perskm/a]
PW konventionell	69'604	76'319 1)
ÖV Strasse	4'589	4'397
ÖV Schiene	20'888	20'389
Fuss- & Velo	7'960	7'893

1) Inländische Personenwagen

3.3.2 Beschreibung Teilnetz Wohnflächen und Referenzwerte 2015

Die potentiell angebotenen, nachgefragten und genutzten Wohnflächen sowie die verbrauchten Siedlungsflächen hängen insgesamt von fünf Inputfaktoren ab. Zur Erläuterung der kausalen Zusammenhänge im Teilnetz der Wohnflächen werden die Verbindungen der Kausal- und Outputknoten geklärt. Die Struktur folgt entlang der vier Kausalknoten Wohnflächennachfrage (**WFL-N**), potenzielles Wohnflächenangebot (**POT**

³ <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personenverkehr/leistungen.assetdetail.4083119.html>

⁴ Gemäss Mikrozensus 2015, Bericht Seite 24 beträgt die Tagesdistanz pro Person ab 6 Jahren im Inland beim MIV 24.4 km. Damit ergibt sich für die im Wirkungsnetz abgebildeten 7.8 Mio. Einwohner bei 365 Tagen/a eine Verkehrsleistung von 69'500 Mio. Perskm/a.

WFL-A), Wohnflächennutzung (**WFL-USE**) und Siedlungsflächenverbrauch (**SFL-VERBR-W**).

Teilnetz Personenverkehr und Teilnetz Wohnflächen

Die Wohnflächennachfrage (**WFL-N**) hängt wesentlich davon ab, wie hoch der Flächenbedarf der Personen pro verhaltenshomogener Gruppe (**VH GRUPPE**) ist. differenziert nach ihrer Präferenz für einen Raumtyp. Je nach verhaltenshomogener Gruppe sowie Raumtyp wird ein spezifischer durchschnittlicher Wohnflächenbedarf unterstellt. Die Wohnflächennachfrage wird in m² Bruttogeschossfläche (BGF) ausgedrückt. Weitere wichtige Inputgrößen sind die generalisierten Kosten im Personenverkehr (**GENKOSTEN-PV**), gewichtet nach der effektiven Mobilitätsnutzung (**MOB-USE**):

Im Fall von veränderten Inputgrößen und sich verändernde Kosten im Personenverkehr beeinflussen diese die Wohnstandortwahl. Im Wirkungsnetz werden zwei Effekte hinterlegt: Einerseits eine Verschiebung der Nachfrage aufgrund von relativen Preisveränderungen zwischen den Raumtypen. Andererseits wird berücksichtigt, dass eine absolute Erhöhung der generalisierten Reisekosten im Personenverkehr eine konzentrierende, eine Senkung der Reisekosten eine dezentralisierende Wirkung erzeugt. Zudem ist die generelle Wohnattraktivität (**W-ATTR**) massgebend für die Nachfrage nach Wohnflächen: so führt bspw. eine verbesserte Ausstattung eines Raumtyps mit sozialer Infrastruktur oder Einkaufs- und Freizeit-/Kulturangeboten dazu, dass sich, wiederum gruppenspezifisch, ein Teil der Nachfrage vom ursprünglich präferierten Raumtyp in denjenigen Raum mit erhöhter Attraktivität verschiebt.

Das potenzielle Wohnflächenangebot (**POT WFL-A**) hängt von den planerisch-regulatorischen Vorgaben ab. Zum einen werden über Einzonungen die maximal verfügbaren Bauzonen je Raumtyp vorgegeben (**SFL-POT-W**, in m² Bauzonen). Für das Wohnen werden Wohn-, Misch- und Zentrumszonen unterschieden. Andererseits wird raumplanerisch eine zonen- und raumtypspezifische Dichte definiert (**SFL-DICHTE**). Als Ergebnis resultiert ein potenzielles Wohnflächenangebot je Raumtyp (in m² BGF).

Die Wohnflächennachfrage (**WFL-N**) wird dem potenzielle Wohnflächenangebot (**POT WFL-A**) gegenübergestellt. Ist die Nachfrage höher als das Angebot resultieren aus dem Marktmechanismus drei Effekte: Eine Ausweitung des Angebotes durch die Erstellung von zusätzlichem Wohnraum, eine Reduktion der durchschnittlichen Wohnflächennachfrage sowie eine Verlagerung der Nachfrage in andere Raumtypen. Die Reduktion bzw. Verlagerung der Nachfrage ist dabei je nach verhaltenshomogener Gruppe unterschiedlich, abhängig von ihrem Einkommen sowie der Stärke ihrer «Raumtyppräferenz».

Teilnetz Wohnfläche und Teilnetz Personenverkehr

Im Ergebnis des Marktprozesses ergibt sich die befriedigte Nachfrage nach Wohnflächen (**WFL-USE**) je Raumtyp. Die befriedigte Nachfrage nach Wohnflächen (**WFL-USE**) bildet damit eine wichtige Schnittstelle, weil sie ebenfalls die Anzahl der Einwohner je verhaltenshomogener Gruppe (VH Gruppen) in den drei Raumtypen verändert.

Teilnetz Wohnfläche und Teilnetz Arbeitsfläche

Die räumliche differenzierte Bevölkerungsentwicklung wiederum beeinflusst die räumliche Verteilung der Arbeitsplätze (**AFL-N**, siehe Teilnetz Arbeitsflächen). Eine iterative gegenseitige Beeinflussung von Arbeitsplatz- und Bevölkerungsentwicklung war aus Praktikabilitätsgründen im Rahmen dieses Projektes nicht möglich.⁵

⁵ Siehe dazu Ecoplan (2016:36), welche die Bevölkerungsentwicklung bei der Prognose zur räumlichen Arbeitsplatzentwicklung berücksichtigen, aber ebenfalls keine iterative Modellierung vornehmen.

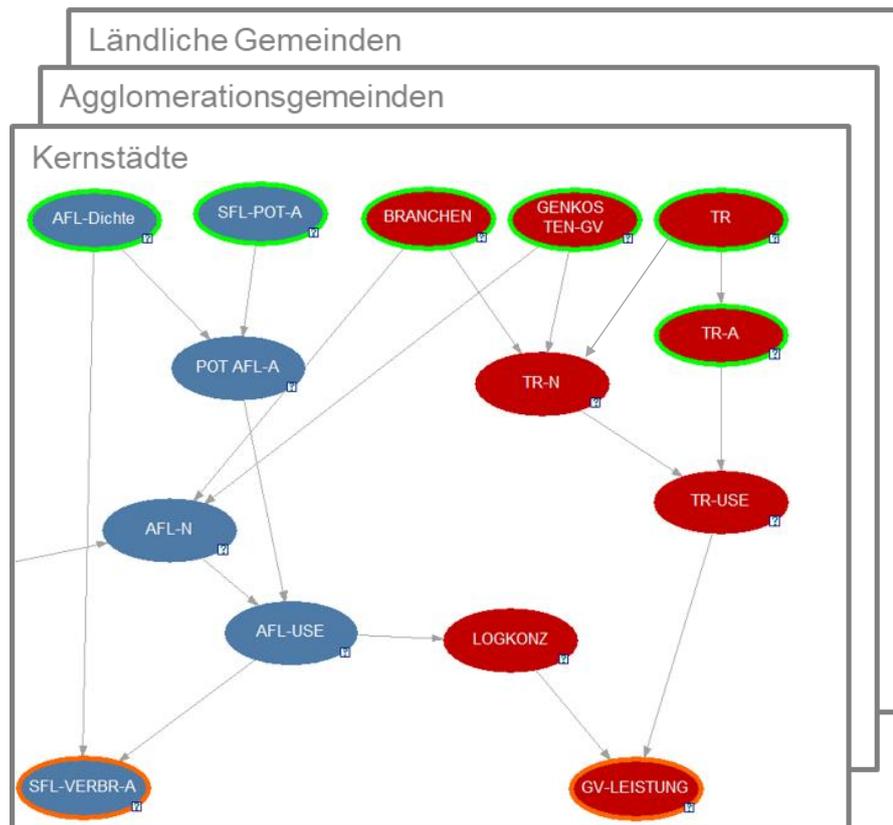
Letztlich hängt der resultierende Flächenverbrauch Wohnen (**SFL-VERBR-W**) von der befriedigten Nachfrage nach Wohnflächen (**WFL-USE**) ab. Hierzu wird eine Umrechnung in Bauzonen anhand einer gegebenen Bauzonendichte (**SFL-Dichte**) vorgenommen.

Tab. 20 Referenzwerte Raum: Flächenverbrauch Wohnen 2015 (Bauzonen, ha)

	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden	Total
Wohnen	14'8364	44'161	35'650	94'6470

3.4 Teilnetze Güterverkehr und Arbeitsflächen

Die folgende Abbildung zeigt auszugsweise die Teilnetze Güterverkehr und Arbeitsflächen.



Grüner Rand: Inputknoten; Ohne Rand: Kausalitätsknoten; Roter Rand: Outputknoten; Weitere Angaben vgl. Kapitel 4.2 und Kapitel 4.3

Abb. 13: Teilnetze Güterverkehr und Arbeitsflächen

3.4.1 Beschreibung Teilnetz Güterverkehr und Referenzwerte 2015

Teilnetz Güterverkehr und Teilnetz Arbeitsflächen

Die Verkehrsleistung im Güterverkehr hängt im Wesentlichen von vier Inputfaktoren ab: den Wirtschaftsbranchen (**BRANCHEN**), den vorhandenen Transportmitteln (**TR**), deren Verfügbarkeit (**TR-A**) und den generalisierten Transportkosten (**GENKOSTEN-GV**).

Ausgangspunkt für die Erzeugung von Gütertransporten ist die (wirtschaftliche) Aktivität von Unternehmen. Die Bruttowertschöpfung verschiedener Branchen (**BRANCHEN**) bestimmt deren Bedürfnis nach Gütertransporten. Das nachgefragte Aufkommen (**TR-N**) wird mittels der «aggregierten Methode Güterverkehr» (AMG, Teilmodell 1) des ARE

errechnet. Ausgehend von den (empirischen) Werten des Basisjahrs, wird aus den Prognosewerten der Leitdaten (d.h. die Bruttowertschöpfung) die Aufkommensprognose hergeleitet. Das Nachfragepotential je Transportmittel wird mittels des Ausgangs-Modalsplits im Basisjahr festgelegt. Die Verteilung auf die Raumtypen ist aus der Verteilung der Branchen abgeleitet.

Aufkommensprognosen werden in der AMG aus der Fortschreibung der Leitdaten (Bruttowertschöpfung) und den Transportintensitäten errechnet. Noch nicht existierende Verkehrsinfrastrukturen können in der AMG nicht berücksichtigt werden. Verlagerungseffekte aufgrund neuer Infrastrukturen werden deshalb in späteren Berechnungsschritten respektive Abschätzungen eingebracht.

Die generalisierten Kosten im Güterverkehr (**GENKOSTEN-GV**) bestehen aus den zeit- und leistungsabhängigen Transportkosten je Transportmittel. Sie dienen primär der Ermittlung von Änderungen des Modalsplits in TR-N. Weitere Kostenelemente, welche üblicherweise in Logistikkosten einfließen (z.B. Lagerkosten) sind nicht berücksichtigt.

Im Falle von Veränderungen der Transportkosten und -zeiten werden modale Verschiebungen, ausgehend vom Ausgangs-Modalsplit, mittels Nachfrageelastizitäten berechnet. Modalsplitänderungen werden auf den Eckwert des nachgefragten Gesamtaufkommens kalibriert. Direkt induzierter Verkehr durch Kostenänderungen im Güterverkehr, d.h. eine Veränderung des Gesamtaufkommens, wird somit nicht berücksichtigt. Die Berechnung der Transportkosten sowie die Elastizitäten sind den Unterlagen zur aggregierten Methode Güterverkehr (AMG) entnommen. Die AMG enthält keine räumlich differenzierten Transportkosten; Kostenänderungen können aber nach Raumtypen getrennt ins Wirkungsmodell einfließen.

Die generalisierten Kosten (**GENKOSTEN-PV**) bilden einen der Inputs für die Arbeitsflächennachfrage (**AFL-N**) im Teilnetz Arbeitsflächen und stellen somit eine Schnittstelle zwischen diesen Teilnetzen dar. Im Teilnetz Arbeitsflächen wird je Raumtyp die Arbeitsflächennachfrage und das Arbeitsflächenangebot einander gegenübergestellt (vgl. das nachfolgende Kapitel). Die Arbeitsflächen werden dabei separat nach Arbeitszonen (AZ) und Wohn-, Misch-, Zentrumszonen (WMZ) betrachtet.

Teilnetz Arbeitsflächen und Bezug zu Teilnetz Güterverkehr

Die befriedigte Nachfrage nach Arbeitsflächen (**AFL-USE**) im Teilnetz Arbeitsflächen gibt der realisierten Standortwahl Ausdruck und somit auch den gewählten Logistikkonzepten der Transportbranche (**LOGKONZ**). Daraus lassen sich Änderungen der durchschnittlichen Weglängen im Güterverkehr bestimmen. Damit kann indirekt induzierter Verkehr im Güterverkehr, d.h. eine Veränderung der Verkehrsleistung aufgrund von Standortentscheidungen, berücksichtigt werden.

Im Falle von Veränderungen der räumlichen Verteilung der Transportbranche (Verkehr und Lagerei) aus AFL-USE werden die Weglängen im Güterverkehr, ausgehend von den Referenzwerten, angepasst. Grundsätzlich führt eine starke räumliche Konzentration der Logistikfunktionen zu längeren Transportwegen, dispersere Logistikstandorte zu kürzeren Wegen.

Für die Berechnung der Weglängenänderung wurde ein eigenes Verfahren basierend auf räumlichen Ungleichverteilungen entwickelt. Als Grundlage dient der Anteil der Arbeitsplätze in der Transportbranche (in VZÄ) an der Gesamtbeschäftigung (über alle Branchen). Dadurch kann eine Zu- oder Abnahme der (räumlichen) Ungleichverteilung der Transportbranche gegenüber der Referenz berechnet werden. Die Anpassung der Weglängen wird mittels Längenelastizitäten berechnet. Zu diesen Elastizitäten bestehen keine empirischen Grundlagen. Sie wurden deshalb anhand von Literaturwerten geschätzt. Nicht jede Warenart wird gleichermassen von der Transportbranche bestimmt, was über unterschiedliche Gewichtungen berücksichtigt wird. Die Weglängen fließen letztlich in die Bestimmung der Güterverkehrsleistung (**GV-LEISTUNG**) ein.

Über die Definition von vorhandenen Transportmitteln (**TR**) können, nebst den gängigen Verkehrsträgern Strasse, Bahn und kombiniertem Verkehr (KV), auch neue (Güter-) Verkehrsinfrastrukturen, z.B. «Cargo Sous Terrain», einbezogen werden. Das Transportangebot (**TR-A**) beschreibt die Restriktionen bei diesen Transportmitteln. Es ermöglicht die Berücksichtigung von Kapazitätsengpässen und einer qualitativen Einschätzung zur Zuverlässigkeit. Das Aufkommen neuer Verkehrsträger und deren Verlagerungswirkungen beruhen auf Schätzungen.

Das effektive Aufkommen nach Transportmitteln (**TR-USE**) leitet sich somit aus dem Nachfragepotential (**TR-N**) ab, korrigiert um die Verfügbarkeit der Transportmittel (**TR-A**).

Die Verkehrsleistung nach Transportmittel wird schliesslich durch das effektive Aufkommen (**TR-USE**) und die Weglängen der Transporte aus den Logistikkonzepten (**LOG-KONZ**) bestimmt.

Die einzelnen verwendeten Kennwerte, die Quellen sowie die allenfalls notwendigen Umrechnungsschritte und Annahmen können dem Kapitel 6.4 entnommen werden.

Die folgende Tabelle zeigt die Referenzwerte 2015 zum Güterverkehrsaufkommen und zu den Güterverkehrsleistungen des Wirkungsnetzes für das Jahr 2015.

Tab. 21 Referenzwerte Güterverkehr 2015

Raumtyp	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Alle Raumtypen	Modalsplit
Verkehrsaufkommen [1'000 Nt/a]					
Wagenladungsverkehr	8'811	11'221	6'144	26'177	7.6%
Kombinierter Verkehr	590	707	249	1'547	0.5%
Strasse schwer	88'448	125'686	74'414	288'548	84.2%
Strasse leicht	10'046	12'046	4'247	26'339	7.7%
Cargo Sous Terrain	0	0	0	0	0.0%
Weitere Transportmittel	0	0	0	0	0.0%
Summe	107'895	149'661	85'054	342'610	100%
Verkehrsleistung [Mio. Ntkm/a]					
Wagenladungsverkehr				2'955	20.7%
Kombinierter Verkehr				265	1.9%
Strasse schwer				10'169	71.3%
Strasse leicht				876	6.1%
Cargo Sous Terrain				0	0.0%
Weitere Transportmittel				0	0.0%
Summe				14'266	100%

Ein Vergleich mit den Eckwerten zur Verkehrsstatistik (vgl. die folgende Tabelle) zeigt, dass die Angaben mit Ausnahme des kombinierten Verkehrs gut erreicht werden. Dies, obwohl im aktuellen Stand der AMG das Basisjahr (2013) nicht exakt mit dem hier verwendeten Referenzjahr (2015) übereinstimmt. Zu beachten ist ausserdem, dass nur Binnenverkehr betrachtet wird und gewisse Verkehrsträger (z.B. ROLA) nicht eingeschlossen sind. Mit Bezug zur Aufgabenstellung (Betrachtung von Szenarien für das Jahr 2060) und den dabei auftretenden Unsicherheiten erachten wir die Abweichungen aber als vertretbar, zumal sie bei allen Szenarien gleich angesetzt werden.

Tab. 22 Vergleich Referenzwerte Verkehrsleistung Güterverkehr Wirkungsnetz mit Eckwerten gemäss Bundesamt für Statistik

	Verkehrsleistung Wirkungsnetz [Mio. Ntkm/a]	Eckwerte BfS 2015 [Mio. Ntkm/a]
Wagenladungsverkehr	2'955	2'813 ¹⁾
Kombinierter Verkehr	265	351
Strasse schwer	10'169	10'339
Strasse leicht	876	907 ²⁾

1) Angabe inkl. KV und ROLA

2) Leichte ausländische Fahrzeuge nicht berücksichtigt

3.4.2 Beschreibung Teilnetz Arbeitsflächen und Referenzwerte 2015

Die potentiell angebotenen, nachgefragten und genutzten Arbeitsflächen bzw. Bauzonen hängen insgesamt von vier Inputfaktoren ab. Zur Erläuterung der kausalen Zusammenhänge im Teilnetz der Arbeitsflächen werden die Verbindungen der Kausal- und Outputknoten geklärt. Die Struktur folgt entlang der vier Knoten Arbeitsflächennutzung (**AFL-N**), potenzielles Arbeitsflächenangebot (**POT AFL-A**), Arbeitsflächennutzung (**AFL-USE**) und Flächenverbrauch (**SFL-VERBR-A**).

Die Arbeitsflächennachfrage (**AFL-N**) hängt wesentlich davon ab, wie hoch der Flächenverbrauch pro Arbeitsplatz (in VZÄ ausgedrückt) pro Branche (**BRANCHE**) ist. Sie wird in m² BGF ausgedrückt und zonenspezifisch festgelegt. Die VZÄ jeder Branche werden dabei anteilmässig den Arbeitszonen sowie den Wohn-/Misch-/Zentrumszonen zugeordnet. Eine weitere Inputgrösse sind die Transportpreise im Güterverkehr (**GENKOSTEN-GV**), v.a. bei Branchen, die eine hohe Transportintensität (**LOG-KONZ**) aufweisen: Verändernde Kosten im Güterverkehr beeinflussen die Standortwahl der Firmen. Es wird angenommen, dass eine absolute Erhöhung der generalisierten Kosten im Güterverkehr dazu führt, dass sich die betreffenden Branchen stärker in dem von ihnen präferierten Raumtyp konzentrieren. Zuletzt kann die Verteilung der Wohnbevölkerung (**WFL-USE**, Teilnetz Wohnflächen) einen Einfluss auf die Nachfrage nach Arbeitsflächen haben, indem branchenabhängig eine Kunden- bzw. Marktnähe relevant ist.

Das potenzielle Arbeitsflächenangebot (**POT AFL-A**) hängt von den planerisch-regulatorischen Vorgaben ab. Zum einen werden über Einzonungen die maximal verfügbaren Bauzonen je Raumtyp vorgegeben (**SFL-POT-A**, in m² Bauzonen). Für das Arbeiten wird zwischen Arbeitszonen sowie Wohn-, Misch- und Zentrumszonen unterschieden sowie abgeschätzt, welche Flächenanteile für Arbeiten sowie Wohnen genutzt werden. Andererseits wird raumplanerisch eine zonen- und raumtypspezifische Dichte definiert (**SFL-Dichte**). Als Ergebnis resultiert ein potenzielles Arbeitsflächenangebot je Raumtyp (in m² BGF).

Die Arbeitsflächennachfrage (**AFL-N**) wird dem potenziellen Arbeitsflächenangebot (**POT AFL-A**) gegenübergestellt. Diese Betrachtung wird getrennt für die Arbeitszonen sowie die Wohn-, Misch- und Zentrumszonen vorgenommen. Ist die Nachfrage höher als das Angebot resultieren aus dem Marktmechanismus drei Effekte: Eine Ausweitung des Angebotes durch die Erstellung von zusätzlichen Flächenangeboten, eine Reduktion der durchschnittlichen Arbeitsflächennachfrage sowie eine Verlagerung der Nachfrage in andere Raumtypen. Die Reduktion bzw. Verlagerung der Nachfrage ist dabei je nach Branche unterschiedlich, abhängig von ihrer Wertschöpfung sowie der Stärke ihrer «Raumtyppräferenz».

Im Ergebnis des Marktprozesses ergibt sich die befriedigte Nachfrage nach Arbeitsflächen (**AFL-USE**) je Raumtyp. Die befriedigte Nachfrage nach Arbeitsflächen (**AFL-USE**) bildet eine externe Schnittstelle, weil die räumliche Ansiedelung der Branchen einen direkten Einfluss auf die Länge der Transportwege (**TR-WL**, Teilnetz Güterverkehr) hat.

Letztlich hängen die in Anspruch genommenen Siedlungsflächen in m² (**SFL-VERBR-A**) von der befriedigten Nachfrage nach Arbeitsflächen (**AFL-USE**) ab. Hierzu ist eine

Umrechnung in Siedlungsflächen anhand einer gegebenen Arbeitsflächendichte (**AFL-Dichte**) vorzunehmen.

Tab. 23 Referenzwerte Raum: Flächenverbrauch Arbeiten 2015 (Bauzone, ha)

	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden
Arbeiten	19'274	27'579	22'556

3.5 Zusammenzug Referenzwerte 2015

Im Kapitel 5 werden die Wechselwirkungen Raum und Verkehr für das Jahr 2060 beschrieben. Dabei werden auch die Veränderungen gegenüber dem Referenzwerten für das Jahr 2015 ausgewiesen. Für einen einfachen Überblick sind diese hier nochmals an einer Stelle zusammengefasst.

Tab. 24 Referenzwerte Personenverkehr 2015

Raumtyp	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden	Alle Raumtypen	Modalsplit
Verkehrsaufkommen [Mio. Wege/a]					
<i>PW konventionell</i>	1'099	2'336	1'643	5'077	52.1%
<i>ÖV Strasse</i>	309	307	118	735	7.5%
<i>ÖV Schiene</i>	206	205	79	490	5.0%
<i>Fuss- & Velo</i>	1'239	1'353	854	3'445	35.3%
Summe	2'852	4'201	2'694	9'747	100%
Verkehrsleistung [Mio. Perskm/a]					
<i>PW konventionell</i>				69'604	67.5%
<i>ÖV Strasse</i>				4'589	4.5%
<i>ÖV Schiene</i>				20'888	20.3%
<i>Fuss- & Velo</i>				7'960	7.7%
Summe				103'041	100%

Tab. 25 Referenzwerte Raum: Flächenverbrauch Wohnen 2015 (Bauzonen, ha)

	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden	Total
Wohnen	14'8364	44'161	35'650	94'6470

Tab. 26 Referenzwerte Güterverkehr 2015

Raumtyp	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Alle Raumtypen	Modalsplit
Verkehrsaufkommen [1'000 Nt/a]					
Wagenladungsverkehr	8'811	11'221	6'144	26'177	7.6%
Kombinierter Verkehr	590	707	249	1'547	0.5%
Strasse schwer	88'448	125'686	74'414	288'548	84.2%
Strasse leicht	10'046	12'046	4'247	26'339	7.7%
Cargo Sous Terrain	0	0	0	0	0.0%
Weitere Transportmittel	0	0	0	0	0.0%
Summe	107'895	149'661	85'054	342'610	100%
Verkehrsleistung [Mio. Ntkm/a]					
Wagenladungsverkehr				2'955	20.7%
Kombinierter Verkehr				265	1.9%
Strasse schwer				10'169	71.3%
Strasse leicht				876	6.1%
Cargo Sous Terrain				0	0.0%
Weitere Transportmittel				0	0.0%
Summe				14'266	100%

Tab. 27 Referenzwerte Raum: Flächenverbrauch Arbeiten 2015 (Bauzone, ha)

	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden
Arbeiten	19'274	27'579	22'556

3.6 Fazit: Abbildbarkeit typischer Wirkungsmuster

Im Folgenden wird die Anwendung die Wirkungsnetzes anhand typischer Wirkungsmuster illustriert. Diese Anwendungen dienen als Test. Da das Wirkungsnetz in weiterer Folge nachjustiert wurde, dienen die im folgenden abgedruckten Zahlen nur der Illustration der Zusammenhänge. Folgenden Beispiele werden dargestellt:

- Infrastrukturausbau
- Urbanes Wachstum
- Verteuerung der Mobilität

Diese Beispiele werden entlang des Wirkungsnetzes vor allem auf Ebene Gesamtverkehr, Modal-Split und Raumwirkung unter heutigen Rahmenbedingungen für das Jahr 2015 diskutiert.

3.6.1 Infrastrukturausbau

Beschreibung Anwendungsbeispiel und Veränderung Inputknoten

Hier werden die Wirkungen eines Ausbaus der Infrastrukturen auf Strasse und Schiene (mit entsprechend ausgebautem Angebot) diskutiert. Damit erhöhen sich die Geschwindigkeiten und die Erreichbarkeit. Hier wird exemplarisch ein Infrastrukturausbau derart unterstellt, dass flächendeckend die Geschwindigkeiten im MIV um 5% und im ÖV um 2% erhöht werden.

Im Personenverkehr führt die Erhöhung der Geschwindigkeit zu einer Verringerung der durchschnittlichen Reisezeit und damit zu einer Veränderung der generalisierten Kosten.⁶ Dadurch sinken die generalisierten Kosten (siehe Tabelle unten). Da die Zeitkosten nur einen Teil der Gesamtkosten darstellen, ist der absolute Betrag der resultierenden Kostenänderung tiefer als der Betrag der Geschwindigkeitserhöhung. Beim ÖV ist im Weiteren zu beachten, dass die Zugangszeiten zu den Haltestellen nicht reduziert worden sind. Die folgende Tabelle zeigt die Veränderung der generalisierten Kosten, wobei im Wirkungsnetz mit effektiven Wegekosten je Raumtyp gerechnet wird.

Tab. 28 Änderung generalisierte Kosten im Personenverkehr

	Veränderung der Geschwindigkeit PW /ÖV	Veränderung der generalisierten Kosten
<i>PW konventionell</i>	+5%	-3.5%
<i>ÖV Strasse</i>	+2%	-1.0%
<i>ÖV Schiene</i>	+2%	-1.0%
<i>Fuss- & Velo</i>	-	-

Im Güterverkehr führt der Ausbau der Verkehrsinfrastruktur und die damit verbundene Erhöhung der Systemgeschwindigkeit zu einer Verringerung der durchschnittlichen Transportzeit. Zudem verringern sich die Transportkosten, welche von einer Verringerung der zeitabhängigen Personalkosten profitieren.⁷ Da Zeitkosten nur einen Teil der Gesamtkosten ausmachen, ist die resultierende Kostenänderung gering (Tab. 15). Einzig die Kosten für Transporte mit Lieferwagen erfahren eine spürbare Änderung, da der Anteil der zeitabhängigen Personalkosten an den Gesamtkosten eines Lieferwagentransports vergleichsweise hoch ist.

Tab. 29 Transportkostenänderungen im Güterverkehr

	Veränderung der Systemgeschwindigkeit	Kostenänderung
<i>Wagenladungsverkehr</i>	+2%	-0.4%
<i>Kombinierter Verkehr</i>	+2%	-0.4%
<i>Strasse schwer</i>	+5%	-0.8%
<i>Strasse leicht</i>	+5%	-3.4%

Im Beispiel «Infrastrukturausbau» werden im Wirkungsnetz nun die Inputknoten «Genkosten-PV» und «Genkosten-GV» entsprechend angepasst. Im Folgenden wird beschrieben, welche Wirkungsmuster im Wirkungsnetz hinterlegt sind.

Teilnetz Personenverkehr und Teilnetz Wohnflächen

Im Personenverkehr führt die Änderung der generalisierten Kosten – zunächst bei der anfangs gegebenen Einwohnerverteilung - zu einer Verschiebung des Modalsplits. Da die Geschwindigkeitserhöhung beim PW höher ist als beim ÖV resultiert eine Verschiebung vom ÖV zum MIV.

Die Änderung der generalisierten Kosten und des Modal-Split beeinflusst die Nachfrage nach Wohnflächen. Personen mit weniger stark urbanen Wohnpräferenzen werden unter Berücksichtigung ihrer Einkommen prüfen, aus den Kernstädten und den Agglomerationsgemeinden in den ländlichen Raum umzuziehen. Für die oben unterstellten Veränderungen kann c.p. davon ausgegangen werden, dass ca. 3700 Personen ihren Wohnsitz von der Stadt und der Agglomeration in die ländlichen Regionen verändern möchten.

⁶ Gemäss Mikrozensus Verkehr (Tabelle G3.3.1.1) beträgt die mittlere Geschwindigkeit im MIV 37.1 km/h, beim ÖV Schiene 62.2 km/h und beim ÖV Strasse wurde ausgehend vom Mikrozensus Verkehr eine Geschwindigkeit von 20.0 km/h angesetzt. Im Anwendungsbeispiel steigen die Geschwindigkeiten somit beim MIV auf 39.0 km/h, beim ÖV Schiene auf 63.4 km/h und beim ÖV Strasse auf 20.4 km/h. .

⁷ Die Ausgangswerte für die Transportkosten aus der AMG sind nicht räumlich differenziert, weshalb auch hier die Transportkostenänderungen nicht nach Raumtypen differenziert werden können.

Nun müssen die ländlichen Räume genügend Wohnangebot aufweisen, um die Zusatznachfrage aufzunehmen. Dies ist abhängig von der Verfügbarkeit von genügend Wohnungsflächen, deren Preis und der generellen Attraktivität des Raumtyps. Die minim erhöhte Nachfrage kann mit den Daten im Jahr 2015 mit dem unveränderten Wohnflächenangebot in allen Raumtypen gedeckt werden. In diesem Beispiel ist somit davon auszugehen, dass die Wohnflächennachfrage durch das Angebot befriedigt werden kann und die ca. 3700 Personen von Stadt und Agglomeration in ländliche Regionen umziehen. Diese Verschiebung fällt in diesem Beispiel somit marginal aus.

An den neuen Wohnorten werden die umgezogenen Personen nun ihr Verhalten entsprechend demjenigen ihrer verhaltenshomogenen Gruppen in dem Raumtyp anpassen. Je Raumtyp ergeben sich somit aufgrund der spezifischen Wegeaufkommensraten je Raumtyp veränderte Wegeaufkommen.

Zudem ergibt sich aufgrund der veränderten Wohnorte eine neue potenzielle Mobilitätsnachfrage entsprechend dem Verkehrsverhalten in den jeweiligen Raumtypen – (differenziert nach verhaltenshomogenen Gruppen). In diesem Beispiel steigt die PW-Nutzung zusätzlich zur oben erwähnten Modalsplit-Verschiebung, da dieses Verkehrsmittel in den ländlichen Regionen häufiger gewählt wird als in der Agglomeration oder in der Stadt. Da das Anwendungsbeispiel keine Restriktionen im Angebot vorsieht, ergibt sich eine neue Mobilitätsnachfrage je Raumtyp. Entsprechend dem gewählten Verkehrsmittel je Raumtyp ergeben sich durch den Struktureffekt auch unterschiedliche Weglängen. Zudem steigt die Weglänge, da der Aufwand für einen Weg des Referenzfalls reduziert wird, und diese Einsparung in längere Wege reinvestiert wird. Die Weglänge steigt im Anwendungsbeispiel Infrastrukturausbau um 1.2% beim ÖV und um 3.7% beim MIV. Dementsprechend nimmt auch die Verkehrsleistung zu.

Insgesamt resultiert eine Änderung der Verkehrsleistung im Personenverkehr von ca. 2.7% (siehe nachfolgende Tabelle). Aufgrund des Modal-Split-Effekts steigen in allen Raumtypen die Wege mit dem PW. Ferner steigen die Verkehrsleistungen mit dem PW am meisten. Beim öffentlichen Verkehr sinkt das Aufkommen in allen drei Raumtypen. Die Verkehrsleistungen bleiben aber aufgrund der Verschiebung der Wohnbevölkerung in die ländlichen Regionen und die längeren Wege annähernd konstant. Marginale Änderungen ergeben sich beim Fuss- und Veloverkehr, die vor allem auf den Wohnortveränderungen beruhen.

Tab. 30 Ergebnistabelle Personenverkehr, Anwendungsbeispiel „Infrastrukturausbau“

Raumtyp	Anwendungsbeispiel Infrastrukturausbau			Differenz zu Referenz 2015		
	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden
	Verkehrsaufkommen [Mio. Wege/a]			Verkehrsaufkommen [%]		
<i>PW konventionell</i>	1'102	2'339	1'648	0.3%	0.1%	0.3%
<i>ÖV Strasse</i>	305	305	118	-1.1%	-0.7%	-0.6%
<i>ÖV Schiene</i>	203	203	78	-1.1%	-0.7%	-0.6%
<i>Fuss- & Velo</i>	1'237	1'353	855	-0.1%	0.0%	0.2%
Summe	2'848	4'200	2'699	-0.1%	0.0%	0.2%
	Verkehrsleistungen [Mio. Perskm/a]			Verkehrsleistungen [%]		
<i>PW konventionell</i>			72'315			3.9%
<i>ÖV Strasse</i>			4'606			0.4%
<i>ÖV Schiene</i>			20'954			0.3%
<i>Fuss- & Velo</i>			7'960			0.0%
Summe			105'835			2.7%

Entsprechend verschiebt sich auch der Flächenverbrauch aus den Kernstädten und Agglomerationsgemeinden in die ländlichen Gemeinden. Mit einer Zunahme um 0.1% fällt dies jedoch marginal aus (siehe nachfolgende Tabelle).

Tab. 31 Ergebnistabelle Raum «Wohnen», Anwendungsbeispiel „Infrastrukturausbau“

Raumtyp	Anwendungsbeispiel Infrastrukturausbau			Differenz zu Referenz 2015		
	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden
	Flächenverbrauch [ha]			Flächenverbrauch [%]		
Wohnen	13'594	40'151	33'784	-0.07%	-0.02%	0.11%

Teilnetz Güterverkehr 1

Im Güterverkehr führt die Änderung der generalisierten Kosten ebenfalls zu einer Verschiebung des Modalsplits hin zur Strasse.⁸ Die Wirkung auf den Modalsplit ist insgesamt klein, obwohl unterschiedliche Geschwindigkeitsänderung auf Schiene und Strasse angenommen werden (**Tab. 19**); Der Grund liegt in den grossen Unterschieden der Elastizitäten; die Nachfrage des Schienengüterverkehrs reagiert im Vergleich zur Strasse stärker auf Kosten- und Zeitänderungen. Allerdings ist auch das Güteraufkommen auf der Strasse wesentlich grösser, wodurch sich die beiden Effekte teilweise aufheben. Auch die verhältnismässig grosse Kostenänderung bei Lieferwagenverkehren (Strasse leicht) führt aufgrund des geringen Aufkommens insgesamt nur zu kleinen modalen Verschiebungen.

Einschränkungen der Kapazität und der Zuverlässigkeit der Transportmittel sind aufgrund des Infrastrukturausbaus nicht zu erwarten. Deshalb entspricht das effektive Aufkommen der errechneten Transportnachfrage.

Arbeitsfläche 1: Bezug zu Teilnetz Güterverkehr

Die Änderung der generalisierten Transportkosten beeinflusst auch die Nachfrage nach Arbeitsflächen. Je nach Transportintensitäten und Standortpräferenzen ergeben sich unterschiedlich starke Verschiebungen. In der Tendenz resultiert jedoch sowohl in den Arbeitszonen wie in den Wohn-, Misch- und Zentrumszonen eine geringfügige Verschiebung in ländliche Gemeinden.

Arbeitsfläche 2: Bezug zu Teilnetz Wohnfläche

Die Nachfrage nach Arbeitsflächen wird zum einen durch die Wohnflächennachfrage beeinflusst. Einzelne Branchen folgen in ihrem Standortwahlverhalten der geänderten Bevölkerungsverteilung. Die Verschiebung von VZÄ in den ländlichen Raum fällt jedoch nur sehr gering aus.

In der Summe der beiden Effekte auf die Arbeitsfläche ergibt sich ein um 0.09% erhöhter Flächenverbrauch in den ländlichen Gemeinden, sowie jeweils ein minimal reduzierter Flächenverbrauch in den Kernstädten und Agglomerationsgemeinden.

⁸ Nebst der Kostenelastizität, wird auch die direkte Zeitelastizität berücksichtigt. Die Elastizitäten sind unverändert der AMG entnommen und sind nach Warengruppe und Verkehrsträger (Bahn, LKW) differenziert. Für Lieferwagenverkehre werden die Elastizitäten des LKW übernommen, für kombinierten Verkehr diejenigen des WLK. Da das Gesamtaufkommen in diesem Anwendungsbeispiel gegenüber der Referenz gleich bleibt, wird das aus den Elastizitäten errechnete Aufkommen auf den Eckwert kalibriert.

Tab. 32 Ergebnistabelle Raum «Arbeitsfläche», Anwendungsbeispiel „Infrastrukturausbau“

Raumtyp	Anwendungsbeispiel Infrastrukturausbau			Differenz zu Referenz		
	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden
	Flächenverbrauch [ha]			Flächenverbrauch [%]		
Arbeiten	19'269	27'574	22'576	-0.02%	-0.02%	0.09%

Teilnetz Güterverkehr 2

Die Verschiebung von VZÄ in den ländlichen Raum schlägt sich in den Logistikkonzepten der Transportbranche, und folglich auch in den Weglängen, nieder. Da sich die Transportbranche dabei verhältnismässig leicht konzentriert, resultiert insgesamt eine geringfügige Erhöhung der Weglängen und der Verkehrsleistung im Güterverkehr.

Tab. 33 Ergebnistabelle Güterverkehr, Anwendungsbeispiel „Infrastrukturausbau“

Raumtyp	Anwendungsbeispiel Infrastrukturausbau			Differenz zu Referenz 2015		
	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden
	Verkehrsaufkommen [1000 Nt/a]			Verkehrsaufkommen [%]		
Wagenladungsverkehr	8'844	11'278	6'184	0.4%	0.5%	0.7%
Kombinierter Verkehr	586	702	248	-0.7%	-0.7%	-0.7%
Strasse schwer	88'339	125'538	74'341	-0.1%	-0.1%	-0.1%
Strasse leicht	10'126	12'142	4'281	0.8%	0.8%	0.8%
Summe	107'895	149'661	85'054	0.0%	0.0%	0.0%
	Verkehrsleistungen [Mio. Ntkm/a]			Verkehrsleistungen [%]		
Wagenladungsverkehr			2'967			0.41%
Kombinierter Verkehr			264			-0.65%
Strasse schwer			10'162			-0.08%
Strasse leicht			884			0.87%
Summe			14'276			0.07%

Versuch der Plausibilisierung der Resultate

Eine Plausibilisierung der Resultate ist vor dem Hintergrund der empirischen Befunde (vgl. Kapitel 2) kaum möglich und kann nur über Einschätzungen erfolgen.

Die Ergebnisse zum Personenverkehr erscheinen vor dem folgenden Hintergrund plausibel:

- Wie erwartet steigen die Verkehrsleistungen an.
- Die Modalsplit-Änderungen entsprechen ebenfalls den Erwartungen: Es erfolgt eine Verschiebung zum MIV aufgrund der grösseren Geschwindigkeitserhöhungen.

Die Veränderung der Wohn- und Arbeitsflächen erscheint anhand folgender Überlegungen plausibel:

- Die in Kapitel 2 aufgeführten Ex-Post Studien insbesondere für USA und Spanien zeigen, dass die Kernstädte mit dem Ausbau von Autobahnästen Einwohner verlieren, während Agglomeration und Land gewinnen. Dies wird im Wirkungsnetz ebenfalls dargestellt. Gleichzeitig erfolgt hier aber auch noch eine Verschiebung in die ländlichen Räume, welche in den Studien nicht untersucht wurde.
- Die in Kapitel 2 aufgeführten Ex-Post Studien für die USA und für Spanien weisen sehr hohe Veränderungen der Bevölkerung auf. Dies hängt mit der Betrachtung eines sehr

langen Zeitraums (seit 1950) zusammen, in dem das Highway Netz auch erst aufgebaut wurde. Abnehmende Grenznutzen werden hier nicht ausgewiesen. Zudem ist aus der zugrunde gelegten Quelle nicht ersichtlich, wie gross die Erreichbarkeitsveränderungen waren, so dass ein Vergleich mit dem Anwendungsbeispiel nicht möglich ist. Das aufgrund der guten Erreichbarkeitsverhältnisse in der Schweiz der Einfluss der Erreichbarkeit auf die Bevölkerungsentwicklung gering ist, zeigten die Untersuchung von Tschopp (2003), (2006) und (2008) sowie von Portnov et al. (2011). Somit sind hier auch keine grossen Effekte zu erwarten.

- Ferner bestätigt die Ex-Post Untersuchung zu den räumlichen und verkehrlichen Auswirkungen des Lötschberg-Basistunnel (ARE 2012) die Grössenordnung der Effekte:
 - In der Agglomeration Brig-Visp-Naters sind nach der Eröffnung des Tunnels von 2007 bis 2010 rund 4'200 Personen zugezogen. Davon können aufgrund der durch den LBT-induzierten Pendlerfahrten maximal 625 Personen im direkten Zusammenhang mit dem LBT gebracht werden. Dies entspricht 15 % der Zuzüger und 1.9% der Bevölkerung der Agglomeration Brig-Visp-Naters.
 - Die Fahrzeit wurde für die Fahrt Bern - Visp um 63 Minuten (=53%) und für Bern – Brig um 34 Minuten (=35%) reduziert.
 - Setzt man einen Mittelwert 45% für die Erhöhung der Geschwindigkeit an, die gut 2% Erhöhung der Bevölkerung mit sich bringt, bedeutet dies, dass eine 1% Erhöhung der Geschwindigkeit rund +0.04% Zunahme der Bevölkerung ergibt; 5% knapp 0.2%. Dies ist in etwa die hier ermittelte Bevölkerungszunahme.

Kritisch an dieser Plausibilisierung ist, dass im Anwendungsbeispiel eine flächendeckende Erhöhung der Geschwindigkeit unterstellt wurde, während beim Lötschberg nur eine Relation verändert wurden. Dafür handelte es sich aber um eine massive Erreichbarkeitsveränderung.

3.6.2 Urbanes Wachstum

Beschreibung Anwendungsbeispiel und Veränderung Inputknoten

Im Beispiel «Urbanes Wachstum» wird eine Bevölkerungs- und Arbeitsplatzzunahme unterstellt, bei gleichzeitig erhöhter Attraktivität der Kernstädte. Dazu werden gegenüber 2015 folgende Inputs verändert:

- Erhöhung der Einwohnerzahl um 15% (**VHG**), bei unverändertem Verhältnis bzw. räumlicher Verteilung der verhaltenshomogenen Gruppen
- Erhöhung der angenommenen Dichte in den Kernstädten (**SFL-Dichte**) um 10%
- Erhöhung der Attraktivität der Kernstädte (**W-ATTR**) gegenüber den Agglomerationen und insbesondere den ländlichen Räumen
- Erhöhung der Bruttowertschöpfung und der Anzahl Vollzeitäquivalente um 15%, bei unverändertem Verhältnis der räumlichen Verteilung der Branchen (**Branchen**)
- Das Verkehrsangebot wächst im gleichen Masse wie die Bevölkerung, so dass sich keine Einschränkungen ergeben (**MOB-A**) und (**TR-A**).⁹

Teilnetz Wohnflächen

Die Annahmen aus dem Anwendungsbeispiel führen zu deutlichen Veränderungen in der Wohnflächennachfrage. Zum einen erhöht sich aufgrund der Bevölkerungszunahme in allen Räumen die Nachfrage absolut um 15%. Die erhöhte Attraktivität der Kernstädte führt zusätzlich dazu, dass sich ein Teil dieser Nachfrage aus den Agglomerationsgemeinden (ca. 190'000 Personen) sowie insbesondere den ländlichen Gemeinden (ca. 260'000 Personen) in die Kernstädte verschiebt. Gleichzeitig wird aber auch das potenzielle

⁹ Diese Annahme wird hier gemacht, um die Funktionsfähigkeit des Netzes zunächst an einem einfachen Beispiel darzustellen. Im Rahmen komplexer Variationen der unterschiedlichen Szenarioannahmen wird dann in einem iterativen Vorgehen berücksichtigt, dass es z.B. aufgrund eines nicht mitwachsenden Mobilitäts- und Transportangebots auch Einschränkungen im Verkehrsangebot gibt (Knoten MOB-A und TR-A).

Angebot in den Kernstädten erhöht, da von einer zunehmenden Verdichtung ausgegangen wird.

Dennoch liegt in diesem Anwendungsfall die Nachfrage um 13% über dem potenziellen Angebot. Es wird davon ausgegangen, dass die Hälfte dieses Nachfrageüberhangs durch zusätzliche Wohnangebote gedeckt werden kann. Je ein Viertel wird durch die Reduktion der individuellen Flächenbedürfnisse sowie eine Verlagerung der Nachfrage in die beiden anderen Raumtypen aufgefangen. Die Reduktion bzw. Verschiebung erfolgt je nach verhaltenshomogener Gruppe unterschiedlich, beeinflusst durch Einkommen und Raumtyppräferenz. Dadurch kann der Nachfrageüberhang in den Kernstädten «aufgefangen» werden.

Aus diesem Prozess resultiert eine Bevölkerungszunahme in den Kernstädten um 31%, in den Agglomerationsgemeinden um 11% sowie in den ländlichen Gemeinden noch um 5%. Aufgrund der erhöhten Dichte in den Kernstädten sowie des teilweise reduzierten individuellen Flächenverbrauchs resultiert jedoch nur eine Zunahme der Bauzonen um gut 5%, während sich dieser in den beiden übrigen Raumtypen in Summe im Rahmen des Bevölkerungswachstums erhöht (vgl. nachfolgende Tabelle).

Tab. 34 Ergebnistabelle Raum, Anwendungsbeispiel „Urbanes Wachstum“

Raumtyp	Anwendungsbeispiel Urbanes Wachstum			Differenz zu Referenz 2015		
	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden
	Flächenverbrauch [ha]			Flächenverbrauch [%]		
Wohnen	14'296	44'475	35'249	5.1%	10.7%	4.4%

Teilnetz Wohnflächen und Bezug zu Teilnetz Personenverkehr

Das Anwendungsbeispiel weist signifikante Verschiebungen des Flächenverbrauchs und damit auch der Bevölkerung je Raumtyp auf. Der Anteil Einwohner in den Kernstädten nimmt zu. Für diese neue Bevölkerung wird nun die potenzielle Mobilitätsnachfrage berechnet. Die generalisierten Kosten entsprechen der Referenz 2015 ohne Bevölkerungswachstum, wobei hier Kapazitätseffekte z.B. erhöhte Reisezeiten aufgrund zunehmender Verkehrsbelastung auf der Strasse und Überlast in den Zügen nicht berücksichtigt sind. Damit ergibt sich für das Anwendungsbeispiel „Urbanes Wachstum“ keine Verschiebung des Modalsplits.¹⁰

Entsprechend – der hier aus Gründen einer vereinfachten Illustration gewählten Vereinfachung – gibt es keine Einschränkungen aus dem Mobilitätsangebot, so dass die potenzielle Nachfrage auch befriedigt wird. Damit ergeben sich entsprechend dem Verhalten der jeweiligen Gruppen in den Räumen die Anzahl Wege, die Weglängen und letztlich die Personenverkehrsleistung (PV-Leistung). Da die Einwohner der Kernstädte über alle Mobilitätswerkzeuge betrachtet kürzere Wege aufweisen, nimmt die Verkehrsleistung mit 14.4% geringfügig tiefer zu als die Bevölkerungszunahme mit 15.0% (siehe Tabelle unten). Dabei steigt der Anteil des Fuss- und Veloverkehrs, bei dem die Zunahme der Verkehrsleistung grösser ist, als bei den übrigen Verkehrsmitteln.

¹⁰ Anders wäre es, wenn als Vergleichsfall eine Bevölkerungszunahme in gleicher Höhe unterstellt wird, die anstelle eines urbanen Wachstums ein gleiches Wachstum in allen Teilräumen unterstellen würde. In einem Vergleich dieser zwei Fälle ist aufgrund der unterschiedlichen Wohn- und Verkehrsnachfrage der Bevölkerung in den Teilräumen beim urbanen Wachstum der Flächenverbrauch geringer und der Modalsplit-Anteil des ÖV, Fuss- und Veloverkehr höher als bei einem Wachstum in allen Teilräumen.

Tab. 35 Ergebnistabelle Personenverkehr, Anwendungsbeispiel „Urbanes Wachstum“

Raumtyp	Anwendungsbeispiel Urbanes Wachstum			Differenz zu Referenz 2015		
	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden
	Verkehrsaufkommen [Mio. Wege/a]			Verkehrsaufkommen [%]		
<i>PW konventionell</i>	1'461	2'603	1'722	33.0%	11.4%	4.8%
<i>ÖV Strasse</i>	399	338	123	29.2%	9.8%	4.0%
<i>ÖV Schiene</i>	266	225	82	29.2%	9.8%	4.0%
<i>Fuss- & Velo</i>	1'614	1'498	893	30.3%	10.8%	4.6%
Summe	3'740	4'664	2'819	31.2%	11.0%	4.6%
	Verkehrsleistungen [Mio. Perskm/a]			Verkehrsleistungen [%]		
<i>PW konventionell</i>			79'619			14.4%
<i>ÖV Strasse</i>			5'240			14.2%
<i>ÖV Schiene</i>			23'846			14.2%
<i>Fuss- & Velo</i>			9'183			15.4%
Summe			117'888			14.4%

Teilnetz Arbeitsflächen und Bezug von Teilnetz Wohnflächen

Die Annahmen aus dem Anwendungsbeispiel führen zu deutlichen Veränderungen in der Arbeitsflächennachfrage. Zum einen erhöht sich aufgrund der Zunahme an VZÄ in allen Räumen bzw. in den beiden Zonentypen die Nachfrage absolut um 15%.

Hinzu kommt eine Verschiebung der Nachfrage aufgrund der unterschiedlichen Bevölkerungsentwicklung in den drei Raumtypen. Einzelne Branchen folgen in ihrem Standortwahlverhalten der geänderten Bevölkerungsverteilung. Insbesondere in den WMZ, mit einem hohen Anteil an Branchen, welche auf Kundennähe sowie qualifizierte Mitarbeitende angewiesen sind, resultiert mit einer zusätzlichen Nachfrageerhöhung um ca. 5% eine beträchtliche Verschiebung der Nachfrage in die Kernstädte. Da die Transportkosten unverändert bleiben, entfällt dieser Einfluss.

Wachstum und räumliche Verschiebungen führen dazu, dass bei den WMZ die Nachfrage in den Kernstädten über dem Angebot liegt. In den Arbeitszonen ergibt sich sowohl in den Kernstädten wie Agglomerationsgemeinden ein Nachfrageüberhang. Im Wirkungsnetz wird dieser Nachfrageüberhang durch zusätzliche Flächenangebote, eine branchenspezifische Reduktion der Flächenbedürfnisse sowie eine Verlagerung der Nachfrage in die weiteren Raumtypen aufgefangen.

Aus diesem Prozess resultiert eine Zunahme der VZÄ in den Kernstädten um 12% (WMZ) bzw. 19% (AZ). Aufgrund der erhöhten Dichte in den Kernstädten sowie des teilweise reduzierten individuellen Flächenverbrauchs resultiert jedoch nur eine Zunahme der Bauzonen um gut 1.2%. In den Agglomerationsgemeinden erhöhen sich die VZÄ um 18% (WMZ) bzw. 13% (AZ), resultierend in einer Zunahme des Flächenverbrauchs um 9.6%. In den ländlichen Gemeinden wiederum ergibt sich ein Wachstum um 19% (WMZ) bzw. 12% (AZ) mit einer Zunahme des Flächenverbrauchs um 6.3%.

Tab. 36 Ergebnistabelle Raum Arbeiten, Anwendungsbeispiel „Urbanes Wachstum“

Raumtyp	Anwendungsbeispiel Urbanes Wachstum			Differenz zu Referenz		
	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden
	Flächenverbrauch [ha]			Flächenverbrauch [%]		
<i>Arbeiten</i>	19'513	30'243	23'976	1.24%	9.66%	6.29%

Teilnetz Arbeitsflächen und Bezug zu Teilnetz Güterverkehr

Das Güteraufkommen geht mit dem Bevölkerungs- und Wirtschaftszuwachs einher. Dabei wird vereinfachend angenommen, dass auch das Transportangebot mit dieser Entwicklung Schritt hält, d.h. dass keine zusätzlichen Engpässe und Zuverlässigkeitseinbußen entstehen.

Das Anwendungsbeispiel weist signifikante Verschiebungen des Flächenverbrauchs auf. Dies vor allem in den Agglomerationsgemeinden und im ländlichen Raum. Da sich die Transportbranche aus den städtischen Zentren hinausbewegt («Logistics Sprawl») und sich gleichzeitig die Wirtschaft in den Kernstädten konzentriert, erhöhen sich die Weglängen. Dies hat eine Zunahme der Güterverkehrsleistung zur Folge, die grösser ist als das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum (vgl. nachfolgende Tabelle).

Tab. 37 Ergebnistabelle Güterverkehr, Anwendungsbeispiel „Urbanes Wachstum“

Raumtyp	Anwendungsbeispiel urbanes Wachstum			Differenz zu Referenz		
	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinden
	Verkehrsaufkommen [1000 Nt/a]			Verkehrsaufkommen [%]		
Wagenladungsverkehr	10'073	12'899	7'131	14.3%	15.0%	16.1%
Kombinierter Verkehr	678	813	287	15.0%	14.9%	15.2%
Strasse schwer	100'352	144'604	86'874	13.5%	15.1%	16.7%
Strasse leicht	11'552	13'845	4'894	15.0%	14.9%	15.2%
Summe	122'655	172'161	99'186	13.7%	15.0%	16.6%
	Verkehrsleistungen [Mio. Ntkm/a]			Verkehrsleistungen [%]		
Wagenladungsverkehr			3'508			18.7%
Kombinierter Verkehr			320			20.6%
Strasse schwer			12'240			20.4%
Strasse leicht			1'057			20.6%
Summe			17'125			20.0%

3.6.3 Verteuerung der Mobilität

Beschreibung Anwendungsbeispiel und Veränderung Inputknoten

Eine Verteuerung der Mobilität wirkt mit umgekehrten Vorzeichen wie des Ausbaus der Infrastrukturen auf Strasse und Schiene (mit entsprechend ausgebautem Angebot). Im Personenverkehr (PW und ÖV) wird hier eine leistungsabhängige Anhebung der Preise z.B. mittels Mobility Pricing, unterstellt. Dies bedeutet, dass ein zusätzlicher Preis je Personenkilometer zu entrichten ist. Im Personenverkehr (PW und ÖV) unterstellt. Im Güterverkehr wird eine Anhebung der LSWA angenommen, die bereits leistungsabhängig ist.

Im Personenverkehr führt der zusätzliche leistungsabhängige Preis zu einer Erhöhung der generalisierten Kosten (siehe Tabelle unten). Da die leistungsabhängigen Transportabgaben nur einen Teil der Gesamtkosten darstellen, ist der absolute Betrag der resultierenden Kostenänderung tiefer als der Betrag der Preiserhöhung. Die folgende Tabelle zeigt die Veränderung der generalisierten Kosten, wobei im Wirkungsnetz mit effektiven Wegekosten je Raumtyp gerechnet wird.

Die Preiserhöhung je Weg wurde so angenommen, dass der Betrag der Veränderung der generalisierten Kosten demjenigen der Veränderung beim Infrastrukturausbau entspricht. Dies allerdings mit geänderten Vorzeichen.

Tab. 38 Änderung generalisierte Kosten im Personenverkehr

	Preiserhöhung je Weg	Veränderung der generalisierten Kosten
<i>PW konventionell</i>	ca. 23%	+3.5%
<i>ÖV Strasse</i>	ca. 3%	+1.0%
<i>ÖV Schiene</i>	ca. 3%	+1.0%
<i>Fuss- & Velo</i>	-	-

Im Güterverkehr führt die Anhebung der LSVA zu einer Erhöhung der Transportkosten je Nettotonnenkilometer (z.B. mittels LSVA). Da die LSVA nur einen Teil der Gesamtkosten ausmacht, ist die resultierende Kostenänderung gering

Im Beispiel «Verteuerung der Mobilität» werden im Wirkungsnetz nun die Inputknoten «**Genkosten-PV**» und «**Genkosten-GV**» angepasst. Im Folgenden wird beschrieben, welche Wirkungsmuster im Wirkungsnetz hinterlegt sind.

Teilnetz Personenverkehr und Teilnetz Wohnflächen

Im Personenverkehr führt die Änderung der generalisierten Kosten – zunächst bei der anfangs gegebenen Einwohnerverteilung - zu einer Verschiebung des Modalsplits. Da die Preiserhöhung beim PW höher ist als beim ÖV resultiert eine Verschiebung vom MIV zum ÖV.

Die Änderung der generalisierten Kosten und des Modal-Split 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. Dabei kann nun nicht einfach das gleiche Wanderungssaldo wie im Beispiel «Infrastrukturausbau» unterstellt werden, da die Präferenzen und die verhaltenshomogenen Gruppen auf dem Land anders vertreten sind als in den Kernstädten und den Agglomerationsgemeinden.

Nun müssen die Agglomerationsgemeinden und Kernstädte genügend Wohnangebot aufweisen, um die Zusatznachfrage aufzunehmen. Entscheidende Faktoren, ob die Wohnflächennachfrage befriedigt werden kann, ist die Verfügbarkeit von genügend Wohnungsflächen, deren Preis und die generelle Attraktivität des Raumtyps. An den neuen Wohnorten werden die umgezogenen Personen nun ihr Verhalten entsprechend demjenigen ihrer verhaltenshomogenen Gruppen in dem Raumtyp anpassen. Je Raumtyp ergeben sich somit aufgrund der spezifischen Wegeaufkommensraten je Raumtyp veränderte Wegeaufkommen.

Zudem ergibt sich aufgrund der veränderten Wohnorte eine neue potenzielle Mobilitätsnachfrage entsprechend dem Verkehrsverhalten in den jeweiligen Raumtypen. In diesem Beispiel steigen der Fuss- und Veloverkehr und der ÖV-Anteil zusätzlich zur oben erwähnten Modalsplit-Verschiebung, da diese Verkehrsmittel in der Agglomeration und oder in den Städten häufiger als in den ländlichen Regionen gewählt werden. Somit ergibt sich eine neue Mobilitätsnachfrage je Raumtyp. Entsprechend dem gewählten Verkehrsmittel je Raumtyp ergeben sich durch den Struktureffekt auch unterschiedliche Weglängen. Zudem sinkt die Weglänge, da der Aufwand für einen Weg des Referenzfalls erhöht wird, und diese Erhöhung in kürzere Wege resultiert. Insgesamt resultiert eine Reduktion der Verkehrsleistung im Personenverkehr

Entsprechend verschiebt sich auch der Flächenverbrauch aus den die ländlichen Gemeinden in die Kernstädte und Agglomerationsgemeinden.

In Analogie zu den Quantifizierungen im Beispiel «Infrastrukturausbau» kann hier davon ausgegangen werden, dass der Effekt auf den Modal-Split wahrnehmbar, aber hinsichtlich der Wohnstandortwahlveränderung marginal sein wird.

Teilnetz Güterverkehr 1

Im Güterverkehr führt die Änderung der generalisierten Kosten zu einer Verschiebung des Modalsplits hin zur Schiene. Die Wirkung auf den Modalsplit dürfte auch hier insgesamt klein sein. Der Grund liegt in den grossen Unterschieden der Elastizitäten; die Nachfrage des Schienengüterverkehrs reagiert im Vergleich zur Strasse stärker auf Kosten- und Zeitänderungen. Allerdings ist auch das Güteraufkommen auf der Strasse wesentlich grösser, wodurch sich die beiden Effekte teilweise aufheben. Auch die verhältnismässig grosse Kostenänderung bei Lieferwagenverkehren (Strasse leicht) führt aufgrund des geringen Aufkommens insgesamt nur zu kleinen modalen Verschiebungen.

Arbeitsfläche 1: Bezug zu Teilnetz Güterverkehr

Die Änderung der generalisierten Transportkosten beeinflusst auch die Nachfrage nach Arbeitsflächen. Je nach Transportintensitäten und Standortpräferenzen ergeben sich unterschiedlich starke Verschiebungen. In der Tendenz resultiert jedoch sowohl in den Arbeitszonen wie in den Wohn-, Misch- und Zentrumszonen eine geringfügige Verschiebung in Kernstädte und Agglomerationsgemeinden.

Arbeitsfläche 2: Bezug zu Teilnetz Wohnfläche

Die Nachfrage nach Arbeitsflächen wird zum einen durch die Wohnflächennachfrage beeinflusst. Einzelne Branchen folgen in ihrem Standortwahlverhalten der geänderten Bevölkerungsverteilung. Die Verschiebung von VZÄ in die Agglomerationsgemeinden und Kernstädte dürfte aber auch hier nur sehr gering ausfallen.

In der Summe der beiden Effekte auf die Arbeitsfläche dürfte sich ein marginal erhöhter Flächenverbrauch in den Kernstädten und Agglomerationsgemeinden ergeben, sowie ein minimal reduzierter Flächenverbrauch in den ländlichen Gemeinden.

Teilnetz Güterverkehr 2

Die Verschiebung von VZÄ aus dem ländlichen Raum schlägt sich in den Logistikkonzepten der Transportbranche, und folglich auch in den Weglängen, nieder. Da sich die Transportbranche dabei verhältnismässig leicht dezentriert, resultiert insgesamt eine geringfügige Reduktion der Weglängen und der Verkehrsleistung im Güterverkehr.

4 Beschreibung der Szenarien 2060

4.1 Allgemeine Übersicht

Das Wirkungsnetz Verkehr – Raum bildet eine Vielzahl unterschiedlicher exogener Parameter ab, welche dann auch szenariospezifisch variiert werden können. Für die vorliegende Aufgabenstellung wird aber der Grundsatz verfolgt, so wenig (exogene) Parameter wie möglich szenariospezifisch zu variieren. Damit können die zentralen Einflussgrößen und Zusammenhänge besser herausgearbeitet werden. Um die charakteristischen Effekte der Szenarien im Vergleich klar zu erkennen, ist diesen szenariorelevanten Parametern besondere Beachtung zu schenken.

Aus diesem Grund wird zum Beispiel für alle Szenarien die gleiche Anzahl Einwohnerinnen und Einwohner und die gleiche Wirtschafts- bzw. Einkommensentwicklung unterstellt. Dadurch werden Veränderungen in der Verkehrs- und Wohnflächennachfrage, z.B. aufgrund neuer Technologien oder veränderter gesellschaftlicher Einstellungen, besser erkennbar. Szenariospezifische Unterschiede werden nicht durch allgemeine Mengeneffekte aufgrund der Wirtschafts- oder Bevölkerungsentwicklungen überzeichnet.

Seitens Paketleitung wurden die folgenden drei Szenarien entwickelt:

- S1: Evolution ohne Disruption
- S2: Revolution der individuellen Mobilitätsservices
- S3: Revolution der kollektiven Mobilitätsservices

Die folgende Tabelle zeigt die Treiber des Wirkungsnetzes und die mit der Paketleitung abgestimmten Ausprägungen je Szenario. Ferner wird die Umsetzung im Wirkungsnetz beschrieben.

Tab. 39 Treiber und ihre Ausprägung in den Szenarien

Treiber	S1: Evolution ohne Disruption	S2: Revolution der individuellen Mobilitätsservices	S3: Revolution der kollektiven Mobilitätsservices	Umsetzung im Wirkungsnetz
Demografie	9.94 Mio. Einwohner entsprechend Szenario A-00-2015 BFS	9.94 Mio. Einwohner entsprechend Szenario A-00-2015 BFS	9.94 Mio. Einwohner entsprechend Szenario A-00-2015 BFS	In allen Szenarien wird dieselbe Anzahl Einwohnende und die gleiche Altersstruktur entsprechend dem BFS Szenario verwendet.
Gesellschaftliche Einstellung	Individualisierung	Starke Individualisierung	Starke Kollektivierung und Trend zum Sharing	Die absolute Anzahl Personen je Alterskategorie ist in allen drei Szenarien dieselbe (siehe Demografie). Die Abbildung veränderter gesellschaftlicher Einstellungen erfolgt über die verhaltenshomogenen Gruppen (vgl. Kapitel 4.2).
Wirtschafts- und Einkommensentwicklung; Branchenstruktur	Entsprechend Referenzszenario Verkehrsperspektiven / AMG	Entsprechend Referenzszenario Verkehrsperspektiven / AMG	Entsprechend Referenzszenario Verkehrsperspektiven / AMG	Wirtschafts- und Einkommensentwicklung sowie Branchenstruktur werden zwischen den Szenarien nicht variiert (vgl. Kapitel 4.3).
Raumplanung	Trend	Liberale Raumplanung	Konzentration und Stärkung der Städte	Für die Szenarien werden unterschiedliche Annahmen zum Siedlungsflächenangebot sowie zu den Siedlungsdichten getroffen. Zudem wird auch die generelle, extern gesteuerte Raumattraktivität variiert (vgl. Kapitel 4.4).
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	Die Umsetzung im Wirkungsnetz erfolgt über die Verfügbarkeit der entsprechenden Angebote und ihrer generalisierten Kosten (vgl. Kapitel 4.5).
Technologie und Mobilitätswerkzeuge	Mittlere Automatisierung (Anteil Level V Fahrzeuge)	Starke Automatisierung PW und LW (Anteil Level V Fahrzeuge)	Starke Automatisierung aller Fahrzeuge va. Bahn, Bus, mit Robo Shuttles	Technologien und ihr Einfluss auf die generalisierten Kosten (vgl. Kapitel 4.5 und 4.6)
Einbezug neuer Technologien und Systeme	Vgl. Kapitel 4.1.5 und 4.1.6	Vgl. Kapitel 4.1.5 und 4.1.6	Vgl. Kapitel 4.1.5 und 4.1.6	Neue Technologien werden im Wirkungsnetz eingesetzt (vgl. Kapitel 4.5 und 4.6)

(Fortsetzung nächste Seite)

Treiber	S1: Evolution ohne Disruption	S2: Revolution der individuellen Mobilitätsservices	S3: Revolution der kollektiven Mobilitätsservices	Umsetzung im Wirkungsnetz
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)	Siehe oben «Technologie und Mobilitätswerkzeuge»
Infrastruktur / Auslastung Verkehrsmittel	Verkehr kann aufgrund Infrastrukturausbauten und Automatisierung ohne grosse Kapazitätsprobleme weiterwachsen, keine Restriktionen Auslastung der Verkehrsmittel entwickelt sich gemäss Trend Infrastrukturausbau gemäss Trend	Verkehr kann aufgrund Infrastrukturausbauten und Automatisierung ohne grosse Kapazitätsprobleme weiterwachsen, keine Restriktionen Auslastung der Verkehrsmittel entwickelt sich gemäss Trend Infrastrukturausbau stark automatisiert	Verkehr kann aufgrund Infrastrukturausbauten und Automatisierung ohne grosse Kapazitätsprobleme weiterwachsen, keine Restriktionen Auslastung der Verkehrsmittel wird deutlich gesteigert (dank ride sharing) Infrastrukturausbau stark auf Automatisierung ausgerichtet. Dank hoher Verkehrsmittelleffizienz kann Hardware-Ausbau vermindert werden.	Die im Wirkungsnetz ermittelte Nachfrage wird nicht durch Kapazitätsrestriktionen (MOB A; TR A) begrenzt.
Regulativ: Mobility Pricing, Klima / Umwelt	Weiterentwicklung des heutigen Regulativs; Mobility Pricing zur Finanzierung Infrastruktur	Liberale Zulassungspraxis; Mobility Pricing wird zur Steuerung der Kapazität eingesetzt.	Starke proaktive Haltung: Gezielte Zulassung, Mobility Pricing zur Steuerung der Auslastung Infrastruktur und der Fahrzeuge	Die szenariospezifischen regulativen Eingriffe werden in den generalisierten Kosten (vgl. Kapitel 4.5) bzw. den Transportpreisen (vgl. Kapitel 4.6) abgebildet. Im Personenverkehr erfolgen keine Preiskorrekturen, um regulatorischen Handlungsbedarf abzuleiten. Im Güterverkehr sind aufgrund der Modellgrundlagen Preissteigerungen entsprechend Verkehrsperspektiven 2040 enthalten.
	Keine Kapazitäts- und Zulassungsrestriktionen bei Verkehrsmitteln	Keine Kapazitäts- und Zulassungsrestriktionen bei Verkehrsmitteln	Keine Kapazitäts- und Zulassungsrestriktionen bei Verkehrsmitteln	Keine Unterschiede zwischen den Szenarien

4.2 Bevölkerungsentwicklung: Konkretisierung Inputgrössen zur Umsetzung der Szenarien im Wirkungsnetz

Die Bevölkerung, segmentiert nach verhaltenshomogenen Gruppen (VHG), ist die zentrale Inputgrösse für die Modellierung der Wohnflächen wie auch für die Wechselwirkungen Raum und Verkehr im Wirkungsnetz 2060.

In allen Szenarien wird dieselbe Anzahl Einwohnende und die gleiche Altersstruktur entsprechend dem BFS Szenario verwendet. Veränderte gesellschaftliche Einstellungen werden innerhalb einer jeweiligen Alterskategorie abgebildet. Einerseits über die Einführung neuer VHG und andererseits über die Verschiebungen der Anteile zwischen den verhaltenshomogenen Gruppen.

Verhaltenshomogene Gruppen und ihre Charakterisierung

Folgende Verhaltenshomogene Gruppen ergaben sich aus TP1:

- Kinder 6 bis 17 Jahre (ohne weitere Unterteilung, da keine eigene Raumpräferenz und ausgeprägte Fuss- und Veloverkehrsnutzende)
- 18-Jährige bis 24-Jährige
 - «Nestwärmer»: eher über 21-jährige erwerbstätige Frauen und Männer mit Führerausweis in oft ländlichen Mehrpersonenhaushalten mit Auto und gutem Haushaltseinkommen.
 - «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
 - «Ausgeflogene»: eher über 21-jährige Frauen und Männer mit eher hohem Bildungsniveau in unterschiedlichen Haushaltstypen in der Stadt ohne Auto und mit tiefem Haushaltseinkommen.
- 25-Jährige bis 64-Jährige
 - «Karrieretypen»: erwerbstätige Frauen und Männer in Zwei- und Mehrpersonenhaushalten in eher städtischem Gebiet mit Auto und mit hohem sozialem Status, insbesondere hohem Haushaltseinkommen.
 - «Familientypen»: jüngere Frauen und Männer in Mehrpersonenhaushalten mit Kindern in eher ländlichem Gebiet mit Auto und mittlerem sozialem Status.
 - «Hausfrauen 50+»: ältere, eher nicht erwerbstätige Frauen in Zweipersonenhaushalten, oft ohne Führerausweis und mit tiefem sozialem Status.
 - «Urbane Singles»: jüngere Frauen und Männer in Einpersonenhaushalten in städtischem Gebiet ohne Auto, aber mit GA und hohem Bildungsniveau.
- Über 64-Jährige
 - «Jüngere Seniorenelite»: eher jüngere Senioren in Mehrpersonenhaushalten mit Auto und Führerausweis und hohem sozialem Status (bezüglich Ausbildung und Haushaltseinkommen), teilweise weiterhin erwerbstätig.
 - «Unterprivilegierte Seniorinnen»: eher ältere Frauen in Einpersonenhaushalten ohne Auto und ohne Führerausweis mit eher tiefem Haushaltseinkommen.
 - «Finanziell abgesicherte Seniorinnen»: eher ältere Frauen mit Auto, aber nur zur Hälfte mit Führerausweis, mit mittlerem Haushaltseinkommen.

Bei der Anpassung der Bevölkerungszusammensetzung für das Jahr 2060 kommt je nach Alterskategorie ein unterschiedlicher Mechanismus zur Anwendung:

- Altersgruppe «18-24 Jahre»: Beibehaltung der drei bestehenden Gruppen.
- Altersgruppe «25-64 Jahre»: Einführung neuer VHG, die sich bezüglich ihrer Raum- und Mobilitätskennwerte von den anderen Gruppen deutlich unterscheiden.
- Altersgruppe «über 64 Jahre»: Beibehaltung der drei bestehenden Gruppen, aber Anpassung der VHG-spezifischen Kennwerte für die drei Szenarien gemäss TP 1.

Für die Szenarien 2060 wurden zwei neue VHG in der Altersgruppe «25-64 Jahre» gebildet: die sogenannten Arbeitsnomaden und Netzwerk-Familien.

- Die Arbeitsnomaden sind charakterisiert durch hohe Einkommen und eine sehr hohe Wohnflächennachfragen. Darin sind sie den Karrieretypen ähnlich. Sie besitzen jedoch ein ausgeprägt kollektives Fahrverhalten und eine klare Tendenz zu Wohnen in Kernstädten oder ländlichen Gemeinden.
- Die Netzwerk-Familien gleichen den Familientypen, indem sie ein zwischen mittel und tief eingestuftes Einkommen und Wohnflächennachfrage haben. Sie unterscheiden sich aber ebenfalls durch ihr leicht kollektives Fahrverhalten und einer klareren Raumtyppräferenz zur Kernstadt.

Tab. 40 zeigt die 13 verhaltenshomogenen Gruppen und ihre Charakterisierung anhand vereinfachter Kennwerte.

Tab. 40 Charakterisierung der verhaltenshomogenen Gruppen

		Einkommen	Raumtyppräferenz			Wohnflächen-nachfrage	Nachfrage	Mobilitäts-raten
			Stadt	Agglo	Land		Bestehende Modi	
Kinder 6 bis 17 Jahre		n/a	25%	46%	29%	Sehr tief	Ausgeprägt Fuss/Velo	Hoch
17 bis 24 Jahre	Nestwärmer	Mittelfeld – Hoch	19%	37%	43%	tief	Ausgeprägt individuell	Sehr hoch
	Küken	Mittelfeld - Hoch	25%	50%	25%	Tief	Ausgeglichen	Hoch
	Ausgeflogene	Tief	57%	32%	10%	Mittel	Ausgeprägt Fuss/Velo	Hoch
25 bis 64 Jahre	Karrieretypen	Hoch	26%	48%	27%	Sehr hoch	Ausgeprägt individuell	Sehr hoch
	Familientypen	Tief – Mittelfeld	23%	40%	37%	Mittel	Ausgeprägt individuell	Hoch
	Hausfrauen 50+	Tief	28%	41%	30%	Mittel	Leicht individuell	Tief
	Urbane Singles	Tief	64%	30%	6%	Hoch	Ausgeprägt kollektiv	Hoch
	Arbeitsnomade	hoch	60%	10%	30%	Sehr hoch	Ausgeprägt kollektiv	Sehr hoch
	Netzwerk-Familien	Mittel	40%	40%	20%	Mittel-tief	Leicht kollektiv	Hoch
Altersklasse 65+	Jüngere Seniorenelite	Tief	25%	47%	28%	Mittel	Ausgeprägt individuell	Tief
	Unterprivilegierte Seniorinnen	Tief	41%	39%	20%	Mittel	Leicht kollektiv	Sehr tief
	Finanziell abgesicherte Seniorinnen	Tief	25%	47%	28%	Mittel	Leicht individuell	Sehr tief

Anteile der verhaltenshomogenen Gruppen an der Bevölkerung

In den drei Szenarien werden, gestützt auf das BFS Szenario, dieselben Anteile der drei Altersgruppen an der Bevölkerung angenommen. Die Verschiebungen der Anteile zwischen den VHG innerhalb der drei Alterskategorien erfolgt wiederum je nach Alterskategorie unter der Anwendung unterschiedlicher Mechanismen:

- VHG in den Altersgruppen «18-24 Jahre» und «25-64 Jahre»: Schätzung der Anteile der bestehenden bzw. neuen verhaltenshomogenen Gruppen anhand der Charakterisierung der drei Szenarien.
- VHG in den Altersgruppen «über 64 Jahre»: Abstützung auf die Arbeiten des Teilprojektes 1, welches die verhaltenshomogenen Gruppen älterer Menschen vertieft analysiert hat.

Tab 41 zeigt die Anteile der 13 verhaltenshomogenen Gruppen in den drei Szenarien 2060.

Tab. 41 Anteile der verhaltenshomogenen Gruppen an der Bevölkerung über 6 Jahren 2015 und 2060 (drei Szenarien)

		Anteil 2015 (je Altersklasse)	Anteil 2015	Anteil 2060 (je Altersklasse)	Anteil 2060 (Szenario 1)	Anteil 2060 (Szenario 2)	Anteil 2060 (Szenario 3)
Kinder 6 bis 17 Jahre		12%	12%	11%	11%	11%	11%
17 bis 24 Jahre	Nestwärmer	8%	4%	7%	4%	3%	4%
	Küken		3%		2%	2%	2%
	Ausgeflogene		1%		1%	2%	1%
25 bis 64 Jahre	Karrieretypen	60%	30%	51%	20%	24%	12%
	Familientypen		17%		12%	10%	10%
	Hausfrauen 50+		5%		2%	2%	2%
	Urbane Singles		8%		6%	8%	8%
	Arbeitsnomade		0%		4%	4%	9%
	Netzwerk-Familien		0%		7%	3%	10%
Altersklasse 65+	Jüngere Seniorenelite	20%	11%	31%	12%	10%	19%
	Unterprivilegierte Seniorinnen		5%		2%	5%	6%
	Finanziell abgesicherte Seniorinnen		4%		17%	16%	6%

Die nach Anteilen pro Szenario resultierende Bevölkerungsverteilung in 2060 ist in Kapitel 5.2.2 dokumentiert.

4.3 Arbeitsplatzentwicklung: Konkretisierung Inputgrößen zur Umsetzung der Szenarien im Wirkungsnetz

Die Beschäftigung, segmentiert nach Branchen, ist die zentrale Inputgröße für die Modellierung der Arbeitsflächen wie auch für die Wechselwirkungen Raum und Verkehr im Wirkungsnetz 2060.

Die absolute Anzahl Arbeitsplätze im Jahr 2060 ist in allen drei Szenarien dieselbe. Sie wird generiert, indem die jährlichen Wachstumsraten pro Branche des REA (Räumliche Entwicklung der Arbeitsplätze, bfs) bis 2040 extrapoliert und auf die STATENT-Datengrundlage¹¹ (bfs) von 2015 angewendet werden. Auf der Basis der unterschiedlichen jährlichen Wachstumsraten der VZÄ pro Branche aus der REA ergeben sich für 2060 neue Verteilungen der VZÄ auf die Branchen.

Die Verteilung der Branchen auf die Raumtypen erfolgt analog zu 2015, die Branchen haben also keine veränderte Raumtyppräferenzen. Ebenfalls werden keine neuen Branchen berücksichtigt.

Insgesamt entsteht dadurch eine Arbeitsplatzverteilung für alle drei Szenarien in 2060 (vgl. Tab 42). Hochgerechnet mit ihrem branchen-spezifischen Arbeitsflächenverbrauch (unterteilt in WMZ und AZ, vgl. Kapitel 4.4) stellen sie die potenzielle Nachfrage nach Arbeitsflächen je Raumtyp dar.

Tab. 42 Arbeitsplätze in Mio. VZÄ 2060 und ihre Verteilung vor Berücksichtigung des Arbeitsflächenmarkts (Zunahme ggü. 2015)

	Kernstädte		Agglomerations- gemeinden		Ländliche Gemeinde		Total	
S1 – S3	2.14	(+19.7%)	1.64	(+15.3%)	0.75	(+12.6%)	4.53	(+16.9%)

¹¹ STATENT bietet die Grundlage für die Festlegung der totalen VZÄ pro Branche in 2015 und deren räumliche Verteilung innerhalb der drei Raumtypen.

4.4 Raumplanung: Konkretisierung Inputgrössen zur Umsetzung der Szenarien im Wirkungsnetz

Die Annahmen zur Raumplanung sind zentrale Inputgrössen für die Modellierung der Wohn- und Arbeitsflächen im Wirkungsnetz 2060. In den Szenarien werden zwei zentrale raumplanerische Inputgrössen variiert, das Angebot an (eingezonter) Siedlungsfläche sowie die Siedlungsdichte.

- In Szenario 1 «Evolution ohne Disruption» wird von einer geringfügigen Ausdehnung des Siedlungsflächenangebotes in allen drei Raumtypen ausgegangen. Bei den Dichten wird ebenfalls eine weitere Zunahme angenommen, sowohl was die WMZ wie in reduzierten Umfang auch die AZ betrifft. Damit wird die bisherige Raumplanungspraxis gemäss RPG1 fortgeschrieben.
- In Szenario 2 «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» ist eine nachfrageorientierte, nicht-restriktive Raumplanung abgebildet. Das Siedlungsflächenangebot wird in sämtlichen Raumtypen klar ausgedehnt, Die Dichten in WMZ wird nur geringfügig, in AZ gar nicht erhöht.
- In Szenario 3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» ist eine restriktive Raumplanung abgebildet, die ausschliesslich auf Innenentwicklung setzt. Das Siedlungsflächenangebot wird nicht vergrössert. Die Dichten in WMZ werden v.a. in den Kernstädten deutlich erhöht. In den AZ wird eine geringere Zunahme der Dichte angenommen.

Tab. 43 Veränderung Siedlungsflächenangebot (ggü. 2015)

	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinde	Total
S1	+10%	+10%	+10%	+10%
S2	+20%	+25%	+25%	+24%
S3	-	-	-	-

Tab. 44 Veränderung Dichten WMZ und AZ (ggü. 2015)

	WMZ				AZ			
	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinde	Total	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinde	Total
S1	+10%	+10%	+10%	+10%	+5%	+5%	+0%	+4%
S2	+5%	+5%	+5%	+5%	+0%	+0%	+0%	+0%
S3	+20%	+15%	+15%	+18%	+10%	+10%	+5%	+9%

Aus den veränderten Siedlungsflächen und Dichten entsteht das Bruttogeschossflächenangebot für 2060 für Wohnen (vgl. Kapitel 5.2.2) und Arbeiten für 2060 (vgl. Kapitel 5.3.2).

Die Grundhaltung, wie sie in den raumplanerischen Vorgaben zum Ausdruck kommt, wird auch die generelle Attraktivität der Raumtypen für Wohnen verändern. Diesem Zustand tragen wir Rechnung, indem wir den Input-Faktor W-ATTR (Wohnattraktivität) wie folgt festlegen. In S1 bleibt dieser unverändert. In S2 wird eine Attraktivitätsabnahme in den Kernstädten und eine Attraktivitätszunahme in den ländlichen Gemeinden angenommen. S3 ist von einer urbanen Entwicklung geprägt. Die Kernstädte gewinnen an Attraktivität. Die Agglomerationsgemeinden gewinnen zunehmend urbane Qualitäten, was ihre Attraktivität in diesem Szenario deutlich erhöht. Demgegenüber verlieren die ländlichen Gemeinden markant an Wohnattraktivität.

Tab. 45 Veränderung der Raumattraktivität ggü. 2015, nach Szenarien

	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinde
S1	Unveränderte Attraktivität	Unveränderte Attraktivität	Unveränderte Attraktivität
S2	Attraktivitätsabnahme um 10 %	Unveränderte Attraktivität	Attraktivitätszunahme um 10 %
S3	Attraktivitätszunahme um 10 %	Attraktivitätszunahme um 15 %	Attraktivitätsabnahme um 25 %

Eine erhöhte Raumattraktivität führt gewichtet nach der Anzahl Personen dazu, dass sich proportional mehr Leute in diesem Raum niederlassen wollen. Eine 10-prozentige Erhöhung der Attraktivität führt demnach unter Berücksichtigung der Grösse des jeweiligen Raumtyps zu einer knapp unter oder über 10-prozentigen Zunahme der Wohnflächennachfrage.

4.5 Personenverkehr: Konkretisierung Inputgrössen zur Umsetzung der Szenarien im Wirkungsnetz

Vorbemerkung

Für die Wechselwirkungen Raum und Verkehr im Jahr 2060 sind wesentliche Stellschrauben bzw. Inputgrössen die Annahmen

- zur Verfügbarkeit von Mobilitätswerkzeugen und
- die Veränderung der generalisierten Kosten für die Nutzung der Mobilitätswerkzeuge.

Die folgende Tabelle zeigt die für das Jahr 2060 berücksichtigten Mobilitätswerkzeuge und stellt den Bezug zu den Angebotstypen aus Rapp (2020) her.

Tab. 46 Mobilitätswerkzeuge 2060

Angebotstypen entsprechend SVI 2017-006 (Rapp (2020))	Hier verwendete Mobilitätswerkzeuge	
	Bezeichnung	Erläuterung
Private Fahrzeugnutzung	PW konventionell	Eigenes Fahrzeug mit konventioneller Selbstlenkung. Der Fahrzeugführer fährt selber bzw. muss jederzeit in der Lage sein, Funktionen zu übernehmen (Automatisierungsstufen Level I bis III)
	PW Level V	Eigenes Fahrzeug mit automatischer Steuerung. Der «Fahrer» muss sich nicht mehr mit der Fahrzeugführung und -kontrolle beschäftigen. Er kann die Fahrzeit andersweitig nutzen. (Automatisierungsstufen Level IV und V)
Sharing (On-Demand)	Robotaxi, Car Sharing	Individuelle Fahrt, geteiltes Fahrzeug (z.B. Taxi- oder Car Sharingunternehmen)
Riding (On-Demand) ÖV (On-Demand)	ÖIV (Öffentlicher-Individual-Verkehr)	Geteiltes Fahrzeug On-Demand, kollektive Fahrt bei entsprechender Nachfrage und Bündelung durch den Anbieter (private Angebote für Carpooling oder Ridehailing sind hier nicht berücksichtigt).
	ÖV (On-Demand)	
ÖV (klassisch)	ÖV Schiene	Wie heute: kollektive Fahrt, öffentliches Angebot mit den geltenden Pflichten gemäss Personenbeförderungsgesetz (Fahrplanpflicht etc.)
	ÖV Strasse	
	Hyperloop	Kollektive Fahrt; Magnetschwebbahn, welche im Vakuum Geschwindigkeiten bis zu 1125 km/h erreichen kann.
-	Fuss und Velo	Fuss- und Veloverkehr unter Einbezug von Bike-Sharing Angeboten
-	Volocopter	Hubschrauber-Konzept für elektrisch angetriebene personentragende Multikopter, die als autonome Lufttaxis eingesetzt werden sollen

Die generalisierten Kosten je Weg beschreiben den verkehrsmittelwahlbestimmenden Aufwand, den ein Verkehrsteilnehmer für diesen Weg auf sich nimmt. Sie setzen sich aus den Zeit- und den Wegkosten (Out-of-pocket) zusammen. Die Wegkosten bestehen aus der Weglänge und bspw. im ÖV aus den bezahlten Billettpreisen oder im MIV aus den variablen Betriebskosten (überwiegend Treibstoffkosten und variable Betriebskosten der Fahrzeuge). Die Zeitkosten bestehen aus der Reisezeit und der Bewertung dieser Zeit (Value-of-Time, VOT).

Im Folgenden werden wesentliche Annahmen zum Verständnis der Ergebnisse aufgezeigt. Die vollständige Dokumentation der Annahmen mit ihren Grundlagen entsprechend der Abstimmung mit der Begleitkommission sind im Anhang II dokumentiert. Die Annahmen sind mit der Paketleitung abgestimmt und sind zum Teil von dieser zur Verfügung gestellt worden.

Einflussgrössen

Im Folgenden werden generelle Überlegungen insbesondere der Paketleitung zur Entwicklung von Einflussgrössen dokumentiert, die anschliessend in Annahmen für das Wirkungsnetz münden:

- Automatisierungsgrad Fahrzeuge:
 - Strasse: Die Automatisierung der Fahrzeuge ist vor allem für die Verkehrsmittel mit professionellen Chauffeurs relevant (Taxi, Bus) und für die Nutzung der privaten PW (neue Nutzergruppen, Veränderung der generalisierten Kosten (Reiseweiten)).

- Schiene: Relevant ist der Automatisierungsgrad im Personenfernverkehr und im regionalen Personenverkehr (FPV und RPV) aufgrund Wegfall der Lokführerkosten.

Für das Jahr 2060 wird von Mischverkehr von automatischen Fahrzeugen und konventionellen Fahrzeugen ausgegangen.

- Infrastruktur: Die Effizienzsteigerungen wirken sich vor allem auf die Kapazität aus. Der Einspareffekt ist aber mit Ausrüstungsinvestitionen verbunden. Die Frage ist, wieviel auf die Strassensteuern (Km-Abgaben) bzw. auf die Trassenpreise überwältzt wird. Es ist aber anzunehmen, dass in den Automatisierungsszenarien 2 und 3 (Revolution individuell und Revolution kollektiv) die Infrastrukturproduktivität steigt.
- Energie: Einerseits ist anzunehmen, dass die Energieproduktivität steigt, gleichzeitig aber auch höhere Kosten für die Bereitstellung alternativer Energieträger entstehen.
- Prozesse-Organisation: Relevant sind insbesondere die Auswirkungen von Sharing-Ansätzen und Mobility as a Service. Dies drückt sich im Szenario 2 als Anteil Robotaxi und im Szenario 3 durch Anteil automatisierte kollektive Fahrzeuge (Robovan) aus.
- Policy: Vor allem im Szenario 3 besteht die Absicht, die Produktivitätssteigerungen abzuschöpfen und Anreize zu setzen, um erwünschte Wirkungen (Auslastungssteigerung, Verlagerung, keine Rebound-Effekte) zu erzeugen. Die Notwendigkeit und Eingriffsintensität zeigen sich aber erst nach Vorliegen der Ergebnisse der Modellierung der Szenarien. Im Personenverkehr erfolgen deshalb keine Preiskorrekturen, um regulatorischen Handlungsbedarf abzuleiten.

Entsprechend der Aufgabenstellung werden hier die Wechselwirkungen von Verkehr und Raum in den jeweiligen Szenarien auf Basis der Annahmen untersucht. So wird eine flächendeckende Verfügbarkeit von kollektiven Verkehrsmitteln zu den angenommenen Preisen unterstellt. Hier wird nicht untersucht oder hinterfragt, ob diese Angebote eigenwirtschaftlich oder staatlich bestellt sind.

Verfügbarkeit Mobilitätswerkzeuge

Die folgenden Annahmen werden den Berechnungen zugrunde gelegt:

Tab. 47 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 im Sinne 3D-Infrastruktur Verkehrsinfrastruktur (hier für den MIV) parallel auf verschiedenen Ebenen (unterirdisch, ebenerdig, oberirdisch)				

Generalisierte Kosten Personenverkehr (real)

Kostensenkungspotenziale

Die folgende Tabelle zeigt die Veränderung der Fahrzeugbetriebskosten respektive der Out-of-Pocket Kosten / Preise (ÖV) aufgrund der technologischen Entwicklung.

Tab. 48 Veränderung der Fahrzeugbetriebskosten respektive der Out-of-Pocket Kosten / Preise (ÖV)

Mobilitätswerkzeug	Kostenreduktion relativ zu 2015 in % (entspricht im ÖV Veränderung der Billettepreise)		
	S1: Evolution	S2: Revolution individuell	S3: Revolution kollektiv
PW konventionell im Eigenbesitz	Keine Kostenveränderung		
PW Level IV / V im Eigenbesitz	Kostenerhöhung gg. 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 automatisierten Zug, zu gewichten mit Durchdringungsrate	6% ggü. nicht automatisierten 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

Die oben dargestellte Senkung der Transportkosten aufgrund der technologischen Entwicklung geht von gleichbleibenden Infrastrukturkosten und einer gleichbleibenden Regulierung aus:

- Infrastrukturkosten: Unberücksichtigt sind evtl. steigende Bau- und Unterhaltskosten infolge von Ausbauprojekten (inkl. eines hohen Anteils Tunnel infolge erhöhten Umweltauforderungen) oder eventuelle sinkende Kosten, da z.B. in Szenario 3 Besetzungsgrade steigen und sich der Infrastrukturbedarf verringern könnte. Entsprechende Abschätzungen sind hier zunächst nicht möglich, da zunächst der Infrastrukturbedarf ermittelt werden müsste.
- Die Internalisierung externer Kosten bleibt hier ebenso wie die Diskussion über Kostendeckungsgrade unberücksichtigt. Für eine Berücksichtigung müssen zunächst die Wirkungen der Technologien auf die Verkehrsnachfrage und weitergehende Annahmen zum Beispiel zu den Antrieben und Treibstoffen im Jahr 2060 gemacht werden, um den Regulierungsbedarf und die Regulierungshöhe abzuleiten.

Die Annahmen zu den Transportkosten stellen somit technologische Potenziale ohne regulative preisliche Eingriffe dar. Andere Faktoren (z.B. Klima) können die Transportkosten auch erhöhen. Die Notwendigkeit und Eingriffsintensität zeigen sich aber erst nach Vorliegen der Ergebnisse der Modellierung der Szenarien. Im Personenverkehr erfolgen deshalb keine Preiskorrekturen, um regulatorischen Handlungsbedarf abzuleiten.

Reisezeitkosten

Die Reisezeitkosten setzen sich zusammen aus der Reisezeit selber und aus deren Bewertung.

REISEZEIT: Im Wirkungsnetz Raum und Verkehr wird kein Verkehrsnetz mit Kapazitäten und Geschwindigkeiten hinterlegt. Deshalb sind hier Annahmen zu den Reisezeiten notwendig. Auf die Reisezeit kann die Automatisierung einen Einfluss haben, wenn diese die Kapazitäten erhöht und damit Beschleunigungen möglich sind. In den Szenarien sind aber Mischverkehre vorgesehen, bei denen gemäss Literatur gar keine oder sogar negative Kapazitätseffekte zu erwarten sind (vgl. EBP (2018)). Hier wird davon ausgegangen, dass die Reisezeiten unverändert bleiben. Dies auch im Zusammenhang mit der Szenarionannahme, dass Infrastrukturkapazitäten durch Ausbauten, Verkehrsmanagement und unter Berücksichtigung der Automatisierung so bestehen, dass die Verkehrsnachfrage mit Restriktionen wie heute wachsen kann.

BEWERTUNG DER REISEZEIT (VALUE OF TIME): Für die Verkehrsmittelwahl sind die generalisierten Kosten relevant. Diese setzen sich aus den obigen Out-of-Pocket Kosten und der Bewertung der Reisezeiten zusammen. Für die Veränderung der Reisezeitkosten liegen Angaben aus Axhausen et al. (2019, in Erscheinung) vor. Da das Wirkungsnetz EBP für 2015 kalibriert wurde, werden hier für die neuen Verkehrsmittel aus der Quelle die relevanten Unterschiede in der Bewertung der Reisezeit verwendet (und nicht die absoluten Werte einfach übernommen). Die folgende Tabelle zeigt die zugrundgelegten Zeitkostensätze.

Tab. 49 Veränderung der Bewertung der Reisezeit je Verkehrsmittel ggü. 2015

Mobilitätswerkzeug	Kostenreduktion relativ zu 2015 in %	VOT 2060 CHF / Persh
PW konventionell im Eigenbesitz	0% (wie heute)	23.3
PW Level IV / V im Eigenbesitz	In 2015 nicht vorliegend: In 2060: 5% höher als ÖV - Erläuterung siehe Anhang II	17.9
Taxi / Robotaxi	Im Grundsatz wie heute für Taxifahrten. Für 2015 gibt es aber keine Angaben. Deshalb: In 2060: 10% höher als ÖV 1)	18.7
ÖV Level V / Robovans	In 2015 nicht vorliegend: In 2060: 30% höher als ÖV 2)	22.10
ÖV Strasse und Schiene (konventionell und automatisiert)	0% (wie heute)	17.0

Grundlage:

1) Axhausen et al. (2019, in Erscheinung), Abbildung 6 (Taxi AF: 19 CHF TaxiAF (TAF) zu 17.5 CHF ÖV bei Distanz von 30 km)

2) Axhausen et al. (2019, in Erscheinung), Abbildung 6 (22 CHF Public AF (PAF) zu 17.5 CHF ÖV bei Distanz von 30 km)

Die Reisezeitkosten für die neuen Verkehrsmittel werden wie folgt begründet:

- Die Zeitkostensätze für PW Level IV/V im Eigenbesitz (Privat Autonomes Fahrzeug (AF)) liegen nahe beim konventionellen ÖV, da die Reisezeit ähnlich wie im ÖV nun genutzt werden kann. Sie dürften geringfügig höher sein als der ÖV, da zumindest auf längeren Reisen mit dem Zug der Komfort (Bewegungsmöglichkeit, Bordrestaurant etc.) höher ist und zudem die Zeit im PW aufgrund der Fahreigenschaften nicht gleich gut wie im Zug genutzt werden kann.

- Die Zeitkostensätze für PW Level IV/V im Eigenbesitz (Privat AF) sind niedriger als die Zeitkostensätze im Robotaxi (Driverless Taxi), da bei Eigenbesitz das Fahrzeug jederzeit verfügbar und keine Reservationszeiten anfallen.
- Die Zeitkostensätze für ÖIV Level V / Robovans dürften aufgrund der unbekanntenen Mitfahrenden höher als beim RoboTaxi sein. Da auch die Möglichkeiten zur Nutzung der Reisezeit beim Fahren mit geteilten Vans beschränkt sein dürfte, liegen die Zeitkostensätze eher beim konventionellen PW.

Die Quellen, die zugrunde gelegte Empirie und die Herleitung der Zeitkostensätze sind im Anhang II beschrieben.

4.6 Güterverkehr: Konkretisierung Inputgrößen zur Umsetzung der Szenarien im Wirkungsnetz

Vorbemerkung

Für die Wechselwirkungen Raum und Verkehr im Jahr 2060 sind wesentliche Stellschrauben bzw. Inputgrößen die Annahmen

- zur Verfügbarkeit von Transportmitteln respektive Angeboten und
- zur Veränderung der Transportpreise für die Nutzung der Verkehrsmittel respektive der Angebote.

Im Folgenden werden wesentliche Annahmen zum Verständnis der Ergebnisse aufgezeigt. Für das Jahr 2060 werden zusätzlich zu den heutigen Transportmitteln noch die folgenden neuen Transportmittel betrachtet:

- Cargo Sous Terrain: CST ist ein eigenständiges System von normierten und kontinuierlich beförderten Transportmitteln für den Transport von 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
- Drohnen / Volocopter: Drohne ist die umgangssprachliche Bezeichnung für (bestimmte) unbemannte Luftfahrzeuge (Unmanned Aircraft, UA). Drohnen existieren in verschiedenen Erscheinungsformen; eine allgemein gültige Klassifizierung von Drohnen gibt es allerdings nicht. Volocopter sind Hubschrauber-Konzepte für elektrisch angetriebene Multikopter, die als autonome Lufttaxis auch für den Transport von Gütern eingesetzt werden könnten.

Die vollständige Dokumentation der Annahmen mit ihren Grundlagen entsprechend der Abstimmung mit der Begleitkommission sind im Anhang II dokumentiert. Die Annahmen sind mit der Paketleitung abgestimmt und sind zum Teil von dieser zur Verfügung gestellt worden.

Einflussfaktoren

Im Folgenden werden generelle Überlegungen insbesondere der Paketleitung zur Entwicklung von Einflussgrößen dokumentiert, die anschliessend in Annahmen für das Wirkungsnetz münden:

- Für die Bearbeitung wird im Wirkungsnetz auf die «Aggregierte Methode Güterverkehr» zurückgegriffen. Darin enthalten sind auch Prognosen für das Jahr 2060. Diese werden hier zunächst mit ihren Annahmen im Referenzszenario übernommen.
- Automatisierungsgrad Fahrzeuge:
 - Strasse: Setzt erst bei Level V signifikant ein. Deshalb ist es auch sinnvoll, die Ausstattungsgrade auf Level V zu beschränken. Platooning ist bereits bei Level IV möglich, allerdings mit Level V nicht mehr notwendig. Die Kosteneinspareffekte werden in den Szenarien aggregiert. Zu beachten ist:

- nicht in allen Segmenten wird der Fahrer ersatzlos gestrichen, da es bspw. im Verteilerverkehr weiterhin manuelle Tätigkeiten braucht.
- Schiene: Zu unterscheiden ist zwischen automatisierten Schienenfahrzeugen (Wegfall Lokführer- und anderer Personalkosten), automatisiertem Umschlag (grösster Effekt) und automatisierten Strassenfahrzeugen (Wegfall Chauffeurkosten im KV-Vor- und Nachlauf). Die Effekte werden aggregiert.
 - Infrastruktur: Die Effizienzsteigerungen wirken sich vor allem auf die Kapazität aus. Der Einspareffekt ist aber mit Ausrüstungsinvestitionen verbunden. Die Frage ist, wieviel da auf die Strassensteuern (Km-Abgaben) bzw. auf die Trassenpreise überwältigt wird. Es ist aber anzunehmen, dass in den Automatisierungsszenarien 2 und 3 (Revolution individuell und Revolution kollektiv) die Infrastrukturproduktivität steigt.
 - Energie: Einerseits ist anzunehmen, dass die Energieproduktivität steigt, gleichzeitig aber auch höhere Kosten für die Bereitstellung alternativer Energieträger entstehen.
 - Prozesse-Organisation: Im Transportbereich selbst sind Fahrten- und Auslastungsoptimierungsprozesse in der Lage, die Transportpreise zu senken. Im Schienenverkehr kommen automatisierte Rangierprozesse und Umladeprozesse (KV) dazu. Im Logistikbereich erhöhen verbesserte Logistikprozesse (Plattformen, Predictive Logistics, verbesserte Vernetzung, 3-D Drucker etc.) die Logistik-Produktivität.
 - Policy: Vor allem im Szenario 3 besteht die Absicht, die Produktivitätssteigerungen abzuschöpfen, um erwünschte Wirkungen (Auslastungssteigerung, Verlagerung, keine Rebound-Effekte) zu erzeugen. Aufgrund der Datengrundlage AMG sind hier bereits regulatorische Eingriffe (Anlastung höherer Infrastrukturkosten, Weitere Internalisierung externer Kosten) in den Kostenentwicklungen berücksichtigt.
 - Güterstruktur: Neue Technologien wie z.B. additive Fertigung (3 D-Druck) und die Automatisierung ermöglichen erhebliche Veränderungen in den Logistikprozessen insbesondere auch auf der letzten Meile. Die entsprechenden Logiken werden in den quantitativen Ergebnissen nicht berücksichtigt.

Verfügbarkeit Transportmittel und Durchdringungsraten einzelner Angebote

Die folgenden Annahmen werden den Berechnungen zugrunde gelegt:

Tab. 50 Durchdringungsraten und Automatisierungsgrad Level V und Züge ohne Lokführer

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

Potenziale zur Reduktion der Transportpreise in den Szenarien

Die Nachfrage nach neuen Technologien (z.B. Volocopter oder Cargo-Sous-Terrain) werden in den jeweiligen Szenarien ausserhalb des AMG abgebildet. Dies erfolgt auf Basis

von Literatur und Expertenschätzungen. Im Folgenden werden nur die im AMG abgebildeten Transportmittel betrachtet.

Potenziale zur Veränderung der Transportpreise ergeben sich zum einen aus der Automatisierung der Fahrzeuge und zum anderen aus weiteren Effekten wie Veränderungen der Prozesseffizienz oder von Regulierungen. Zudem beinhaltet das AMG Annahmen zu den Preisentwicklungen bis 2060, die hier in allen Szenarien gleich zugrunde gelegt werden (Anlastung höherer Infrastrukturkosten, Weitere Internalisierung externer Kosten). Die einzelnen Annahmen sind im Anhang II dokumentiert. Die folgende Tabelle zeigt zusammenfassend die verwendeten Transportpreise je Nettotonnenkilometer und je Transportmittel.

Tab. 51 Kosten je NNettotonnenkilometer 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%)
Grundlage: vgl. Anhang II				

Durch die Überlagerung der technologischen Entwicklung mit den Veränderungen der Transportkosten je NNettotonnenkilometer gem. AMG ergibt sich folgendes Bild:

- WLV und UKV: Gemäss AMG steigen die Transportkosten im WLV aufgrund regulatorischer und allgemeiner Preiseerwartungen. In S1 und S2 bedeutet dies für den WLV, dass die technologischen Veränderungen nicht zu einer Kompensation dieser Kostenerhöhungen führen. Im UKV kommt es zu geringfügigen Kostensenkungen. In S3 wird davon ausgegangen, dass Automatisierung und Smart Rail 4.0 erhebliche Kostenreduktionen bewirken (in Übereinstimmung mit den Annahmen zum Forschungspaket «Automatisiertes Fahren» des ASTRA).
- SNF: In S1 und S3 führt die Automatisierung dazu, die Erhöhungen der Kosten gemäss AMG durch die technologischen Effekte etwas überkompensiert werden. In S2 werden erhebliche zusätzliche Kostenreduktionspotentials aufgrund erhöhter Infrastruktureffizienz unterstellt.
- LI: In S1 und S3 kann die Automatisierung die Erhöhungen der Kosten gemäss AMG nicht kompensieren. Die Kosten steigen. In S2 werden erhebliche zusätzliche Kostenreduktionspotentials aufgrund erhöhter Infrastruktureffizienz unterstellt

5 Wechselwirkungen Verkehr und Raum 2060 in den Szenarien

5.1 Anwendung Wirkungsnetz: Annahmen und Abgrenzungen

In Kapitel 3.1 wurden die Annahmen für die Anwendung des Wirkungsnetzes vorgestellt. In den nachfolgenden Kapiteln werden Zwischenergebnisse und Ergebnisse zu den Wechselwirkungen Raum und Verkehr im Vergleich zwischen den Szenarien erläutert. Für Verständnis und Interpretation der Ergebnisse sollen hier aber nochmals im Wirkungsnetz unterstellte Annahmen transparent dargelegt werden.

Flughöhe der Modellierung (vgl. auch Kapitel 3.1.5)

Das vorgestellte Wirkungsnetz bildet die Zusammenhänge zwischen Raum und Verkehr auf einer sehr hohen Flughöhe ab. So erfolgt z.B. keine Betrachtung von Zielwahl, Routenwahl, Besetzungsgraden oder Fahrzeugkilometern.

Es werden keine Quelle-Ziel-Beziehungen abgebildet. Das Verkehrsaufkommen und die Verkehrsleistung eines Raumtyps umfasst immer die gesamte Mobilität der Bewohnern des Raumtyps ohne Information dazu, wo diese stattfindet. Pendelt beispielsweise eine Bewohnerin des Raumtyps «Agglomerationsgemeinden» zum Arbeiten in den Raumtyp «Kernstädte» und geht dort Einkäufen werden dennoch alle Wege dem Raumtyp «Agglomerationsgemeinden» zugeordnet.

Es erfolgt keine Modellierung eines Gleichgewichtszustandes. Das Wirkungsnetz verwendet die Inputs zu Bevölkerungsstruktur, räumlicher Verteilung und Verkehrsverhalten basierend auf den Szenarioannahmen und ermittelt daraus ein Ergebnis. Es erfolgt jedoch keine Rückkoppelung zu den gesetzten Inputs (mit Ausnahme der verhaltenshomogenen Gruppen unter Berücksichtigung der veränderten Wohnortwahl). Dies entspricht dem im Kapitel 1 und 2 formulierten Anliegen für die Untersuchung.

Raumabgrenzungen

In diesem Projekt werden Wohn- und Standortwahl unterschieden nach drei Regionstypen schweizweit betrachtet. Verschiedene Themen wie z.B. E-Bike Thematik im Nahbereich und damit verbundene Fragestellungen wie Raumbedarf für Parkierung und im Fahren werden in anderen Teilprojekten (insb. Transitec-Eckhaus-Ecoplan (2020)) behandelt.

Bevölkerung und ihr Verhalten

Die festgelegten Bevölkerungsgruppen mit ihren beschriebenen Verhaltensweisen bezüglich ihrer Verkehrs- und Raumpräferenzen bleiben wie in Kapitel 4.2 angenommen und abgestimmt auch im Jahr 2060 bestehen. Was sich hingegen verändert, sind ihre Anteile an der Gesamtbevölkerung. Um neue Verhaltensweisen zu berücksichtigen, werden zwei neu VHG eingeführt (siehe Kapitel 4.2).

Verkehrsverhalten: Verkehrsökonomische Wirkungsermittlungen

Die Wirkungseinschätzungen basieren auf dem Konzept der generalisierten Kosten und sind damit eine verkehrsökonomische Einschätzung. Dazu gehört auch, dass Kostensenkungen wieder in längere Fahrten reinvestiert werden. Dies, um die mit der Fahrt verbundenen Aktivitäten an (noch) attraktiveren Orten durchzuführen. Der Ansatz lässt somit ausser Acht, dass die Personen die Einsparungen auch anderweitig reinvestieren könnten.

Ein Indiz, dass die hier unterstellte «Reinvestitionsthese» nicht implausibel ist zeigt der Mikrozensus Verkehr. Demnach nahm die Distanz pro Person von 1994 auf 2015 um 18% zu. Inwieweit hier auch die Bevölkerungsstruktur, das Einkommen oder die Angebote

hineinspielen ist so nicht offensichtlich. Es zeigt aber, dass es erhebliche Zunahmen gegeben hat.

Verbreitung und Wirtschaftlichkeit neuer Verkehrsangebote

Für den Personen- und Güterverkehr werden neue Angebote mit entsprechenden Kosten und Marktdurchdringungen entsprechend den Annahmen unterstellt und im Wirkungsnetz abgebildet. Hier wird nicht untersucht, ob diese Angebote zu den unterstellten Preisen eigenwirtschaftlich von Unternehmen angeboten werden können oder ob diese bspw. vom Staat abgegolten werden, oder ob Unternehmen die Möglichkeit haben, die Kostensenkungen nicht an die Nachfrager weiterzugeben.

Verkehrs- und Transportleistungen

In dieser Untersuchung werden die Verkehrs- und Transportleistungen in den Dimensionen «Personenkilometer» und «Nettotonnenkilometer» betrachtet. Wie sich die Fahrleistungen der Fahrzeuge u.B. Besetzungsgrade der Fahrzeuge und evtl. Leerfahrten entwickeln und welcher Infrastrukturbedarf daraus erfolgt, ist nicht Gegenstand dieser Untersuchung.

Kapazitäten im Verkehr

Entsprechend den Annahmen zu den Szenarien wird davon ausgegangen, dass die Kapazitäten der Infrastrukturen und Angebote entsprechend den Szenariodefinitionen auch bereitgestellt werden. Kapazitätsrestriktionen werden somit im Wirkungsnetz nicht berücksichtigt.

5.2 Personenverkehr und Wohnen

5.2.1 Übersicht

Zur Nachvollziehbarkeit der Ergebnisse, zur Darlegung der spezifischen Wirkungen einzelner Annahmen und für die bessere Interpretation der Ergebnisse wird die Anwendung des Wirkungsnetzes für das Jahr 2060 sukzessive in Teilschritten erläutert. Damit werden auch die Wechselwirkungen zwischen Raum und Verkehr sichtbar gemacht. Die folgende Abbildung zeigt die Vorgehensweise in der Übersicht.

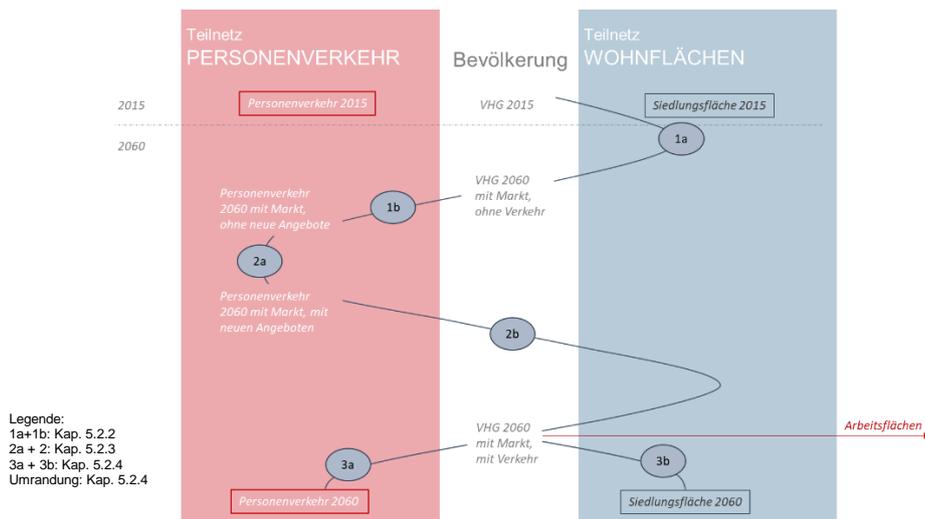


Abb.14 Anwendung Wirkungsnetze „Personenverkehr“ und „Wohnflächen“ in Teilschritten

Ausgehend von der Bevölkerung, dem Personenverkehr und den Wohnflächen in 2015 werden die folgenden Schritte mit den jeweiligen (Zwischen-) Ergebnissen durchlaufen:

- **Schritt 1: Zwischenergebnis Wirkung Bevölkerung 2060 auf Raum und Verkehr**
In diesem Schritt wird die Bevölkerung 2060 im Raum verteilt und die Auswirkungen auf den Verkehr (mit Angebot 2015) ermittelt:

- 1a: In einem Schritt wird die Bevölkerung 2060 differenziert nach verhaltenshomogenen Gruppen (VHG 2060) unter Berücksichtigung des Siedlungsflächenangebotes und des Wohnflächenmarkt-Mechanismus im Wirkungsnetz auf die drei Raumtypen verteilt. Dabei werden noch keine technologischen Veränderungen oder neuen Angebote im Verkehr berücksichtigt (Verkehrsangebot 2015).
- 1b: Für die Bevölkerung 2060 mit den zugrunde gelegten VHG und ihrer Verteilung im Raum wird die Verkehrsnachfrage mit dem Verkehrsangebot 2015 im Wirkungsnetz ermittelt. Damit zeigen sich die Auswirkungen von Bevölkerung und deren Verteilung im Raum auf die Verkehrsnachfrage.

Vorgehen und Zwischenergebnisse werden im Kapitel 4.3.2 erläutert.

- **Zwischenergebnis Schritt 2: Wirkung Verkehrsangebot 2060 auf Verkehrsnachfrage und Raum:** In diesem Schritt werden die Auswirkungen der Technologien und neuen Angebote im Verkehr auf die Verkehrsnachfrage und die Verteilung der Bevölkerung im Raum dargestellt:

- 2a: Dieser Schritt zeigt die Auswirkung der neuen Verkehrsangebote auf die Verkehrsnachfrage bei gleichbleibender Bevölkerungsverteilung. Daraus ergeben sich neue generalisierte Kosten.
- 2b: Hier zeigt sich die Auswirkungen des Verkehrs auf den Raum, indem aufgrund veränderter generalisierter Kosten eine Verschiebung der Bevölkerung im Raum unter Berücksichtigung des Wohnflächenmarkt-Mechanismus erfolgt.

Vorgehen und Zwischenergebnisse werden im Kapitel 4.3.3 erläutert.

- **Ergebnisse Schritt 3:**

- **3a: Resultierende Verkehrsnachfrage:** Mit den in Schritt 2b neu ermittelten Verteilung der Bevölkerung im Raum wird nun nochmals die Veränderung der Verkehrsnachfrage entsprechend der Verlagerung der Wohnstandorte mit den je VHG spezifischen Verkehrsverhalten in dem jeweiligen Raumtyp ermittelt.
- **3b: Resultierende Siedlungsfläche:** Hier werden die resultierende Siedlungsfläche entsprechend Ergebnis 2b dargestellt.

Vorgehen und Zwischenergebnisse werden im Kapitel 4.3.4 erläutert.

5.2.2 Zwischenergebnis Schritt 1: Wirkung Bevölkerung 2060 auf Raum und Verkehr

Schritt 1a) Bevölkerung VHG 2060 nach Wohnflächenmarkt und mit Verkehrsangebot 2015

Insgesamt steigt die absolute Anzahl der Bevölkerung (ab 6 Jahren) gemäss dem Referenzszenario BFS in allen drei Szenarien bis 2060 um 27 % auf 9.94 Mio. Personen an. Die Raumtyppräferenz der einzelnen VHG bleiben zwar konstant. Aus der unterschiedlichen Zusammensetzung der Bevölkerung (VHG, siehe Kapitel 4.2) und deren Raumtyppräferenzen resultiert jedoch je nach Szenario eine unterschiedliche Verteilung der Bevölkerung auf die drei Raumtypen.

Sichtbar wird eine verstärkte Präferenz für Kernstädte. Die Anteile an urban geprägten Bevölkerungsgruppen nimmt über alle Szenarien hinweg zu, wenn auch in unterschiedlichem Ausmass. So nimmt die Bevölkerung mit Präferenz für die Kernstädte je nach Szenario zwischen 33 % und 49 % zu, jene in den Agglomerationsgemeinden zwischen 16% und 24% und jene der ländlichen Gemeinden zwischen 21% und 25%. Die folgende Tabelle zeigt je Szenario die Verteilung Bevölkerung 2060 auf die Raumtypen entsprechend der Präferenzen der verhaltenshomogenen Gruppen. Wohnflächenangebot und Raumattraktivität sind hier noch nicht berücksichtigt.

Tab. 52 Bevölkerung 2060 in Mio. und ihre präferierte Verteilung auf die Raumtypen vor Berücksichtigung des Wohnflächenmarktes (Zunahme ggü. 2015)
– ohne Berücksichtigung Wohnflächenangebot und Raumattraktivität -

	Kernstädte		Agglomerations- gemeinden		Ländliche Gemeinde		Total	
S1	3.01	(+33.1%)	4.22	(+24.1%)	2.71	(+25.5%)	9.94	(+27.1%)
S2	3.12	(+38.0%)	4.20	(+23.5%)	2.62	(+21.4%)	9.94	(+27.1%)
S3	3.37	(+48.9%)	3.96	(+16.4%)	2.62	(+21.2%)	9.94	(+27.1%)

Die Raumplanung erhöht mit der Ausweisung von neuen Siedlungsflächen und einer Erhöhung der Dichten das potenzielle Bruttowohnflächenangebot. Je nach Szenario variiert die Veränderung des Angebots: In Szenario 1 «Evolution ohne Disruption» ist mit einer durchschnittlichen Erhöhung der Dichten und Flächen eine Fortschreibung der bisherigen Raumplanungspraxis abgebildet. In Szenario 2 «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» ist eine nicht-restriktive Raumplanung und in Szenario 3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» eine restriktive Raumplanung abgebildet (vgl. Kapitel 4.4). In Szenario 3 ist dabei unterstellt, dass in allen Typen keine neuen Flächen ausgeschieden werden. Deshalb widerspiegelt die Tabelle für S3 ausschliesslich die Erhöhung der Dichten, noch ohne die Attraktivität der Räume zu berücksichtigen. Daraus entsteht für 2060 folgendes sich nach Szenarien unterscheidendes Bruttogeschossflächenangebot für Wohnen.

Tab. 53 Ergebnistabelle Bruttogeschossflächenangebot für Wohnen in Mio. m², nach Szenarien (Veränderung ggü. 2015)
– ohne Berücksichtigung Wohnflächennachfrage und Raumattraktivität -

	Kernstädte		Agglomerations- gemeinden		Ländliche Gemeinde		Total	
S1	118.9	(+21%)	197.4	(+21%)	125.6	(+21%)	441.9	(+21%)
S2	123.8	(+26%)	214.1	(+31%)	136.3	(+31%)	474.2	(+30%)
S3	117.9	(+20%)	187.6	(+15%)	119.4	(+15%)	424.9	(+18%)

Neben dem Wohnflächenangebot beeinflusst die generelle Veränderung der Raumattraktivität (vgl. Tab. 35) die Wohnflächennachfrage der Bevölkerung. Ein Teil der Bevölkerung verschiebt sich, entgegen ihrer ursprünglichen Präferenz, in attraktiver werdende Räume. Für diese neue Bevölkerungsverteilung wird ein VHG- und raumtypenspezifischer Wohnflächenverbrauch angenommen, auf dessen Grundlage eine summierte Nachfrage je Raumtyp nach m² Wohnfläche (N) berechnet wird.

Wird Angebot und Nachfrage im Raum gegenübergestellt, spricht man von der Auslastung des Wohnflächenangebotes. Eine 100-prozentige Auslastung bedeutet, dass das Angebot die Nachfrage zu befriedigen vermag. Eine über 100prozentige Auslastung – auch Nachfrageüberhang genannt – entsteht, wenn die Nachfrage das Angebot übersteigt.

In allen Szenarien reicht die Erhöhung des Angebots in den Kernstädten nicht aus, um die Nachfrage zu decken. Entsprechend resultiert in den Kernstädten ein Nachfrageüberhang. In Szenario 3 resultiert zudem auch in den Agglomerationsgemeinden ein geringfügiger Nachfrageüberhang (vgl. Tab. 44).

Tab. 54 Wohnflächenangebot und -nachfrage in Mio. m² sowie Auslastung in % vor Wohnflächenmarkt – ohne Raumattraktivität -

	Kernstädte			Agglomerationsgemeinden			Ländliche Gemeinde		
	A	N	Auslastung	A	N	Auslastung	A	N	Auslastung
S1	118.9	130.0	109%	197.4	193.7	98%	125.6	123.8	99%
S2	123.8	130.7	106%	214.1	195.8	91%	136.3	127.3	93%
S3	117.9	152.0	129%	187.6	189.8	101%	119.4	103.4	87%

Der Nachfrageüberhang wird im Wohnflächenmarkt beseitigt. Dabei wird der folgende Mechanismus angewendet: Ein Nachfrageüberhang wird durch eine Erhöhung des Angebots und eine Reduktion der individuellen Flächennachfrage resp. durch Wegzug in andere Raumtypen reduziert. Dabei werden 50 % der fehlenden Flächen zusätzlich bereitgestellt. Wie in Kapitel 3.3.2 beschrieben, spielen für die Nachfragereduktion die Raumtyppräferenz und Einkommen der VHG eine bedeutende Rolle: VHG mit tiefen Einkommen agieren demnach schneller, indem sie, wenn eine hohe Raumtyppräferenz aufweisend, ihre Flächenansprüche reduzieren oder aber wegziehen, wenn sie eine tiefe Raumtyppräferenz aufweisen.

Nach Anwendung des Wohnflächenmarkt-Mechanismus resultiert eine 100-prozentige Auslastung der Wohnflächen in den Kernstädten. Es wohnen also im Vergleich zur Bevölkerungsverteilung vor Wohnflächenmarkt (vgl. Tab. 42) weniger Menschen in den Kernstädten als es sich wünschen würden. Die Bevölkerung 2060 und ihre Verteilung nach Wohnflächenmarkt ist in Tab. 45 zusammengefasst. Die Prozente in Klammern zeigen den Bevölkerungszuwachs ggü. 2015:

Tab. 55 Bevölkerung 2060 in Mio. und ihre Verteilung nach Mechanismus Wohnflächenmarkt (Wachstum ggü. 2015)

	Kernstädte		Agglomerationsgemeinden		Ländliche Gemeinde		Total	
S1	2.95	(+30.4%)	4.26	(+25.3%)	2.73	(+26.6%)	9.94	(+27.1%)
S2	2.94	(+30.2%)	4.23	(+24.4%)	2.76	(+28.1%)	9.94	(+27.1%)
S3	3.30	(+46.1%)	4.31	(+26.6%)	2.33	(+8.1%)	9.94	(+27.1%)

Tab. 45 zeigt das Resultat von Schritt 1a, die Verteilung der Bevölkerung 2060 auf die Raumtypen. Dies noch ohne Berücksichtigung eines veränderten Verkehrsangebotes. In allen drei Szenarien ist ein überdurchschnittliches Bevölkerungswachstum in den Städten zu beobachten. Auch kann in allen drei Szenarien die Wohnflächennachfrage in den Städten nicht vollständig gedeckt werden, was zu einer Verschiebung von Bevölkerung in die beiden übrigen Raumtypen führt.

Bei S3 handelt es sich um das deutlich «urbanste» Szenario, mit einer Bevölkerungszunahme in den Städten um 46%. Dies resultiert aus der Zusammensetzung der Bevölkerung mit einem hohen Anteil stadtaffiner-Bevölkerungsgruppen, noch verstärkt durch eine Erhöhung der generellen Attraktivität städtischer Räume. Die Nachfrage in den Agglomerationsgemeinden fällt am zweithöchsten aus, was auf die starke Attraktivitätszunahme dieser Räume zurückzuführen ist, nicht aber auf die ursprünglichen Präferenzen der VHG. Während die Agglomerationsgemeinden durchschnittlich wachsen, verlieren die ländlichen Gemeinden in diesem Szenario mit einem Wachstum von 8% markant an Gewicht.

In Szenario 2 findet sich ebenfalls ein hoher Anteil an VHG mit Präferenz für die Städte. Eine generelle Attraktivitätserhöhung der ländlichen Räume wirkt diesem Trend jedoch entgegen. Szenario 2 weist deshalb in den ländlichen Gemeinden von allen Szenarien das

höchste Bevölkerungswachstum auf. Daraus resultiert, dass sich S1 und S2 letztlich in der räumlichen Verteilung nur geringfügig unterscheiden.

Schritt 1b) Personenverkehr 2015 und 2060 ohne neue Verkehrsangebote

Für die Bevölkerung 2060 gemäss Tab. 45 wird die Verkehrsnachfrage 2060 ohne neue Technologien und Verkehrsangebote ermittelt.

Bei der Ermittlung des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung wurden für die bereits im Jahr 2015 bekannten VHG die Mobilitätsraten, die Anteile Verkehrsmittel nach Anzahl Wege und die mittlere Weglänge je zurückgelegten Weg übernommen. Für die neuen VHG werden die entsprechenden Kennwerte von einer ähnlichen Gruppe angesetzt. In Anlehnung an die Verkehrsperspektiven 2040 wurden zusätzlich die Mobilitätsraten der 18-24-jährigen sowie der über 65-jährigen erhöht.

Das **Verkehrsaufkommen** nimmt von 2015 mit 9'747 Mio. Fahrten pro Jahr auf 2060 mit 12'092 (S1) resp. 12'028 (S2) resp. 12'166 (S3) Mio. Fahrten pro Jahr um ca. 23-25% zu. Nachfolgende Tabellen zeigen das Verkehrsaufkommen und den Modal-Split bezogen auf das Verkehrsaufkommen.

Tab. 56 Verkehrsaufkommen in Mio. Fahrten/a und ihre Verteilung nach Wohnflächenmarkt-Mechanismus mit Verkehrsangebot 2015 (Zunahme ggü. 2015)

	Kernstädte		Agglomerations- gemeinden		Ländliche Gemeinde		Total
2015	2852		4201		2694		9747
S1	3688 (+29%)		5105 (+22%)		3298 (+22%)		12092 (+24%)
S2	3662 (+28%)		5048 (+20%)		3318 (+23%)		12028 (+23%)
S3	4185 (+47%)		5146 (+22%)		2835 (+5%)		12166 (+25%)

Die Zunahme des Verkehrsaufkommens ist leicht unterproportional zur Einwohnerentwicklung mit rund 27%. Dies ist auf die Verschiebungen der Anteile der VHG zurückzuführen. So weisen z.B. die Senioren, die überproportional von 2015 auf 2060 zunehmen, tiefere Mobilitätsraten als die anderen VHG auf. Bezogen auf das Total sind die Unterschiede zwischen den Szenarien gering. Unterschiede ergeben sich aber durch die unterschiedliche Verteilung der Bevölkerung im Raum. Bezogen auf die Räume weisen S1 und S2 ähnliche Zunahmen auf (entsprechend der ähnlichen Bevölkerungsverteilung) und S3 als urbanstes Szenario die höchste Zunahme in den Kernstädten und die geringste Zunahme auf dem Land: dies entspricht der höchsten Urbanität.

Die Modal-Split Anteile sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tab. 57 Modal-Split bezogen auf Verkehrsaufkommen nach Wohnflächenmarkt mit Verkehrsangebot 2015 [%]

– Allein demographischer Effekt 2060 und Wohnortverteilung berücksichtigt. –

	PW konventionell	ÖV Schiene	ÖV Strasse	Fuss und Velo
2015	52.1	5.0	7.5	35.3
S1	53.1	4.5	6.8	35.6
S2	51.0	5.0	7.5	36.5
S3	50.6	5.0	7.5	36.9

Die Verschiebungen gegenüber 2015 sind gering. Die Verschiebungen sind auf unterschiedliche Anteile der VHG zurückzuführen. S3 als urbanstes Szenario weist den höchsten Anteil Fuss und Velo und den geringsten Anteil PW aus. Bei der Interpretation dieser Zwischenberechnung ist zu berücksichtigen, dass konsequent für die neuen VHG das Verkehrsverhalten einer bisherigen VHG übernommen worden ist, die ein ähnliches Aufkommensverhalten haben. Für den Arbeitsnomaden wurde dementsprechend das Verkehrsverhalten des Karrieretypen unterstellt. Die unterschiedliche Präferenz individuell/kollektiv wird erst im Zusammenhang mit den neuen Verkehrsmitteln berücksichtigt.

Die **Verkehrsleistung** und der Modal-Split bezogen auf die Verkehrsleistung können den nachfolgenden Tabellen entnommen werden.

Tab. 58 Verkehrsleistung in Mia. Pkm/a und ihre Verteilung nach Wohnflächenmarkt-Mechanismus mit Verkehrsangebot 2015 (Zunahme ggü. 2015)

	Kernstädte		Agglomerations-gemeinden		Ländliche Gemeinde		Total	
2015	27.7		43.5		31.8		103.0	
S1	36.2	(+31%)	51.2	(+18%)	37.9	(+19%)	125.4	(+22%)
S2	35.5	(+29%)	51.4	(+18%)	38.3	(+20%)	125.2	(+22%)
S3	41.4	(+50%)	51.4	(+18%)	32.5	(+2%)	125.3	(+22%)

Die Zunahme von ca. 22% ist unterproportional zur Einwohnerentwicklung mit rund 27% und auch unterproportional zur Aufkommensentwicklung mit ca. 23-25%. Dies ist auf die Verschiebungen der Anteile der VHG zurückzuführen. So weisen z.B. die Senioren, die überproportional von 2015 auf 2060 zunehmen, tiefere Verkehrsleistungen pro Person als die anderen VHG auf. Bezogen auf das Total sind auch hier Unterschiede zwischen den Szenarien gering

Bezogen auf die Räume weisen S1 und S2 ähnliche Zunahmen auf. S3 als urbanstes Szenario die höchste Zunahme in den Kernstädten und die geringste Zunahme auf dem Land. Die überproportionale Zunahme in der Stadt ergibt sich mit dem grossen Anteil an hochmobilen Personen in diesem Raumtyp.

Die folgende Tabelle zeigt den Modal-Split für die Bevölkerung 2060 bei ansonsten gleichen Verkehrsangebot wie 2015. Sie zeigt ausschliesslich den demographischen Effekt. Weitere Annahmen wie Preisveränderungen oder neue Angebote etc. sind hier nicht berücksichtigt.

Tab. 59 Modal-Split bezogen auf Verkehrsleistung nach Wohnflächenmarkt mit Verkehrsangebot 2015 [%]

– Allein demographischer Effekt 2060 und Wohnortverteilung berücksichtigt. –

	PW konventionell	ÖV Schiene	ÖV Strasse	Fuss und Velo
2015	67.5	20.3	4.5	7.7
S1	69.5	18.5	4.1	7.9
S2	66.6	20.8	4.6	8.1
S3	66.8	20.5	4.5	8.2

Es ergibt sich aus der Bevölkerungsentwicklung ein Wachstum der Verkehrsnachfrage. Der Verkehr wächst dabei in allen drei Szenarien unterproportional zur Bevölkerung. Die

Unterschiede zwischen den Szenarien ergeben sich durch Verschiebungen zwischen den VHG. S3 als urbanstes Szenario weist den höchsten Anteil Fuss und Velo aus.

Exkurs zur Abgrenzung:

Abgebildet ist hier die Nachfrage der in der Schweiz wohnhaften Personen ab 6 Jahren im Inland entsprechend der Abgrenzung des Mikrozensus Verkehr 2015. Die Angaben sind wohnortbasiert, die entsprechende Verkehrsleistung kann auch in anderen Räumen stattfinden.

Die Werte sind somit nicht mit denjenigen der Verkehrsperspektiven 2040 (2010: 115'187 Mio. Perskm/a; Referenzszenario 2040: 144'510 Mio. Perskm/a) vergleichbar, da dort u.a. auch die Nachfrage von im Ausland wohnhaften Personen in der Schweiz enthalten ist. In den Verkehrsperspektiven werden – wie an dieser Stelle auch - keine neuen Technologien (nur 5% erhöhte Kapazitäten infolge Fortschritt) berücksichtigt. Hier werden in weiterer Folge aber neue Technologien und neue Angebote berücksichtigt. Ferner sind hier auch entsprechend den Szenarioannahmen keine regulativen Kostenveränderungen, wie zum Beispiel eine Internalisierung der externen Kosten berücksichtigt.

Bei den Verkehrsperspektiven beträgt die Einwohnerzahl in der Schweiz im Jahr 2010 ca. 7.87 Mio. Personen und im Jahr 2040 ca. 10.044 Mio. Personen entsprechend einer Steigerung von 27.6%. Hier wird im Jahr 2015 von 7.82 Mio. Personen und im Jahr 2060 von 9.94 Mio. Einwohnern in der Schweiz ausgegangen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass hier nur die Personen älter als sechs Jahre berücksichtigt werden.

5.2.3 Zwischenergebnis Schritt 2: Wirkung Verkehrsangebot 2060 auf Verkehrsnachfrage und Raum

Schritt 2a) Verkehr 2060 mit neuen Technologien und Angeboten

Die veränderten Technologien im Verkehr haben entsprechend Kapitel 4.1.5 veränderte Transportkosten zur Folge. Dabei ist hervorzuheben, dass diese Inputs keine neuen regulatorische oder fiskalische Massnahmen berücksichtigen. In allen Szenarien nehmen die generalisierten Reisekosten gegenüber der Referenz ab (vgl. nachfolgende Tabelle). Am deutlichsten ist die Abnahme im Szenario 3. In diesem Szenario sind die Durchdringungsraten von automatischen Fahrzeugen am höchsten. Damit zusammenhängend nehmen die Zeitkosten und Wegkosten für eine Fahrt am meisten ab.

Tab. 60 Verkehrsaufkommensgewichtete Veränderung der generalisierten Kosten über alle Verkehrsmittel, in Prozent (ggü. 2015)

	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinde	Total
S1	-7%	-6%	-5%	-6%
S2	-7%	-6%	-6%	-7%
S3	-12%	-11%	-10%	-11%

In allen Szenarien nehmen die generalisierten Reisekosten gegenüber der Referenz 2015 ab. Am deutlichsten ist die Abnahme im Szenario 3. In diesem Szenario sind die Durchdringungsraten von automatischen Fahrzeugen am höchsten. In Szenario 3 werden vor allem geteilte Fahrzeuge verwendet. Geteilte Fahrzeuge sind günstiger als PW konventionell, weil beim PW konventionell vor dem Hintergrund der langfristigen Betrachtung auch die Kosten des PW-Besitzes berücksichtigt werden. Implizit wird dabei unterstellt, dass der private PW-Besitz zurückgeht. Zudem wird von einer sehr hohen Verfügbarkeit der Transportmittel in allen Räumen ausgegangen. Damit zusammenhängend nehmen die Zeitkosten und Wegkosten für eine Fahrt am meisten ab. Innerhalb eines Szenarios ergeben sich zwischen den Räumen nur vergleichsweise geringe Unterschiede.

Die Reduktion der generalisierten Kosten führt zu einer Steigerung der Verkehrsleistung. Dies aufgrund von Modal-Split-Effekten, Zielwähländerungen und weil Personen neu an automatisiertem Verkehr (besser) teilnehmen können. Dabei wird unterstellt, dass die Reisekosten je Person konstant bleiben und der Effizienzgewinn nicht abgeschöpft respektive andersweitig verwendet wird (vgl. nachfolgende Tabelle).

Tab. 61 Verkehrsleistung in Mrd. Pkm/a und ihre Verteilung mit neuen Angeboten unter Berücksichtigung der Bevölkerung 2060 (Veränderung ggü. 2015)

	Kernstädte		Agglomerations- gemeinden		Ländliche Gemeinde		Total	
2015	-	-	-	-	-	-	103.0	-
S1	38.6	(+40%)	54.1	(+24%)	40.2	(+27%)	133.0	(+29%)
S2	37.9	(+37%)	54.8	(+26%)	41.2	(+30%)	133.9	(+30%)
S3	47.1	(+70%)	59.0	(+36%)	37.4	(+17%)	143.5	(+39%)

Die Abnahme der generalisierten Reisekosten spiegelt sich in der Zunahme der Verkehrsleistung wider. Bezogen auf das Total weisen S1 und S2 ähnliche Zunahmen gegenüber 2015 auf (entsprechend der ähnlichen Abnahme bei den generalisierten Kosten), S3 mit 39% die höchste (entsprechend der grössten Abnahme bei den generalisierten Kosten). Bei den Zunahmen weisen die Effekte folgende Anteile auf:

- Bevölkerungsentwicklung -> +27%-Punkte
- Neue VHG-Verteilung -> - 5%-Punkte
- Neue Verkehrsangebote -> +7% bis + 17%-Punkte

Die Unterschiede zwischen den Räumen ergeben sich insbesondere durch die unterschiedliche Einwohnerzunahme.

Der Modal-Split der neuen Mobilitätswerkzeuge wird auf Basis vorliegender Studien ermittelt. Die Studien zeigen sehr grosse Bandbreiten. Bei den ausgewiesenen Verkehrsleistungen je Verkehrsmittel bezogen auf die Schweiz handelt es sich somit um Grössenordnungen. Der Bezug zwischen Siedlung und Verkehr kann damit aber abgebildet werden. Die neuen Mobilitätswerkzeuge führen zu markanten Änderungen bei den Verkehrsleistungen je Verkehrsmittel und damit auch beim Modal-Split (vgl. folgende Tabelle).

Tab. 62 Verkehrsleistung mit neuen Angeboten in Mrd. Pkm und in ([%])
(Wohnstandorte noch ohne Effekte Verkehr)

	Individuelle Fahrten			Kollektive Fahrten				Fuss und Velo
	PW konventionell	PW Level V	Robotaxi, Carsharing	ÖIV	ÖV Schiene	ÖV Strasse	Hyperloop	
2015	69.6 (67.5%)			25.5 (24.7%)				8.0 (7.7%)
	69.6 (67.5%)	-	-	-	20.9 (20.3%)	4.6 (4.5%)	-	
S1	89.0 (67.0%)			35.2 (26.4%)				8.8 (6.6%)
	35.1 (26.4%)	43.7 (32.8%)	10.2 (7.7%)	10.7 (8.1%)	19.8 (14.9%)	4.7 (3.5%)	-	
S2	93.1 (69.6%)			31.7 (23.7%)				9.0 (6.7%)
	17.9 (13.4%)	59.4 (44.4%)	15.8 (11.8%)	6.8 (5.1%)	20.3 (15.1%)	4.7 (3.5%)	-	
S3	67.2 (46.9%)			65.1 (45.4%)				11.1 (7.7%)
	12.5 (8.7%)	12.5 (8.7%)	42.2 (29.4%)	26.6 (18.6%)	28.3 (19.7%)	6.5 (4.6%)	3.6 (2.5%)	

Diese Zwischenergebnisse werden in Kapitel 5.2.4 und Kapitel 6 erläutert.

2b) Wirkung Verkehr auf den Raum 2060

In Kapitel 5.2.2 wurde die Wirkung der Bevölkerungsentwicklung 2060 auf den Raum betrachtet. Dies mit dem Verkehrsangebot 2015, d.h. ohne neue Technologien. In Schritt 2b wird nun erläutert, wie sich die in Schritt 2a dargelegten neuen Technologien und Angebote im Verkehr auf die Standortwahl der Bevölkerungsverteilung auswirken (vgl. Kapitel 3.3.2). zentraler Einflussfaktor sind dabei die veränderten Transportkosten. In allen Szenarien nehmen die generalisierten Reisekosten gegenüber 2015 ab (vgl. Tab. 50). Eine Reduktion der generalisierten Kosten führt zu einer dispersen Siedlungsentwicklung. Im Vergleich zur Bevölkerungsverteilung ohne Berücksichtigung neuer Verkehrsangebote (vgl. Tab. 45) resultiert nach Wohnflächenmarkt und mit den neuen Verkehrsangeboten eine leichte Verschiebung der Bevölkerung in Richtung Agglomerationsgemeinden und ländliche Gemeinden. Die gewichteten Reisekosten nehmen bei jeder VHG in den Kernstädten am stärksten ab. Weil die VHG sich in den Kernstädten relativ zu den VHG in den zwei anderen Raumtypen am günstigsten fortbewegen, besteht eine minimale Attraktivitätssteigerung der Kernstädte gegenüber den Agglomerationsgemeinden und den ländlichen Gemeinden. Diese Attraktivitätssteigerung wirkt der oben beschriebenen dispersen Raumentwicklung leicht entgegen.

Bei sinkenden generalisierten Kosten können die Wege verlängert werden. Bei Szenario 3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» ist die Abnahme der Reisekosten am höchsten. Entsprechend ergibt sich auch mit einer Abnahme der Bevölkerung um 1.6% in den Kernstädten gegenüber der Berechnung ohne neue Verkehrsangebote die grösste Differenz. In allen drei Szenarien liegen die absoluten wie prozentualen Zuwächse, die sich durch diese Verschiebung aus den Kernstädten ergeben, in den ländlichen Gemeinden über denjenigen der Agglomerationsräume.¹²

¹² Dies stimmt in Veränderungsrichtung und -umfang mit den Ergebnissen von Rotermund (2018) überein. Die Arbeit weist in den Szenarien, die auf der Annahme einer autonomen, geteilten Flotte beruhen, rund 85'000 Personen aus, die sich gegen einen Wohnstandort in städtischen Locations und für einen Wohnstandort in einer

Tab. 63 Einfluss der generalisierten Transportkosten auf die Bevölkerungsverteilung (ggü. Bevölkerungsverteilung ohne neue Verkehrsangebote)

	Kernstädte		Agglomerationsgemeinden		Ländliche Gemeinde	
S1	-33'400	(-1.1%)	14'100	(0.3%)	19'300	(0.7%)
S2	-38'700	(-1.3%)	13'700	(0.3%)	25'000	(0.9%)
S3	-53'600	(-1.6%)	7'200	(0.2%)	46'400	(2.0%)

Der Nachfrageüberhang in den Kernstädten, wie er in Schritt 1a resultierte, wird dadurch leicht reduziert, ist jedoch noch immer vorhanden. Zudem wird in Szenario 3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» der geringfügige Nachfrageüberhang in den Agglomerationsgemeinden noch leicht verstärkt.

Tab. 64 Wohnflächenangebot und -nachfrage in Mio. m² BGF sowie Auslastung in % vor Wohnflächenmarkt und mit neuen Verkehrsangeboten

	Kernstädte			Agglomerationsgemeinden			Ländliche Gemeinde		
	A	N	Auslastung	A	N	Auslastung	A	N	Auslastung
S1	118.9	123.5	104%	197.3	196.1	99%	125.6	125.7	100%
S2	123.8	126.2	102%	214.1	197.6	92%	136.3	129.1	95%
S3	117.9	134.8	114%	187.6	193.7	103%	119.4	108.3	91%

Der Nachfrageüberhang wird wiederum mittels dem in Kap. 5.2.2 beschriebenen Wohnflächenmarkt-Mechanismus behoben. Es resultiert die folgende Bevölkerungsverteilung 2060. In Klammern wird die Veränderung im Vergleich zur Referenz 2015 aufgezeigt.

Tab. 65 Bevölkerung 2060 in Mio. nach Wohnflächenmarkt und mit neuen Verkehrsangeboten (Veränderung ggü. 2015)

	Kernstädte		Agglomerationsgemeinden		Ländliche Gemeinde	
S1	2.91	(+28.9%)	4.27	(+25.7%)	2.75	(+27.5%)
S2	2.90	(+28.5%)	4.25	(+24.8%)	2.79	(+29.3%)
S3	3.25	(+43.7%)	4.31	(+26.8%)	2.38	(+10.2%)

Die Berücksichtigung neuer Verkehrsangebote verändert das Bild der räumlichen Verteilung der Bevölkerung nur geringfügig. Das überproportionale Bevölkerungswachstum in den Städten, und damit auch ein Nachfrageüberhang, bleiben bestehen. In den beiden Szenarien 1 und 2 gleichen sich die Wachstumsraten in den drei Raumtypen weiter an. Szenario 3 bleibt zwar deutlich am urbansten, ist aber auch dasjenige Szenario, in dem die generalisierten Kosten am stärksten sinken. Dies führt dazu, dass sich in diesem Szenario die stärkste verkehrsbedingte Verschiebung der Bevölkerung in die Agglomerationen und insbesondere die ländlichen Räume ergibt. Der

intermediären Location (ca. 26'000 Personen) oder in einer ländlichen Location (ca.60'000 Personen) entscheiden.

Urbanisierungsprozess wird durch die neuen Technologien, unter den gewählten Annahmen, in vergleichsweise geringem Ausmass abgedämpft.

5.2.4 Ergebnisse Schritt 3: Verkehrsnachfrage und Siedlungsfläche

Schritt 3a: Resultierende Verkehrsnachfrage

Die unter 2b erläuterte Verschiebung der Bevölkerung im Raum infolge der neuen Mobilitätswerkzeuge führt dazu, dass sich die entsprechenden Nachfragekennwerte je Raum ändern. Die grössten Verschiebungen resultieren bei S3, die Verkehrsleistung von Bewohnern der Kernstädte reduzieren sich dabei in der Stadt um gut 2% (ggü. Verkehrsleistung mit neuem Angebot).

Tab. 66 Veränderung Verkehrsleistung mit neuer Bevölkerungsverteilung in Mrd. Pkm/a ggü. Verkehrsleistung mit neuem Angebot (Veränderung in %)

	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinde	Summe
S1	-0.5 (-1.2%)	0.2 (0.4%)	0.3 (0.7%)	0.0
S2	-0.5 (-1.4%)	0.2 (0.4%)	0.4 (0.9%)	+0.1
S3	-0.7 (-1.5%)	0.2 (0.3%)	0.6 (1.6%)	+0.1

Die Veränderung der Verkehrsnachfrage infolge der Änderung der Einwohnerverteilung bedingt durch die neuen Verkehrsangebote ist vergleichsweise gering. Die höchsten Veränderungen resultieren in S3 mit der höchsten Veränderung der generalisierten Kosten und der grössten Verschiebung der Einwohner.

Aus den folgenden Tabellen können die Ergebnisse zum Verkehrsaufkommen und zum Modal-Split nach dem gesamtem Modelldurchlauf auszugsweise entnommen werden. Die vollständigen Ergebnistabellen sind im Anhang III dokumentiert. Das Verkehrsaufkommen nimmt dabei von 2015 mit 9'747 Mio. Fahrten pro Jahr auf 2060 mit 12'090 (S1) resp. 12'026 (S2) resp. 12'157 (S3) Mio. Fahrten pro Jahr um ca. 25% zu.

Tab. 67 Verkehrsaufkommen in Mio. Fahrten/a und ihre Verteilung mit neuen Angeboten und veränderter Bevölkerungsverteilung (Zunahme ggü. 2015)

	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinde	Total
2015	2852	4201	2694	9747
S1	3646 (+28%)	5123 (+22%)	3322 (+23%)	12090 (+24%)
S2	3613 (+27%)	5064 (+21%)	3348 (+24%)	12026 (+23%)
S3	4128 (+45%)	5153 (+23%)	2876 (+7%)	12157 (+25%)

Die Veränderungen gegenüber dem Zustand 2060 ohne neue Einwohnerverteilung aufgrund neuer Angebote sind gering. Dies da die Einwohnerverschiebungen durch die neuen Angebote gering ausfallen. Somit gilt das dort genannte Zwischenfazit.

Die Zunahme ist leicht unterproportional zur Einwohnerentwicklung mit rund 27%. Dies ist auf die Verschiebungen der Anteile der VHG zurückzuführen. So weisen z.B. die Senioren, die überproportional von 2015 auf 2060 zunehmen, tiefere Mobilitätsraten als die anderen VHG auf. Bezogen auf das Total sind die Unterschiede zwischen den Szenarien gering. Bezogen auf die Räume weisen S1 und S2 ähnliche Zunahmen auf und S3 als urbanstes

Szenario die höchste Zunahme in den Kernstädten und die geringste Zunahme auf dem Land.

Tab. 68 Modal-Split bezogen auf Verkehrsaufkommen nach allem [%]

	PW konventionell	PW Level V	Robotaxi, Carsharing	ÖIV	ÖV Schiene	ÖV Strasse	Fuss und Velo	Hyperloop
2015	52.1				5.0	7.5	35.3	
S1	21.5	23.8	4.7	8.6	3.9	6.0	31.4	0
S2	10.9	32.8	7.2	6.9	3.8	5.8	32.4	0
S3	7.7	6.8	19.7	14.4	6.4	7.3	37.4	0.3

Das Wachstum in S3 findet vor allem mit Carsharing und ÖIV statt, nicht mit PW, aber auch zu Lasten Fuss- und Veloverkehr. S1 und S2 weisen ähnliche Anteile PW (konventionell und Level V) auf. S1 weist im Vergleich zu S2 höhere Anteile beim ÖIV auf und tiefere beim Robotaxi, Carsharing. Die Anteile ÖV sind bei S1 und S2 ähnlich.

Aus den folgenden Tabellen können die Ergebnisse zur Verkehrsleistung und zum Modal-Split nach dem gesamtem Modelldurchlauf entnommen werden.

Tab. 69 Verkehrsleistung in Mrd. Pkm/a und ihre Verteilung mit neuen Angeboten (Veränderung ggü. 2015)

	Kernstädte		Agglomerationsgemeinden		Ländliche Gemeinde		Total	
2015	27.7		43.5		31.8		103.0	
S1	38.2	(+38%)	54.3	(+25%)	40.5	(+27%)	133.0	(+29%)
S2	37.4	(+35%)	55.0	(+26%)	41.6	(+31%)	133.9	(+30%)
S3	46.4	(+68%)	59.3	(+36%)	38.0	(+19%)	143.6	(+39%)

Die Veränderungen gegenüber dem Zustand vor Verschiebung der Bevölkerung aufgrund verbesserter Verkehrsangebote sind marginal. Dies da die Einwohnerverschiebungen durch die neuen Angebote gering ausfallen. Somit gilt das dort genannte Zwischenfazit: Bezogen auf das Total weisen S1 und S2 ähnliche Zunahmen gegenüber 2015 auf. S3 mit 39% die höchste (entsprechend der grössten Abnahme bei den generalisierten Kosten). Bei den Zunahmen weisen die Effekte folgende Anteile auf:

- Bevölkerungszunahme -> +27%-Punkte
- Neue VHG-Verteilung -> - 5%-Punkte
- Neue Verkehrsangebote -> +7% bis + 17%-Punkte
- Veränderung Wohnortwahl aufgrund neuer Verkehrsangebote und daraus folgende Verkehrswirkungen ->Marginal gegenüber den vorhergenannten Effekten.

Die Zunahmen bei S1 und S2 sind somit sehr ähnlich wie die Einwohnerentwicklung, bei S3 ist sie um rund 10%-Punkte grösser. Die Unterschiede zwischen den Räumen ergeben sich insbesondere durch die unterschiedliche Einwohnerzunahme.

Betrachtet man die spezifischen Verkehrsleistungen pro Person, so nehmen diese von 2015 mit gut 36 km/Tag in S1 und S2 auf 37 km/Tag und in S3 auf 40 km/Tag zu. Diese Zunahme ergibt sich aus der Reduktion der generalisierten Kosten.

Bezüglich der Verkehrsleistungen nach Verkehrsmittel und dem Modal-Splits ergibt sich aus der neuen Verteilung der Bevölkerung keine erkennbaren Veränderungen gegenüber dem Zustand ohne Verteilung der Bevölkerung.

Tab. 70 Verkehrsleistung mit neuen Angeboten in Mrd. Pkm und in ([%])
(mit Berücksichtigung Wohnstandorte nach Effekte Verkehr)

	Individuelle Fahrten			Kollektive Fahrten				Fuss und Velo
	PW konventionell	PW Level V	Robotaxi, Carsharing	ÖIV	ÖV Schiene	ÖV Strasse	Hyperloop	
2015	69.6 (67.5%)			25.5 (24.7%)				8.0 (7.7%)
	69.6 (67.5%)	-	-	-	20.9 (20.3%)	4.6 (4.5%)	-	
S1	89.1 (67.0%)			35.1 (26.4%)				8.8 (6.6%)
	35.2 (26.4%)	43.8 (32.9%)	10.2 (7.7%)	10.7 (8.0%)	19.8 (14.9%)	4.6 (3.5%)	-	
S2	93.2 (69.6%)			31.7 (23.7%)				9.0 (6.7%)
	17.9 (13.4%)	59.5 (44.5%)	15.7 (11.7%)	6.8 (5.1%)	20.3 (15.1%)	4.7 (3.5%)	-	
S3	67.3 (46.9%)			65.1 (45.4%)				11.1 (7.7%)
	12.6 (8.7%)	12.5 (8.7%)	42.2 (29.4%)	26.6 (18.6%)	28.3 (19.7%)	6.5 (4.6%)	3.6 (2.5%)	

Dementsprechend sind auch die Erläuterungen hier analog zu denen von *Tab. 52*.

Das Wachstum in S3 findet entsprechend dem Szenariorahmen «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» vor allem mit Robotaxi/Carsharing und dem ÖIV statt, dies eigentlich ausschliesslich zu Lasten PW im Eigenbesitz. Der klassische ÖV kann in S3 aufgrund Bevölkerungszunahme, der Umsetzung von Smart Rail 4.0 und der 100-prozentigen Automatisierung der Busse ebenfalls die Verkehrsleistung deutlich erhöhen. Damit hält er seine Marktanteile (Modal-Split) im Vergleich zu 2015 in etwa. Der kollektive Verkehr insgesamt hat dank der ÖIV-Angebote ein erhebliches Wachstum zu verzeichnen und damit auch eine erhebliche Steigerung des Modal-Split zu Lasten der individuellen Fahrten: Diese verbleiben absolut auf dem heutigen Niveau, wobei der Grossteil dieser Verkehrsleistungen mit Robotaxi/Carsharing erbracht werden. Auch im Fuss und Veloverkehr steigen die Verkehrsleistungen (trotz neuer flexibler ÖIV-Angebote) aufgrund des Bevölkerungswachstums und verbesserten Bike (-Sharing) Möglichkeiten.

S1 und S2 weisen sehr ähnliche Entwicklungen gegenüber 2015 auf: Die Verkehrsleistungen steigen bei den individuellen Fahrten deutlich an, wobei auch Robotaxi und Carsharing relevante Anteile erzielen. Die Szenarien «S1 Evolution ohne Disruption» und «S2 Revolution der individuellen Mobilitätsservices» weisen ähnliche Grössenordnungen auf, wenn man PW konventionell und PW Level V zusammenzählt. Dies, da die Situation in S1 bereits individuell ausgerichtet ist und dementsprechend die Revolution bzgl. individueller Mobilität sich nicht so gross wie erwartet auswirkt. Die Verkehrsleistungen im kollektiven Verkehr steigen gegenüber 2015, wobei der klassische ÖV auf Schiene und Strasse in etwa die gleichen Verkehrsleistungen wie 2015 erbringt. Der ÖV Schiene und ÖV Strasse wird auch in S2 weiterhin eine Vielzahl von Relationen aufweisen, auf denen die Angebote im Vergleich zu den Alternativen klar besser sind; somit wird er auch bei S2 weiterhin genutzt. Das Wachstum findet aber vor allem im ÖIV statt. Die absolute Zunahme der kollektiven Fahrten basiert fast ausschliesslich auf der Veränderung des Anteils ÖIV: In S1 kann der Anteil kollektiver Fahrten gegenüber 2015 gesteigert werden. Dies aber zu Lasten des klassischen ÖV, für den hier nur geringe Effizienzsteigerungen unterstellt wurden. In S2 sinkt der Anteil kollektiver Fahrten, da hier gegenüber S1 vermehrt Car Sharing verwendet wird. Die neuen attraktiven Angebotsformen sind zudem der Grund für den Rückgang des Anteils Fuss- und Veloverkehr.

In der folgenden Tabelle sind die Modal-Split-Anteile bezogen auf die Verkehrsleistung in den einzelnen Raumtypen ausgewiesen. Entsprechend der Untersuchungsabgrenzung sind dies die Verkehrsleistung der in diesen Raumtypen wohnhaften Personen (und nicht die Verkehrsleistung der Verkehrsnachfrage in diesen Raumtypen). Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden hier individuelle Fahrten, kollektive Fahrten und Fuss- und Veloverkehr ausgewiesen.

Tab. 71 Modal Split mit neuen Angeboten in [%]
(mit Berücksichtigung Wohnstandorte nach Effekte Verkehr)

	2015	S1 2060	S2 2060	S3 2060
Wohnbevölkerung Schweiz (Älter 6 Jahre)				
Individuelle Fahrten (PW konventionell, PW Level V, Robotaxi/Carsharing)	67.5	67.0	69.6	46.9
Kollektive Fahrten (ÖIV, ÖV Schiene, ÖV Strasse, Hyperloop)	24.7	26.4	23.7	45.4
Fuss und Velo	7.7	6.6	6.7	7.7
Wohnbevölkerung Kernstädte (Älter 6 Jahre)				
Individuelle Fahrten (PW konventionell, PW Level V, Robotaxi/Carsharing)	61.4	59.0	64.6	40.3
Kollektive Fahrten (ÖIV, ÖV Schiene, ÖV Strasse, Hyperloop)	29.6	34.2	28.2	51.3
Fuss und Velo	9.1	6.8	7.2	8.4
Wohnbevölkerung Agglomerationsgemeinden (Älter 6 Jahre)				
Individuelle Fahrten (PW konventionell, PW Level V, Robotaxi/Carsharing)	65.6	65.1	67.0	46.2
Kollektive Fahrten (ÖIV, ÖV Schiene, ÖV Strasse, Hyperloop)	26.3	27.7	25.7	45.5
Fuss und Velo	8.1	7.2	7.2	8.2
Wohnbevölkerung Ländliche Gemeinden (Älter 6 Jahre)				
Individuelle Fahrten (PW konventionell, PW Level V, Robotaxi/Carsharing)	75.6	77.1	77.4	56.1
Kollektive Fahrten (ÖIV, ÖV Schiene, ÖV Strasse, Hyperloop)	18.3	17.4	16.9	37.9
Fuss und Velo	6.1	5.6	5.6	6.1

Die oben für die gesamte Schweiz gemachten Aussagen gelten generell auch je Raumtyp. Folgende Punkte zeigen sich hier noch zusätzlich zwischen den Raumtypen:

- Quervergleich Raumtypen je Verkehrsmittel: Für 2015 und alle Szenarien gilt, dass der Anteil der individuellen Fahrten in Kernstädten (61.4% bis 40.3%) am geringsten und in den ländlichen Gemeinden (75.6 bis 56.1%) am höchsten ist. Umgekehrt verhält es sich mit den kollektiven Fahrten sowie dem Fuss- und Veloverkehr: Die kollektiven Fahrten weisen in den Kernstädten 29.6% bis 51.3% Anteil und in ländlichen Gemeinden 18.3% bis 37.9% Anteil auf, beim Fuss- und Veloverkehr sind es in den Kernstädten 6.8% bis 9.1% und in den ländlichen Gemeinden 5.6% bis 6.1%. Dies

- aufgrund der Dichte und der damit verbundenen Nähe möglicher Ziele für die Wegzwecke sowie dem grösseren Angebot im kollektiven Verkehr in den Kernstädten.
- Kernstädte: In S1 kommt es unter anderem aufgrund des ÖIV mit seinem flexibleren Angebot zu einer deutlichen Steigerung des Anteils kollektiver Fahrten. Die Gewinne des kollektiven Verkehrs gehen zu Lasten der individuellen Fahrten und des Fuss- und Veloverkehrs. In S2 legen mit den Robotaxis / Carsharing die individuellen Fahrten zu. Aufgrund des ÖIV können die kollektiven Fahrten ihren Anteil in etwa halten. In S3 werden die Vorteile des kollektiven Verkehrs insb. mit dem ÖIV noch stärker genutzt. So schafft es der kollektive Verkehr zu einem grösseren Marktanteil als die individuellen Fahrten. Beim Fuss- und Veloverkehr sind in S1 und S2 keine attraktivitätserhöhenden Massnahmen unterstellt wurden. Dementsprechend sinken die Marktanteile gegenüber den attraktiveren anderen Verkehrsmitteln. In S3 kann mit den unterstellten Massnahmen der Marktanteil gehalten werden.
 - Agglomerationsgemeinden: Hier gilt prinzipiell das Gleiche wie für die Kernstädte. Allerdings ist aufgrund der disperseren Strukturen und längeren Wege die ÖIV-Wirkung nicht so hoch wie in den Kernstädten. In S3 kann der kollektive Verkehr in etwa den gleichen Anteil wie die individuellen Fahrten erzielen.
 - Ländliche Gemeinden: Die Veränderungen entsprechen an sich denjenigen bei den Agglomerationsgemeinden. Allerdings weisen hier in allen Szenarien die individuellen Fahrten die höchsten Anteile an den Verkehrsleistungen auf.

In den nachfolgenden Abbildungen werden noch ergänzend die Verkehrsleistung je Mobilitätswerkzeug für die Schweiz insgesamt und je Raumtyp dargestellt.

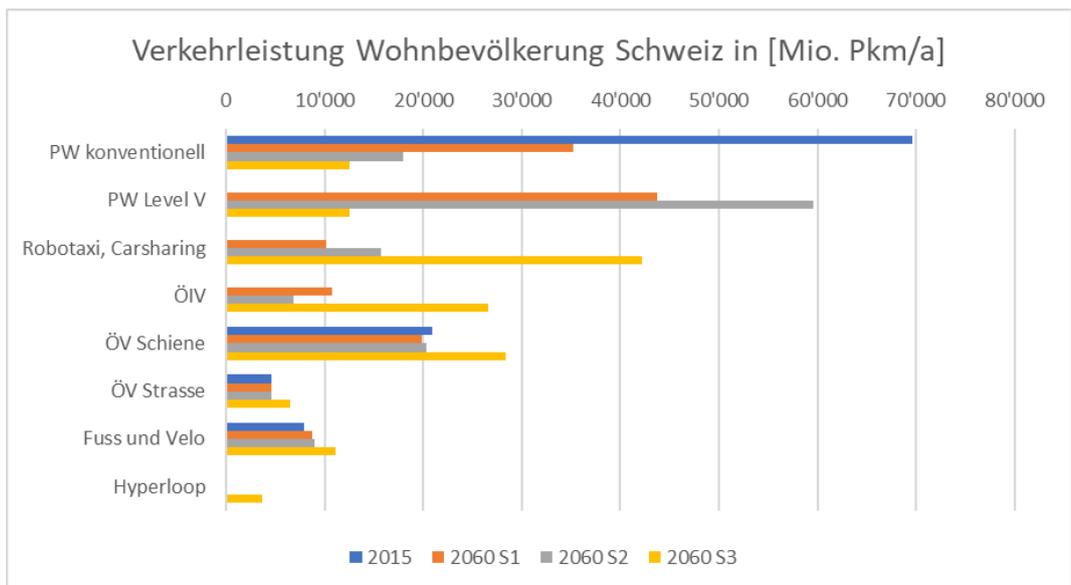


Abb.15 Verkehrsleistung Wohnbevölkerung Schweiz 2015 und 2060 je Szenario nach Mobilitätswerkzeugen

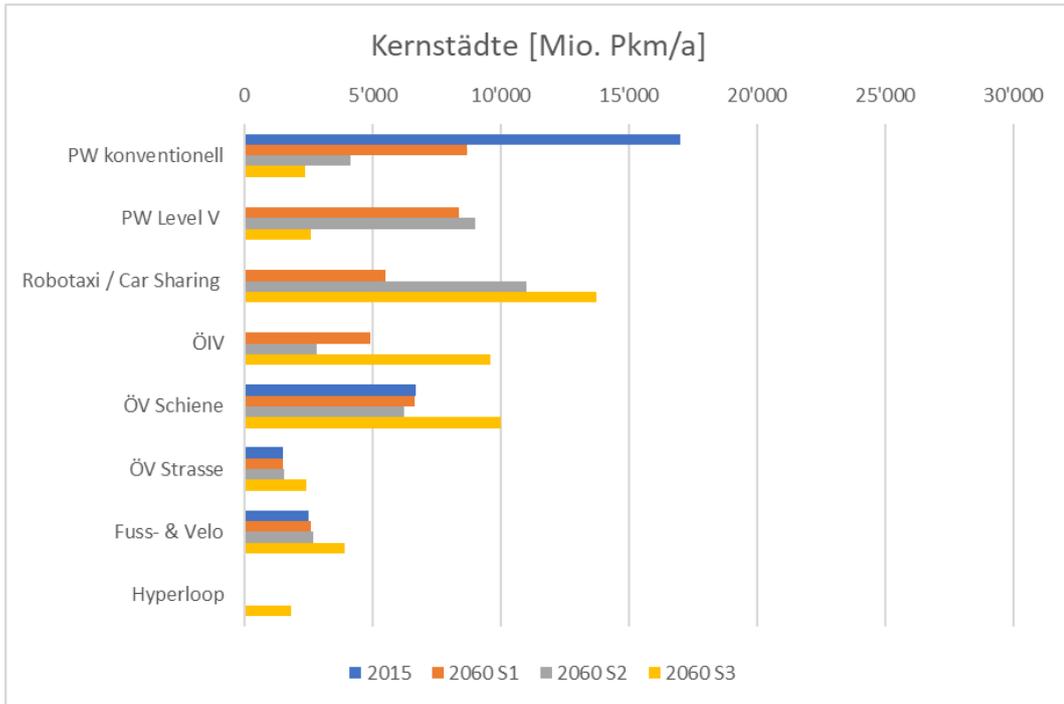


Abb. 16 Verkehrsleistung Wohnbevölkerung Kernstädte 2015 und 2060 je Szenario nach Mobilitätswerkzeugen

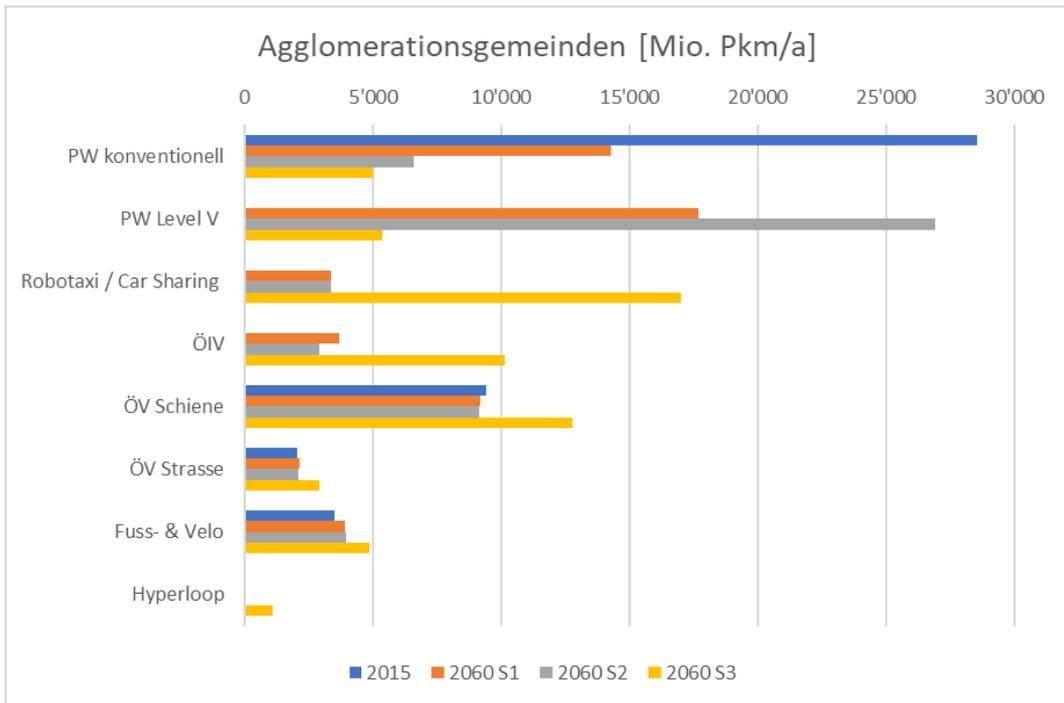


Abb. 17 Verkehrsleistung Wohnbevölkerung Agglomerationsgemeinden 2015 und 2060 je Szenario nach Mobilitätswerkzeugen

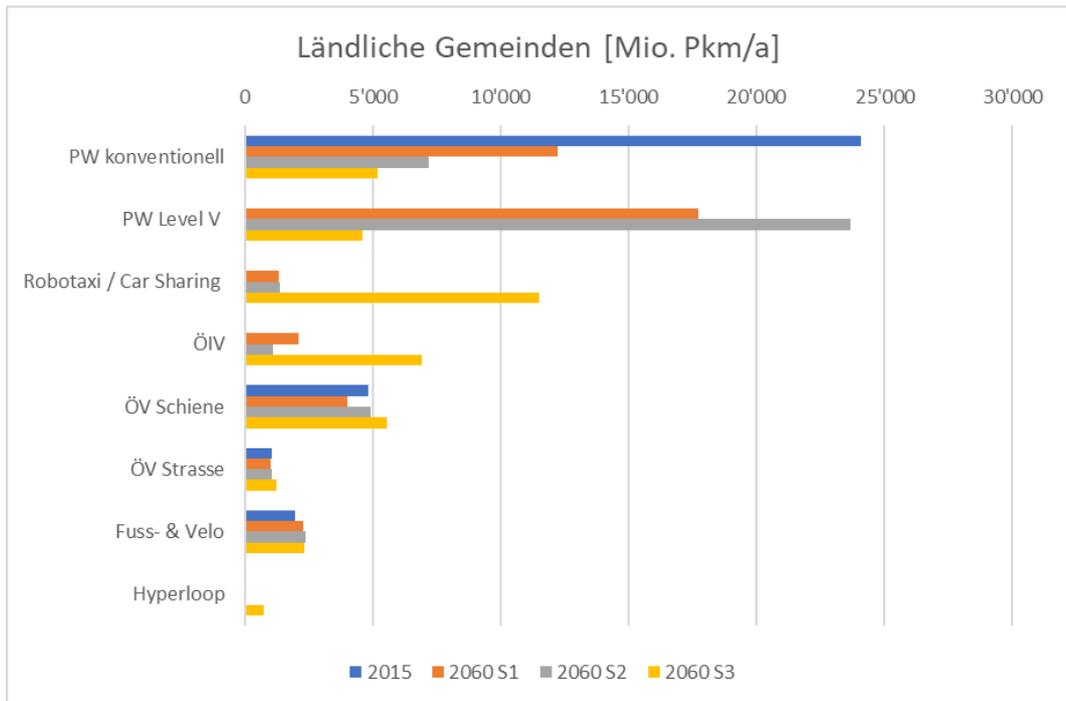


Abb.18 Verkehrsleistung Wohnbevölkerung ländliche Gemeinden 2015 und 2060 je Szenario nach Mobilitätswerkzeugen

Auch hier ist nochmals hervorzuheben, dass diese Ergebnisse keine neuen regulatorischen oder fiskalischen Massnahmen berücksichtigen.

Ergebnis Schritt 3b: Resultierende Siedlungsfläche

Aus den in Schritt 2b resultierenden Bevölkerungsverteilung (vgl. Kapitel 5.2.3) wird hier in Schritt 3b der Siedlungsflächenverbrauch abgeleitet bzw. aus dem Wohnflächenverbrauch «zurückgerechnet». Dabei wird der Wohnflächenverbrauch je VHG bzw. Raumtyp ggü. 2015 unverändert belassen. Da jedoch bei einem Nachfrageüberhang im Marktmechanismus neue Wohnflächen geschaffen wurden, ohne die Siedlungsflächen zusätzlich auszudehnen, wirkt sich dies auf die letztlich resultierende Dichte aus.

Entsprechend wird der überproportionalen Zunahme der Wohnflächennachfrage in den Kernstädten begegnet, indem dichter gebaut wird als ursprünglich mit einer durchschnittlichen Dichte vorgesehen war (vgl. Kapitel 4.4). In Szenario 1 «Evolution ohne Disruption» wird um weitere 5% verdichtet, in Szenario 2 «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» um weitere 3% und in Szenario 3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» gar um weitere 10%.

Im Gegenzug wird in ländlichen Gemeinden in Szenario 3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» die angenommene durchschnittliche Dichte nicht realisiert. Dies erfolgt unter der Annahme, dass bereits 2015 bebaute Siedlungsflächen, nach wie vor bebaut sein werden. Ein Rückgang der Siedlungsflächen gegenüber 2015 ist demnach nicht vorgesehen.

Insgesamt steigen die bewohnten Siedlungsflächen in den ländlichen Gemeinden am stärksten, gefolgt von den Agglomerationsgemeinden und den Kernstädten. Die Siedlungsflächennutzung nach Einzonzung und Wohnflächenmarkt-Mechanismus sowie unter Berücksichtigung neuer Verkehrsmittel ist in der folgenden Tabelle ersichtlich.

Tab. 72 Siedlungsflächenverbrauch Wohnen in ha (Veränderung ggü. 2015)

	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinde	Total
S1	16'180 (+9%)	49'514 (+12%)	41'048 (+15%)	106'742 (+13%)
S2	17'644 (+19%)	52'285 (+18%)	44'151 (+24%)	114'080 (+21%)
S3	14'801 (+0%)	44'144 (+0%)	35'818 (+0%)	94'764 (+0%)

Der Siedlungsflächenverbrauch spiegelt zwei Einflussgrössen wider: die Bevölkerungsentwicklung verändert die Nachfrage und die raumplanerischen Rahmenbedingungen definieren, in welcher Form eine Befriedigung dieser Nachfrage erfolgen kann. Sehr klar erkennbar wird dies in Szenario 3. Die Bevölkerungszunahme wird vollständig durch eine Erhöhung der Siedlungsdichte aufgefangen.

Erkennbar sind auch räumlich unterschiedliche Wirkungen auf den Siedlungsflächenverbrauch. Obwohl das Bevölkerungswachstum in den Kernstädten am grössten ist, fällt der Siedlungsflächenverbrauch in den ländlichen Gemeinden am grössten aus. Dies hat verschiedene Ursachen: die geringere Siedlungsdichte, die noch vorhandenen Flächenreserven sowie der höhere Wohnflächenbedarf pro Person.

5.2.5 Zwischenfazit Personenverkehr und Wohnen

In den vorangegangenen Kapiteln wurde die Anwendung des Wirkungsnetzes für das Jahr 2060 in drei Teilschritten erläutert. Die Abfolge der Schritte macht es möglich, die Wechselwirkungen zwischen Raum und Verkehr besser sichtbar zu machen und die zentralen Einflussfaktoren im Netz besser zu erkennen.

Die Veränderungen zwischen 2015 und 2060 wie auch die Unterschiede zwischen den Szenarien 2060 lassen **sich in ganz entscheidendem Ausmass auf die Bevölkerungsentwicklung** zurückführen. Den Veränderungen bis 2060 liegt noch ein erheblicher Mengeneffekt zu Grunde. Im unterstellten Bevölkerungsszenario nimmt die Bevölkerung um 27% zu. Die räumlich differenzierte Bevölkerungsentwicklung zwischen den Szenarien ist hingegen ausschliesslich auf eine unterschiedliche Bevölkerungszusammensetzung bzw. unterschiedliche Anteile der VHG zurückzuführen. Die bezüglich der VHG getroffenen Annahmen prägen in den Szenarien die räumlichen Wirkungen wie auch die Effekte im Verkehr.

Eine **relevante Annahme betrifft die Raumpräferenz der VHG**. Zwischen 2015 und 2060 ist eine generelle Urbanisierungstendenz festzustellen. Die Anteile «stadtaffiner» Bevölkerungsgruppen nehmen in allen Szenarien zu. Die geringste Verschiebung in Richtung der Kernstädte ist in S1 zu beobachten, während in S3 die Kernstädte ein markant überdurchschnittliches Bevölkerungswachstum aufweisen. Die Bevölkerungsentwicklung besitzt auch einen direkten Einfluss auf die Verkehrsleistungen, mit einer leicht unterproportionalen Zunahme in allen Szenarien.

Daneben wird mit der **Einführung neuer Technologien bzw. Verkehrsangebote** ein zweiter Einflussfaktor erkennbar, der sich in den Szenarien unterscheidet. In allen Szenarien nehmen die generalisierten Reisekosten gegenüber 2015 ab. Am deutlichsten ist die Abnahme im Szenario 3. In diesem Szenario sind die Durchdringungsraten von automatischen Fahrzeugen am höchsten. Damit zusammenhängend nehmen die Zeitkosten und Wegkosten für eine Fahrt am meisten ab. Je nach Szenario ergibt sich damit eine steigende Verkehrsnachfrage und ein unterschiedlicher Modalsplit. S3 ist gegenüber S1 und S2 durch einen hohen kollektiven Anteil charakterisiert, mit einer starken Nutzung von geteilten Fahrzeugen (Carsharing) und kollektiver Verkehrsmittel (ÖIV und ÖV). Wobei hier für CarSharing und ÖIV keine Angebotsrestriktionen (z.B. Einschränkung der Verwendbarkeit in bestimmten Räumen oder auf bestimmten Relationen) und eine sehr hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit des Systems unterstellt wird. Zudem ist die Wirtschaftlichkeit der Angebote und evtl. benötigte Abgeltungen nicht

untersucht. Der klassische ÖV auf Schiene und Strasse hat in allen Szenarien weiterhin seine Bedeutung als Massentransportmittel in die Städte und vor allem auch in den Verbindungen zwischen den Kernstädten. Dabei spielen seine Flächeneffizienz und sein Komfort gegenüber strassengebundenen Verkehrsmitteln eine grosse Rolle. Aufgrund der Bevölkerungsentwicklung kann der klassische ÖV auf Schiene und Strasse in S1 und S2 gleiche Verkehrsleistungen erzielen wie 2015, wobei dann aber die Marktanteile sinken. In S1 und S2 wurden dabei nur geringer Fortschritt durch Automatisierung unterstellt. In S3 kann aufgrund von Smart Rail 4.0 und hoher Automatisierung mit entsprechenden Preissenkungen eine bedeutende Zunahme der Verkehrsleistungen im klassischen ÖV erzielt werden, wodurch der Marktanteil von 2015 gehalten werden könnte.

Auch im Fuss und Veloverkehr steigen die Verkehrsleistungen in allen Szenarien gegenüber 2015 aufgrund des Bevölkerungswachstums. Die neuen attraktiven Angebotsformen sind aber der Grund für den Rückgang des Anteils Fuss- und Veloverkehr in den Szenarien S1 und S2. In S3 können dank verbesserter Bike (-Sharing) Möglichkeiten die Marktanteile von 2105 gehalten werden.

Die Abnahme der generalisierten Reisekosten zeigt im Wirkungsnetz zwei Folgeeffekte: Eine Zunahme der Verkehrsleistungen sowie eine Verschiebung der Bevölkerung aus den Kernstädten in die Agglomerationen sowie insbesondere die ländlichen Gemeinden. **Im Vergleich mit dem Einfluss der VHG, mit ihrem spezifischen Raum- und Mobilitätsverhalten, und den Effekten neuer Verkehrsangebote entfalten die Wechselwirkungen Raum-Verkehr im Wirkungsnetz nur geringe Effekte.** Die Standortwahleffekte aufgrund veränderter Verkehrsangebote sowie die Verkehrseffekte aufgrund veränderter Standortwahl fallen vergleichsweise gering aus. Dies in der groben Unterteilung in drei Raumtypen, wobei innerhalb dieser in sich heterogenen Raumtypen auch Veränderungen möglich bzw. wahrscheinlich sind, die wir im Wirkungsnetz jedoch nicht erkennen.

Als dritte relevante Einflussgrösse erscheint die **Raumplanung**. Sie definiert über die Siedlungsfläche und die Siedlungsdichte, wo bzw. wie die Siedlungsflächennachfrage «befriedigt» werden kann. In S3 wird beispielsweise das Bevölkerungswachstum in den Kernstädten über eine Erhöhung der Dichte aufgefangen, ohne Ausdehnung der Siedlungsfläche. Dies führt aber auch dazu, dass aufgrund des Marktmechanismus einzelne Nachfrager ihren gewünschten Wohnflächenbedarf reduzieren müssen oder ihren Wohnort in einen anderen Raumtyp verlagern. Werden hingegen, wie in S2, zusätzliche Siedlungsflächen ohne erhöhte Dichten bereitgestellt, resultiert letztlich auch ein entsprechender Siedlungsflächenverbrauch.

5.3 Güterverkehr und Arbeiten

5.3.1 Übersicht

Wie bei den Teilnetzen «Personenverkehr» und «Wohnen» wird auch hier die Anwendung des Wirkungsnetzes sukzessive in Teilschritten erläutert. Die folgende Abbildung zeigt die durchgeführten Teilrechnungen in der Übersicht.

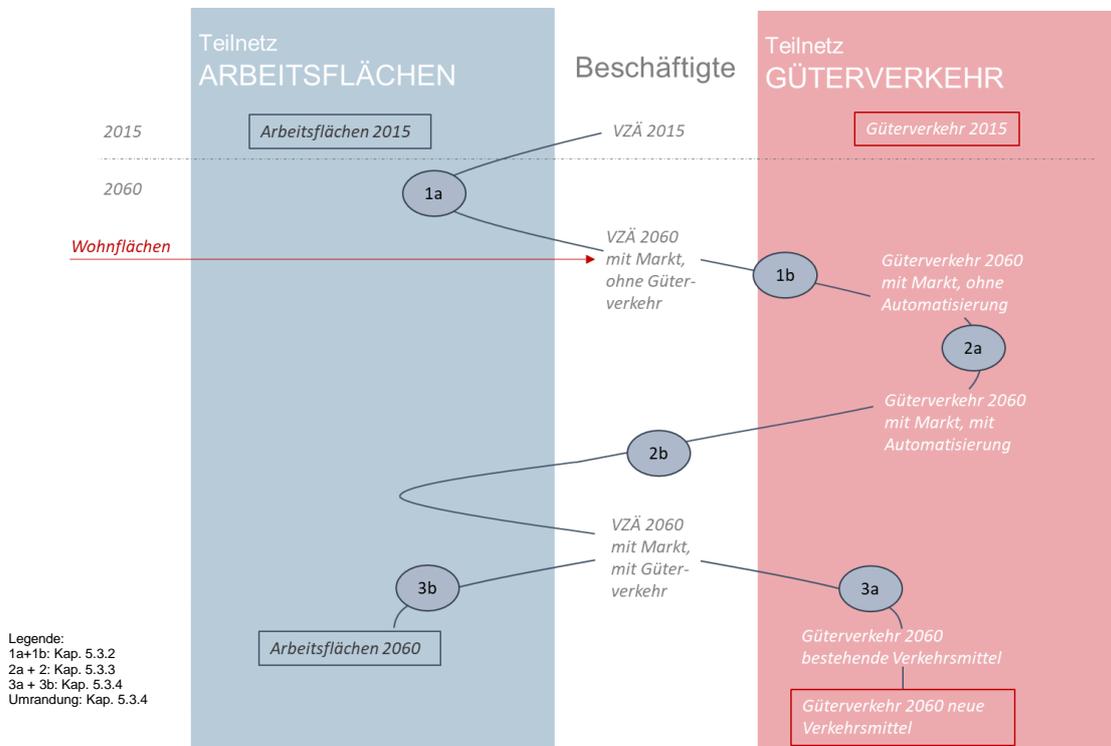


Abb. 19 Anwendung Wirkungsnetze „Arbeitsflächen“ und „Güterverkehr“ in Teilschritten

Ausgehend von den Arbeitsflächen, Arbeitsplätzen und Güterverkehr 2015 werden hier die folgenden Schritte mit den jeweiligen (Zwischen-) Ergebnissen durchlaufen:

- **Zwischenergebnis Schritt 1: Wirkung Arbeitsplätze und Raum auf den Güterverkehr:** In diesem Schritt werden zunächst die Zunahme der Arbeitsplätze (in VZÄ ausgedrückt) für 2060 ermittelt, im Raum verteilt und die Auswirkungen auf den Verkehr (noch ohne Automatisierung) erläutert:
 - 1a: In einem Schritt werden die Arbeitsplätze 2060 differenziert nach Branchen unter Berücksichtigung des Siedlungsflächenangebotes und des Arbeitsflächenmarktes im Wirkungsnetz auf die drei Raumtypen verteilt. Dabei werden noch keine technologischen Veränderungen oder neuen Angebote im Güterverkehr berücksichtigt.
 - 1b: Für die Branchen resp. die Arbeitsplätze in 2060 und ihre Verteilung im Raum wird die Transportnachfrage mit den Kosten noch ohne Automatisierung berechnet. Damit zeigen sich die Auswirkungen der Arbeitsplätze und deren Verteilung im Raum auf die Güterverkehrsnachfrage.
 Vorgehen und Zwischenergebnisse werden im Kapitel 4.4.2 erläutert.
- **Zwischenergebnis Schritt 2: Wirkung Verkehrsangebot 2060 auf Transportnachfrage und Raum:** In diesem Schritt werden die Auswirkungen der neuen Technologien auf die Transportnachfrage und deren Auswirkungen auf die Verteilung der Arbeitsplätze im Raum dargestellt:
 - 2a: Dieser Schritt zeigt die Auswirkung der Automatisierung auf die Transportnachfrage bei gleichbleibender Arbeitsplatzverteilung.

- 2b: Hier zeigen sich die Auswirkungen des Verkehrs auf den Raum, indem aufgrund veränderter Transportkosten eine Verschiebung der Arbeitsplätze im Raum unter Berücksichtigung des Arbeitsflächenmarktes erfolgt.

Vorgehen und Zwischenergebnisse werden im Kapitel 4.4.3 erläutert.

- **Ergebnisse Schritt 3:**

- **3a: Resultierende Transportnachfrage:** Mit den in Schritt 2b ermittelten neuen Verteilung der Arbeitsplätze im Raum wird nun nochmals die Veränderung der Transportnachfrage entsprechend der Verlagerung der Arbeitsplatzstandorte ermittelt.
- **3b: Resultierende Siedlungsfläche:** Hier werden die resultierende Arbeitsflächen entsprechend Ergebnis 2b dargestellt. (Vorbemerkung: Aufgrund der Ergebnisse von 3a ergaben sich nur marginale Veränderungen an den generalisierten Kosten, weshalb keine neue Verteilung der Arbeitsplätze mehr gerechnet wurde.)

Vorgehen und Zwischenergebnisse werden im Kapitel 4.4.4 erläutert.

5.3.2 Zwischenergebnis Schritt 1: Wirkung Arbeitsplätze und Raum auf den Güterverkehr

Schritt 1a) Arbeitsplätze 2060 in VZÄ mit Arbeitsflächenmarkt und ohne neue Technologien

Insgesamt steigt die absolute Anzahl der Arbeitsplätze (in VZÄ ausgedrückt) in allen Szenarien bis 2060 um 16.9 % an. Es resultiert in allen Szenarien die gleiche Verteilung der VZÄ auf die Raumtypen.

Ähnlich wie bei der Bevölkerung wird auch bei den Branchen und ihren Arbeitsplätzen eine verstärkte Präferenz für Kernstädte sichtbar. Dieser Trend ist darauf zurückzuführen, dass Branchen mit städtischer Raumtyppräferenz stärker wachsen, so bspw. der Gesundheitssektor. Die Ansiedelung der Bevölkerung (VHG-Verteilung vgl. Tab. 55) spielt ebenfalls eine Rolle bei der Standortwahl, indem sich kundenorientierte Branchen an den Standorten der Bevölkerung orientieren (vgl. Kapitel 3.4.2). Branchen mit hoher Kunden- bzw. Marktnähe wie bspw. der Handel, reagieren demnach auf eine Verschiebung der Bevölkerung im Raum. Weil sich die Bevölkerung je Szenario anders auf die Raumtypen verteilt (vgl. 5.2.3), führt dies auch zu szenario-spezifischen Unterschieden bei der Verteilung der Arbeitsplätze. Insgesamt nehmen dadurch die Arbeitsplätze in den Kernstädten am stärksten zu, gefolgt von jenen in den Agglomerationsgemeinden und ländlichen Gemeinden. Szenario 3 erscheint, als Folge der Bevölkerungsentwicklung, auch bei der räumlichen Verteilung der Arbeitsplätze als urbanstes Szenario.

Tab. 73 Arbeitsplätze 2060 in Mio. VZÄ und ihre Verteilung nach Wohnflächenmarkt aber vor Arbeitsflächenmarkt (Zunahme ggü. 2015)

	Kernstädte		Agglomerations- gemeinden		Ländliche Gemeinde		Total	
S1	2.15	(+20.3%)	1.63	(+15.0%)	0.76	(+11.9%)	4.53	(+16.9%)
S2	2.15	(+20.5%)	1.63	(+14.1%)	0.76	(+13.4%)	4.53	(+16.9%)
S3	2.21	(+23.8%)	1.62	(+13.8%)	0.70	(+4.9%)	4.53	(+16.9%)

Die veränderte Nachfrage nach Arbeitsplätzen bringt eine veränderte Nachfrage nach Arbeitsflächen mit sich. Dieser veränderten Nachfrage nach Arbeitsflächen begegnet die Raumplanung mit der Schaffung von neuem Siedlungsflächenangebot und der Erhöhung der Dichten. Die Dichten werden dabei in den AZ in geringerem Masse erhöht als in den WMZ. Je nach Szenario variiert die Veränderung des Angebots: In Szenario S1 «Evolution ohne Disruption» ist mit einer durchschnittlichen Erhöhung der Dichten und Flächen eine Fortschreibung der bisherigen Raumplanungspraxis abgebildet. In Szenario S2 «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» ist eine nicht-restriktive Raumplanung und in Szenario S3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» eine restriktive

Raumplanung abgebildet (vgl. Kapitel 4.4). Daraus entsteht für 2060 folgendes sich nach Szenarien unterscheidendes Bruttogeschossflächenangebot für Arbeiten. Das Angebot fasst die Flächen in den WMZ und AZ zusammen, auch wenn diese jeweils getrennt voneinander betrachtet werden.

Tab. 74 Ergebnistabelle Bruttogeschossflächenangebot für Arbeiten (WMZ und AZ) in Mio. m², nach Szenarien (Veränderung ggü. 2015)

	Kernstädte		Agglomerationsgemeinden		Ländliche Gemeinde		Total	
S1	157.3	(+20%)	165.8	(+19%)	98.3	(+17%)	421.3	(+19%)
S2	163.7	(+25%)	179.7	(+29%)	108.3	(+29%)	451.6	(+27%)
S3	154.9	(+18%)	157.7	(+13%)	93.5	(+11%)	406.1	(+15%)

Wird Angebot und Nachfrage im Raum gegenübergestellt, spricht man von der Auslastung des Arbeitsflächenangebots. Eine 100 prozentige Auslastung bedeutet, dass das Angebot die Nachfrage zu befriedigen vermag. Eine über 100 prozentige Auslastung – auch Nachfrageüberhang genannt – entsteht, wenn die Nachfrage das Angebot übersteigt.

Grundsätzlich reicht die Erhöhung des Angebots aus, um die Nachfrage nach Arbeitsflächen zu decken. Einzig bei Szenario S3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» entsteht in den Kernstädten ein Nachfrageüberhang der Arbeitsflächen. Die Auslastung liegt bei den Arbeitsflächen deutlich unter derjenigen bei den Wohnflächen.

Tab. 75 Arbeitsflächenangebot und -nachfrage (WMZ, AZ) in Mio. m² sowie Auslastung in % vor Arbeitsflächenmarkt

	Kernstädte			Agglomerationsgemeinden			Ländliche Gemeinde		
	A	N	Auslastung	A	N	Auslastung	A	N	Auslastung
S1	157.3	156.5	100%	165.8	136.6	82%	98.3	67.6	69%
S2	163.7	156.4	96%	179.7	136.3	76%	108.3	68.0	63%
S3	154.9	163.2	105%	157.7	134.5	85%	93.5	63.0	67%

Der Nachfrageüberhang in der Kernstadt in Szenario S3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» ist zu beheben. Dabei wird anhand des Arbeitsflächenmarkt-Mechanismus wie folgt vorgegangen: Der Nachfrageüberhang wird durch eine Erhöhung des Angebots und eine Reduktion der Flächennachfrage resp. durch Wegzug in andere Raumtypen reduziert. Dabei werden 33 % der fehlenden Flächen zusätzlich angeboten. Wie in Kapitel 3.4.2 beschrieben, spielen für die Nachfragereduktion die Wertschöpfung der Branchen sowie die Stärke ihrer «Raumtyppräferenz» eine bedeutende Rolle: Branchen mit tiefer Wertschöpfung agieren demnach schneller, indem sie, wenn eine hohe Raumtyppräferenz aufweisend, Fläche reduzieren oder, wenn eine tiefe Raumtyppräferenz aufweisend, wegziehen.

Nach Anwendung des Arbeitsflächenmarkt-Mechanismus in Szenario S3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» resultiert eine 100 prozentige Auslastung der Arbeitsflächen in den Kernstädten. Entsprechend fällt die Auslastung der Agglomerationsgemeinden und ländlichen Gemeinden im Vergleich zur Auslastung vor Arbeitsflächenmarkt (vgl. Tab. 44) leicht höher aus. Es sind also im Vergleich zur Arbeitsplatzverteilung vor Arbeitsflächenmarkt weniger VZÄ in den Kernstädten vorhanden. Auch in Szenario 1 ist eine leichte Verschiebung der Arbeitsplätze in Richtung Agglomerationsgemeinden und ländliche Gemeinden zu beobachten, obwohl insgesamt für WMZ und AZ kein Nachfrageüberhang bestand. Diese Verschiebung ist darauf zurückzuführen, dass bei Einzelbetrachtung der WMZ ein Nachfrageüberhang bestand (Auslastung WMZ = 102%),

der mittels Arbeitsflächenmarkt-Mechanismus bereinigt wurde. Die Arbeitsplätze 2060 und ihre Verteilung nach Arbeitsflächenmarkt ist in *Tab. 66* zusammengefasst. Die Prozente in Klammern zeigen den Zuwachs ggü. 2015.

Tab. 76 Arbeitsplätze 2060 in Mio. VZÄ und ihre Verteilung nach Arbeitsflächenmarkt (Wachstum ggü. 2015)

	Kernstädte		Agglomerations- gemeinden		Ländliche Gemeinde		Total	
S1	2.14	(+20.0%)	1.64	(+14.8%)	0.76	(+13.1%)	4.53	(+16.9%)
S2	2.15	(+20.5%)	1.63	(+14.1%)	0.76	(+13.4%)	4.53	(+16.9%)
S3	2.21	(+23.8%)	1.62	(+13.8%)	0.70	(+4.9%)	4.53	(+16.9%)

Tab. 76 zeigt das Resultat von Schritt 1a, die Verteilung der Arbeitsplätze 2060 auf die Raumtypen. Dies noch ohne Berücksichtigung einer Automatisierung im Güterverkehrsangebots. In Szenario 3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» ist ein überdurchschnittliches Arbeitsplatzwachstum in den Kernstädten zu beobachten. In diesem Szenario reicht das geschaffene Flächenangebot nicht aus, um die Nachfrage zu decken, was zu einer Verschiebung von Arbeitsplätzen in die beiden übrigen Raumtypen führt. Bei Szenario S3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» handelt es sich um das «urbanste» Szenario, mit einer Zunahme von Arbeitsplätzen in den Städten um 23%. Dies resultiert zum einen aus der Zusammensetzung der Arbeitsplätze mit einem hohen Anteil stadtaffiner und dienstleistungsorientierter Branchen. Szenarien S1 «Evolution ohne Disruption» und S2 «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» unterscheiden sich in der räumlichen Verteilung nur geringfügig, da keine starke Urbanisierung stattfindet und genügend Angebot zur Deckung der Nachfrage vorhanden ist.

Schritt 1b) Güterverkehr 2015 und 2060 ohne neue Technologien

Generell wird für 2060 eine Zunahme des Güterverkehrsaufkommens gegenüber 2015 um 46.2% und der Güterverkehrsleistung um 41.1% prognostiziert. Das Gesamtaufkommen entspricht den Verkehrsperspektiven 2040 und deren Fortschreibung im AMG. Der Ausgangswert des Modalsplits wie auch die Kostenentwicklung ohne Berücksichtigung neuer Angebote und Technologien sind ebenfalls der AMG entnommen. Die Zusage der Güterverkehrsaufkommens auf die Raumtypen berechnet sich aus der Verteilung der Arbeitsplätze in den Branchen «Nahrung», «Handel», «Chemie», «Bau» und «restliche Industrie». Die Verteilung auf die verschiedenen Verkehrsmittel ist davon nicht tangiert. Neue Verkehrsmittel und die Effekte der Automatisierung bleiben vorerst unberücksichtigt (bzw. folgen in späteren Schritten).

Tab. 77 Vergleichsbasis 2060: Nt neue VZÄ, ohne Automatisierung, ohne weitere Effekte

	1000 Nt/a				Modal Split %			
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinde	Summe	WLV	UKV	SNF	LI
S1	155623	219193	126216	501032	7.4%	0.9%	84.0%	7.7%
S2	156556	218552	125924	501032	7.4%	0.9%	84.0%	7.7%
S3	153893	220558	126581	501032	7.4%	0.9%	84.0%	7.7%
	Mio. Ntkm/a				Modal Split %			
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinde	Summe	WLV	UKV	SNF	LI
S1	6663	8792	4672	20127	21.2%	3.5%	69.4%	5.8%
S2	6693	8769	4664	20127	21.2%	3.5%	69.4%	5.8%
S3	6625	8831	4670	20127	21.2%	3.5%	69.4%	5.8%

Zwischen den Szenarien ergeben sich aufgrund der Verteilung der Arbeitsplätze in den transportrelevanten Branchen auf die Raumtypen nur kleine Unterschiede in Güteraufkommen und -leistung. Im Vergleich zu den Arbeitsplätzen der Gesamtwirtschaft, verteilen sich die Arbeitsplätze der transportrelevanten Branchen über alle Szenarien gleich, wobei der Hauptanteil auf den Raumtyp «Agglomeration» entfällt. So ist zwar Szenario S3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» das «urbaneste»; da die Zunahme der Arbeitsplätze hauptsächlich auf den Dienstleistungssektor zurückzuführen ist, ergeben sich im Vergleich zu Szenario S1 «Evolution ohne Disruption» und Szenario S2 «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» jedoch kaum Verschiebungen des Güteraufkommens.

5.3.3 Zwischenergebnis Schritt 2: Wirkung Verkehr (Technologien) auf Arbeitsplätze und Raum

2a) Verkehr 2060 mit Automatisierung und weiteren Logistikeffekten

Die Automatisierung und weitere Effekte wirken sich auf die Kostenstruktur für Gütertransporte aus. Die Kostenänderungen (vgl. Kapitel 4.1.6 und Anhang II.2.2) wirken sich aufgrund unterschiedlicher Transportpreise und Preiselastizitäten unterschiedlich auf das Güteraufkommen je Verkehrsmittel aus.

Tab. 78 Transportleistungsgewichtete Veränderung der Transportkosten über alle Verkehrsmittel, in Prozent (ggü. 2015)

Szenario	Transportkostenveränderung gewichtet nach Ntkm 2060 ggü. 2015 (in %)
S1	-1%
S2	-31%
S3	-19%

Induzierter Verkehr, bzw. induziertes Aufkommen aufgrund von Kostenänderungen können mangels entsprechender Untersuchungen und Methoden für den Güterverkehr nicht ermittelt werden. Die Berechnung in diesem Arbeitsschritt dient somit ausschliesslich der Bestimmung des Modalsplits, wobei in Szenario S3 Cargo Sous Terrain erst in Schritt 3 ergänzt wird. Die Güterverkehrsleistung wird in diesem Schritt nicht ausgewiesen, da die Berechnung der Veränderung der Transportlängen in einem späteren Schritt folgt (vgl. Wirkungsnetz in Kapitel 3).

Tab. 79 Szenario 2060: neuer Modalsplit bestehende Verkehrsmittel, Kostenentwicklung inkl. Automatisierung und weitere Effekte (ohne Cargo Sous Terrain in Szenario 3)

	Mio. Ntkm/a				Modal Split %			
	Kernstädte	Agglomerationsgemeinden	Ländliche Gemeinde	Summe	WLV	UKV	SNF	LI
S1	155623	219193	126216	501032	7.0%	0.9%	84.4%	7.7%
S2	156556	218552	125924	501032	7.1%	0.8%	84.4%	7.7%
S3	153893	220558	126581	501032	11.5%	1.2%	80.0%	7.3%

In Szenario S1 «Evolution ohne Disruption» und Szenario S2 «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» verschiebt sich der Modalsplit gegenüber der Vergleichsbasis nur leicht zugunsten der schweren Nutzfahrzeuge (SNF), auf Kosten des Wagenladungsverkehrs. Dies lässt sich durch die grösseren relativen Kosteneinsparungen im Strassengüterverkehr

erklären. Grosse Änderungen ergeben sich aufgrund der vergleichsweise geringen Preiselastizitäten jedoch keine.

Szenario S3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» hingegen unterstellt grosse relative Kosteneinsparungen im Schienengüterverkehr, währenddessen die Effizienzsteigerungen im Strassengüterverkehr durch den Staat abgeschöpft werden. Dadurch verschiebt sich der Modalsplit zugunsten des Schienengüterverkehrs. Die Verlagerung wird dadurch akzentuiert, dass die in der AMG hinterlegten Kostenelastizitäten des Schienengüterverkehrs wesentlich höher sind als die des Strassengüterverkehrs; insbesondere in den Warengruppen «Nahrungsmittel», «Steine, Erden», «Baustoffe» und «Sekundärrohstoffe». Ergebnisse entsprechend AMG und «den» Elastizitäten. Das dabei der WLW stärker als der UKV steigt, liegt zum einen «rechnerisch» an den hinterlegten Elastizitäten des AMG. Dies ist aber erklärbar, wenn berücksichtigt wird, dass der WLW neben Bautransporten auch im Bereich Konsumgüter oder Ver- und Entsorgung (WLW mit Schiebewagen) eingesetzt wird. KEP-Transporte mit der Bahn finden zu 50% mit dem WLW statt. Da zudem aktuell auch die Bahnerschliessung wieder vermehrt diskutiert und entsprechende Möglichkeiten auch vermehrt beibehalten (z.B. Zürich Hardfeld) werden, kann der WLW zukünftig Potential aufweisen. Zudem hat der WLW in verdichten Räumen oder bei Mischnutzungen Vorteile, weil keine Krane notwendig sind.

2b) Arbeitsplätze 2060 mit Arbeitsflächenmarkt und unter Berücksichtigung von Automatisierung im Güterverkehr, Raum Siedlungsfläche (= Arbeitsfläche)

In Schritt 1a (Kapitel 5.3.2) wurde die Wirkung der Arbeitsplatzentwicklung 2060 auf die Nachfrage nach Arbeitsflächen betrachtet und dem neu geschaffenen Arbeitsflächenangebot gegenübergestellt. Dies mit dem Verkehrsangebot 2015, d.h. ohne neue Technologien im Güterverkehr zu berücksichtigen. In Schritt 2b wird nun erläutert, wie sich die in Schritt 2a dargelegten neuen Technologien und Angebote im Verkehr auf die Standortwahl von Branchen auswirken (vgl. Kapitel 3.4.2). Zentrale Einflussgrösse ist dabei die aufgrund der neuen Technologien veränderten Gütertransportkosten. In allen Szenarien nehmen diese gegenüber 2015 unterschiedlich stark ab.

Diese Reduktion der Transportkosten führt zu einer Reaktion von gütertransportintensiven Branchen. Weil Waren günstiger transportiert werden, wird dieser Preisfaktor für die Standortwahl weniger zentral, was zur Dispersion von gütertransportintensiven Branchen führt. Im Vergleich zur Arbeitsplatzverteilung ohne Berücksichtigung von Automatisierung im Verkehr resultiert nach Arbeitsflächenmarkt und mit Automatisierung im Verkehr eine leichte Verschiebung der Arbeitsplätze in Richtung Agglomerationsgemeinden und ländliche Gemeinden. Bei Szenario 2 «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» ist die Abnahme der Transportkosten am deutlichsten und führt entsprechend zur grössten Dispersion: Eine 31-prozentige Reduktion der Transportkosten führt zu einer Reduktion der VZÄ in der Stadt um 1.8%.

Tab. 80 Veränderung Arbeitsplätze aufgrund der Automatisierung im Güterverkehr (in %)

	Kernstädte		Agglomerationsgemeinden		Ländliche Gemeinde	
S1	-1'300	(-0.1%)	500	(+0.0%)	800	(+0.1%)
S2	-37'800	(-1.8%)	15'400	(+0.9%)	22'400	(+3.0%)
S3	-21'900	(-1.0%)	7'700	(+0.5%)	14'100	(+2.0%)

Der Nachfrageüberhang in den Kernstädten in Szenario 3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices», wie er aus Schritt 1a resultierte, wird dadurch leicht reduziert, ist jedoch noch immer vorhanden. Entsprechend fragen Branchen in diesem Szenario in Kernstädten noch immer mehr Arbeitsflächen nach, als angeboten werden.

Tab. 81 Arbeitsflächenangebot und -nachfrage (WMZ, AZ) in Mio. m² sowie Auslastung in % nach Arbeitsflächenmarkt aber unter Berücksichtigung der Automatisierung im Güterverkehr

	Kernstädte			Agglomerationsgemeinden			Ländliche Gemeinde		
	A	N	Auslastung	A	N	Auslastung	A	N	Auslastung
S1	157.3	156.4	99%	165.8	136.6	82%	98.3	67.6	69%
S2	163.7	152.3	93%	179.7	137.9	77%	108.3	70.5	65%
S3	154.9	156.0	104%	157.7	137.6	86%	93.5	65.8	69%

Dieser Nachfrageüberhang wird wiederum mittels dem in Kap. 5.2.2 beschriebenen Marktmechanismus behoben. Es resultiert die folgende Arbeitsplatzverteilung und, in Klammern, Zunahme im Vergleich zur Referenz 2015:

Tab. 82 Arbeitsplätze 2060 in Mio. VZÄ nach Arbeitsflächenmarkt und unter Berücksichtigung der Automatisierung im Güterverkehr (Veränderung ggü. 2015)

	Kernstädte		Agglomerationsgemeinden		Ländliche Gemeinde	
	Arbeitsplätze	(Veränderung ggü. 2015)	Arbeitsplätze	(Veränderung ggü. 2015)	Arbeitsplätze	(Veränderung ggü. 2015)
S1	2.14	(+19.9%)	1.64	(+14.8%)	0.76	(+13.2%)
S2	2.11	(+18.3%)	1.64	(+15.1%)	0.78	(+16.8%)
S3	2.19	(+22.6%)	1.63	(+14.4%)	0.72	(+7.0%)

Die Automatisierung im Güterverkehr wirkt bei transportintensiven Branchen dem ohnehin stattfindenden Urbanisierungsprozess dämpfend entgegen. Das in Szenario 3 vorhandene überproportionale Arbeitsplatzwachstum in den Kernstädten und der damit verbundene Nachfrageüberhang bleiben bestehen. In den restlichen Szenarien und Raumtypen ist aufgrund der in sämtlichen Raumtypen genügend vorhandenen Arbeitsflächenangebote kein Nachfrageüberhang zu verzeichnen.

5.3.4 Ergebnisse Schritt 3: Verkehrsnachfrage und Siedlungsfläche

Ergebnis Schritt 3a: Resultierende Transportnachfrage

Die Berücksichtigung der Transportkosten in der Verteilung der Arbeitsflächen auf die Raumtypen (s. Schritt 2b) führt nur zu einer geringfügigen Veränderung der Transportnachfrage je Raumtyp. Die folgende Tabelle fasst wesentliche Ergebnisse zusammen. Detailliertere Ergebnisse sind im Anhang III abgedruckt.

Tab. 83 Szenario 2060: Nt neue VZÄ, Einbezug neue Verkehrsmittel (Veränderung ggü. 2015 in %)

1000 Nt/a				Modal Split %					
Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinde	Summe	WLV	UKV	SNF	LI	CST	weitere
2015			342'160	7.6%	0.5%	84.2%	7.7%	-	-
S1	155105	219374	501032 (+46.2%)	7.0%	0.9%	84.4%	7.7%	0.0%	0.0%
S2	142841	223508	501032 (+46.2%)	7.1%	0.8%	84.4%	7.7%	0.0%	0.0%
S3	145868	223373	501032 (+46.2%)	10.1%	1.2%	70.5%	7.3%	10.8%	0.0%
Mio. Ntkm/a				Modal Split %					
Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinde	Summe	WLV	UKV	SNF	LI	CST	weitere
2015			14266	21%	2%	71%	8%	-	-
S1	6575	8722	19944 (+39.8%)	20%	3%	71%	6%	0%	0%
S2	6048	8789	19739 (+38.4%)	20%	3%	71%	6%	0%	0%
S3	6764	9515	21548 (+51.0%)	26%	4%	51%	5%	14%	0%

In Szenario 1 «Evolution ohne Disruption» reagiert die Verteilung der Arbeitsplätze in den transportrelevanten Branchen aufgrund geringfügiger Kostenänderungen nur sehr schwach auf die (Neu-)Verteilung der Arbeitsflächen. In Szenario S2 «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» und Szenario S3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» findet aufgrund grösserer Kostenänderungen eine Verlagerung in die Raumtypen «Agglomeration» und «Land» statt.

In Szenario S3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» werden zudem neue Verkehrsmittel, d.h. Cargo Sous Terrain, in die Betrachtungen einbezogen. Das Gesamtaufkommen und die Verlagerungswirkung Schiene–CST (von WLW) und Strasse–CST (von SNF) entsprechen den Abschätzungen gemäss INFRAS (2016).

Die Veränderung der Arbeitsplatzstandorte führt zu Veränderungen der Transportweiten. Die Berechnung der Veränderung der Transportlängen basiert auf der räumlichen Ungleichverteilung der Arbeitsplätze in der Transportbranche (in VZÄ) gegenüber der Gesamtbeschäftigung (über alle Branchen). Aus der Zu- oder Abnahme der (räumlichen) Ungleichverteilung gegenüber der Referenz (Szenario S1 «Evolution ohne Disruption») wird mittels Elastizitäten die Änderung der Weglängen berechnet (vgl. Kap. 3.4.1).

Insgesamt führt die Verlagerung von Arbeitsplätzen in Szenario S2 «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» zu einer leicht geringeren Dispersion der Transportbranche im Vergleich zu Szenario S1. Durch die Verlagerungen von der Schiene auf die Strasse reduzieren sich die Transportweiten, da diese auf der Strasse generell kürzer sind als auf der Schiene (z.B. aufgrund des Hub-and-Spoke-Systems im Schienengüterverkehr). Deshalb weist dieses Szenario eine geringfügige Verkürzung der durchschnittlichen Transportweiten zwischen -0.3 km und -3.6 km auf. Es ist hier auch festzuhalten, dass hier kein induzierter Verkehr berücksichtigt werden konnte und Transportweiten der Güter und nicht die Fahrleistungen der Fahrzeuge (Fzkm) berücksichtigt werden.

In Szenario S3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» hingegen führt das starke Wachstum im urbanen Raum dazu, dass die Arbeitsplätze der Transportbranche ungleicher auf die Raumtypen verteilt sind. Dies - und die Modal-Split Wirkung zu den vergleichsweise längeren Bahntransporten - führt zu längeren durchschnittlichen Transportweiten von +0.3 km bis +6.1 km.

Die resultierenden Verkehrsleistungen für Szenario S1 «Evolution ohne Disruption» und Szenario S2 «Revolution der individuellen Mobilitätsservices» liegen somit im Bereich der für 2060 prognostizierten Werte gemäss AMG. Kleinere Abweichungen ergeben sich aus den Aufkommensverlagerungen vom Schienen- auf den Strassengüterverkehr.

In Szenario S3 «Revolution der kollektiven Mobilitätsservices» erhöht sich die gesamte Verkehrsleistung im Güterverkehr. Nebst den längeren durchschnittlichen Transportweiten tragen dazu auch die Aufkommensverlagerung vom Strassen- auf den Schienengüterverkehr und auf Cargo Sous Terrain bei. Mit Cargo Sous Terrain besteht dabei ein neues Transportmittel, welche sein Aufkommen vor allem von der Strasse und nur zu geringen Anteilen von der Bahn holt. Das der WLW trotzdem auch wächst, liegt an den unterstellten Verbesserungen des WLW in S3 (Smart Rail 4.0), die zu erheblichen Kostenreduktionen auf der Schiene führen, während die Kosten für den Strassengüterverkehr nur wenig sinken. Mit den daraus resultierenden Veränderungen der relativen Preise kann auch der WLW trotz CST wachsen. Dies auch, weil CST nur auf wenigen Relationen wirkt.

Ergebnis Schritt 3b: Resultierende Siedlungsfläche

Aus den in Schritt 2b resultierenden Arbeitsplatzverteilung (vgl. Kapitel 5.3.3) wird hier in Schritt 3b der Siedlungsflächenverbrauch abgeleitet bzw. aus dem Arbeitsflächenverbrauch «zurückgerechnet». Dabei wird der Arbeitsflächenverbrauch je VZÄ ggü. 2015 unverändert belassen. Da jedoch bei einem Nachfrageüberhang im Marktmechanismus neue Wohnflächen geschaffen wurden, ohne die Siedlungsflächen zusätzlich auszudehnen, wirkt sich dies auf die letztlich resultierende Dichte aus.

Die sich in der WMZ befindenden Arbeitsflächen werden analog zu Kapitel 5.2.4 (Ergebnis Schritt 3b: Resultierende Siedlungsfläche) dichter gebaut als ursprünglich mit einer durchschnittlichen Dichte vorgesehen war. Dies geschieht unter der Annahme, dass nur ein Dichtewert pro Zone festlegbar ist. Diese weitere Verdichtung wird nur in Szenario 3 genutzt. Die sich in der Arbeitszone befindenden Arbeitsflächen bedürfen keiner weiteren Verdichtung. Im Gegenteil: In allen Szenarien werden die als Inputgrössen angenommenen durchschnittlichen Dichte nicht realisiert. Dies erfolgt unter der Annahme, dass bereits 2015 bebaute Siedlungsflächen, nach wie vor bebaut sein werden. Ein Rückgang der Siedlungsflächen gegenüber 2015 ist demnach nicht vorgesehen.

Insgesamt steigen die Siedlungsflächen in Szenario 2 am stärksten, gefolgt von Szenario 1 und 3. Pro Szenario unterscheiden sich die Veränderungen je Raumtyp nur geringfügig. Die Siedlungsflächennutzung nach Einzonung und Arbeitsflächenmarkt-Mechanismus sowie unter Berücksichtigung von Automatisierung im Güterverkehr ist in der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

Tab. 84 Siedlungsflächenverbrauch Arbeiten in ha (Veränderung ggü. 2015)

	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinde	Total
S1	20'513 (+5%)	32'044 (+6%)	22'784 (+5%)	75'342 (+5%)
S2	21'526 (+10%)	33'528 (+10%)	24'182 (+11%)	79'236 (+11%)
S3	19'564 (0%)	30'238 (0%)	21'746 (+0%)	71'548 (+0%)

Der Siedlungsflächenverbrauch spiegelt, wie bei den Wohnflächen, zwei Einflussgrössen: die Arbeitsplatzentwicklung verändert die Nachfrage und die raumplanerischen

Rahmenbedingungen definieren, in welcher Form eine Befriedigung dieser Nachfrage erfolgen kann. Wiederum klar erkennbar wird dies in Szenario 3; Die Zunahme der Arbeitsplätze wird in allen drei Raumtypen vollständig durch eine Erhöhung der Siedlungsdichte aufgefangen. In Szenario 2 mit einer nicht-restriktiven Raumplanung hingegen schlägt sich die Zunahme der Arbeitsplätze um rund 16.9 % auch in einem deutlich erhöhten Siedlungsverbrauch nieder.

5.3.5 Zwischenfazit Güterverkehr und Arbeiten

In den vorangegangenen Kapiteln wurde die Anwendung des Wirkungsnetzes für das Jahr 2060 in drei Teilschritten erläutert. Die Abfolge der Schritte macht es besser möglich, die Wechselwirkungen zwischen Güterverkehr und Arbeitsflächen besser sichtbar zu machen und die zentralen Einflussfaktoren im Netz zu erkennen.

Angetrieben werden die **Veränderungen durch die wirtschaftliche Entwicklung, mit einer Beschäftigungszunahme**. Die Urbanisierungstendenz wird auch in diesem Teilnetz ersichtlich. Ähnlich wie bei der Bevölkerung wird auch bei den Arbeitsplätzen eine verstärkte Präferenz für Kernstädte sichtbar. Dieser Trend ist darauf zurückzuführen, dass Branchen mit städtischer Raumtyppräferenz stärker wachsen, so bspw. der Gesundheitssektor. Das resultierende Bild ist jedoch weniger differenziert, als dies im Teilnetz Personenverkehr und Wohnen der Fall ist. Im Gegensatz zu den VHG, wo sich die Bevölkerungszusammensetzung je Szenario unterscheidet, wird bei der **Branchenentwicklung keine szenario-spezifischen Differenzierung** vorgenommen. Die Szenarien liegen deshalb in diesem Teilnetz auch näher beisammen. Unterschiedliche räumliche Entwicklungen resultieren aus dem Zusammenhang von Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung: Branchen mit hoher Kunden- bzw. Marktnähe wie bspw. der Handel, reagieren demnach auf eine Verschiebung der Bevölkerung im Raum. Weil sich die Bevölkerung je Szenario anders auf die Raumtypen verteilt (vgl. 5.2.3, Tab. 55), führt dies auch zu Szenario-spezifischen Unterschieden bei der Verteilung der VZÄ. S3 erscheint, als Folge der Bevölkerungsentwicklung, auch bei der räumlichen Verteilung der Arbeitsplätze als urbanstes Szenario.

Die **Automatisierung und weitere Effekte in der Logistik wirken sich auf die Kostenstruktur für Gütertransporte** aus. Die Szenarien unterscheiden sich in der Höhe der Transportpreise und den betroffenen Verkehrsmitteln. In S2 führen neue Technologien zu grossen Preissenkungen im Strassengüterverkehr. Aufgrund der geringen Preiselastizitäten der Güter und des bereits sehr hohen Marktanteils der Strasse in 2015 macht sich dies aber nicht in spürbaren Modal-Split Verschiebungen bemerkbar. Demgegenüber steht S3, in welchem eine Verlagerung von der Strasse zur Schiene und zu Cargo Sous Terrain stattfindet, was sich aufgrund der unterschiedlichen Charakteristiken der Transportsysteme (Direktverkehr, Hub-and-Spoke) letztlich auf die Verkehrsleistung im Güterverkehr auswirkt.

Die Reduktion der Transportkosten führt zu einer Reaktion von gütertransportintensiven Branchen. Weil Waren günstiger transportiert werden, wird dieser Preisfaktor für die Standortwahl weniger zentral, was zur Dispersion von gütertransportintensiven Branchen führt. Es resultiert eine leichte Verschiebung der gütertransportintensiven Arbeitsplätze in Richtung Agglomerationsgemeinden und ländliche Gemeinden. Die Standortwahleffekte aufgrund veränderter Verkehrsangebote sowie die Verkehrseffekte aufgrund veränderter Standortwahl fallen auch im Teilnetz «Güterverkehr und Arbeiten» vergleichsweise gering aus.

Dennoch wirken sich die Standortwahleffekte auf die durchschnittlichen Transportweiten im Güterverkehr aus. Insbesondere in S3 stehen stark im urbanen Raum konzentrierte Arbeitsplätze (Gesamtwirtschaft) einer Transport- und Logistikbranche gegenüber, welche sich hauptsächlich in den Agglomerationen ansiedelt. Dadurch und aufgrund der höheren Transportweite bei den Bahntransporten erhöht sich die gesamte Verkehrsleistung im Güterverkehr. Diese Verkehrsleistung wird in grösserem Masse als bisher durch den Schienengüterverkehr sowie das neu erstellte Cargo Sous Terrain erbracht. Für den Schienengüterverkehr zeigen die Ergebnisse in S3, dass bei der Realisierung von

Kostenreduktionspotentialen z.B. durch Automatisierung und Smart Rail 4.0 erhebliche Chancen für Marktanteilserhöhungen bestehen, trotz Cargo Sous Terrain, aber unter der Annahme, dass die Produktivitätssteigerungen im Strassengüterverkehr (teilweise) mittels LSVA abgeschöpft werden.

Als weitere Einflussgrösse erscheint, wie bei den Wohnflächen, die **Raumplanung**. Sie definiert über die Siedlungsfläche und die Siedlungsdichte, wie die Siedlungsflächennachfrage «befriedigt» werden kann.

6 Fazit

6.1 Wechselwirkungen Raum und Verkehr

Welche Erkenntnisse ergeben sich aus dem Aufbau des Wirkungsnetzes und seine Anwendungen für Szenarien 2060 im Hinblick auf die Wechselwirkungen Raum und Verkehr, die am Ausgangspunkt dieses Projektes standen? Ein Blick auf die zentralen Zusammenhänge, wie sie im Wirkungsnetz abgebildet sind, bringt einige differenzierte Erkenntnisse zum Vorschein.

So hat sich im Rahmen der Erarbeitung und Anwendung des Wirkungsnetzes gezeigt, dass die Variation einzelner Inputgrössen sehr unterschiedliche Auswirkungen im Wirkungsnetz hat. Die folgende Tabelle gibt eine qualitative Einschätzung zur Wirkung der Inputgrössen auf die Ergebniskennziffern. Die Einschätzungen werden dabei je Ergebniskennziffer relativ zueinander vorgenommen.

Tab. 85 Einschätzung der Relevanz einzelner Inputgrössen

Inputgrösse	Ergebniskennziffern bezogen auf Eckwerte CH Die Einschätzungen werden je Spalte relativ zueinander vorgenommen					
	Verkehrsnachfrage			Siedlungsflächenverbrauch		Räumliche Verteilung der W und A
	Aufkommen Gesamtmodal	Leistung Gesamtmodal	Modal-Split	Wohnen	Arbeiten	
1.) Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung						
Generelles Wachstum: Bevölkerung und Arbeitsplätze	●●●●	●●●●	●	●●●●	●●●●	●● ¹⁾
Struktur (Anteile Verhaltenshomogener Gruppen und Branchenstruktur)	●●	●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●
Räumliche Verteilung	●●	●●	●●	●●●	●●●	
2.) Erreichbarkeit: Generalisierte Kosten (Neue Angebote, Regulativ etc.)						
Personenverkehr	●	●●●	●●●●	●	●	●
Güterverkehr)	●	●●●	●●●●	●●	●●	●●
3.) Raumplanung						
Flächen	●	●●	●●	●●●●	●●●●	●●●
Dichte	●	●●	●●	●●●●	●●●●	●●●

Legende: Qualitative Einschätzung zur Sensitivität der Inputgrössen in Bezug auf die Ergebniskennziffer:

- = Kein oder geringer Einfluss
- = Mittlerer Einfluss
- = Grosser Einfluss
- = Sehr grosser Einfluss

1) Bei Nachfrageüberhang in den einzelnen Regionen; ansonsten 0

Generell zeigte sich, dass die Annahmen zur Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung sowohl auf die Verkehrsnachfrage als auch auf den Siedlungsflächenverbrauch einen grossen Einfluss haben.

Im Wirkungsnetz wird die Erreichbarkeit der Räume über die generalisierten Kosten abgebildet. Diese bestehen aus der Reise- respektive Transportzeit und den wahrgenommenen Transportausgaben für die jeweiligen Verkehrs- bzw. Transportmittel. Die Veränderungen in den Technologien sowie die daraus resultierenden Verkehrsangebote senken die generalisierten Kosten je Szenario unterschiedlich. Am deutlichsten fällt im Personenverkehr die Abnahme der Kosten in Szenario S3 aus, mit der höchsten Durchdringungsrate von hoch automatisierten Fahrzeugen. Im Güterverkehr hingegen ist die Abnahme der Transportkosten aufgrund grösserer relativer Kosteneinsparungen im Strassengüterverkehr bei Szenario S2 am deutlichsten. Dabei wird hier unterstellt, dass die Kostenreduktionspotenziale auch umgesetzt werden können und keine Abschöpfung der Produktivitätsgewinne respektive eine Lenkung durch den Staat z.B. durch Mobility Pricing oder LSVA erfolgt. Je nach verhaltenshomogener Gruppe respektive Branche und ihres Standorts (nach Raumtyp) reagiert die Nachfrage in unterschiedlichem Ausmass auf die Preisänderungen.

Die Kostensenkung hat, unter den getroffenen Annahmen, eine dezentralisierende Wirkung im Raum: Je günstiger das Verkehrsangebot, desto stärker steigen die Verkehrsleistungen und je stärker verschiebt sich die Standortwahl von Bevölkerung und Unternehmen von städtische in ländliche Räume. Dabei spielen verschiedene Einflussfaktoren eine Rolle: die Stärke der Raumpräferenz, die Einkommen bzw. die Wertschöpfung sowie bei den Arbeitsplätzen die Gütertransportintensität. Umweltpolitische und raumpolitisch angestrebte Entwicklungen könnten durch die Kostensenkungen konterkariert werden, wenn diesen nicht regulatorisch begegnet wird. In Szenario S3 erhöhen die Kostensenkungen zwar auch die Verkehrsleistung. Aufgrund des hohen Anteils kollektiver Fahrten und der damit steigenden Auslastungen der Fahrzeuge, könnten sich aber die Fahrleistungen reduzieren, wenn nicht Leerfahrten in bedeutendem Umfang entstehen. In S3 könnte dann eine Steigerung der Verkehrsleistungen mit sinkenden Umweltbelastungen möglich sein.

Die Wirkungsrichtung der Reduktion der generalisierten Kosten auf die räumliche Entwicklung ist klar. Die Wirkungsstärke im Netz zeigte sich vor dem Hintergrund der raumordnerischen Annahmen jedoch als gering. Reduzierte Kosten allein führen nur zu einer geringfügigen Veränderung in der Standortwahl von Haushalten und Unternehmen. Die Erreichbarkeit ist zwar grundsätzlich ein wichtiger Standortfaktor. Angesichts der bereits heute vielerorts hohen Erreichbarkeit fallen relative Veränderungen aber kaum ins Gewicht. Dies zumal städtische Standortqualitäten aufgrund der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung tendenziell an Bedeutung gewinnen. Die dezentralisierenden Effekte reduzierter Kosten wirken da angesichts der generellen Urbanisierungstendenz allenfalls leicht dämpfend.

Die Verschiebung der Bevölkerung aus den Kernstädten in die Agglomerationsgemeinden und in die ländlichen Gemeinden hat wiederum Auswirkungen auf den Verkehr. So sind die Reiseweiten der Bevölkerung im ländlichen Raum und der Anteil des MIV höher als in den Kernstädten. Aufgrund der nur gering veränderten Standortwahl ergeben sich auch wiederum nur marginal höhere Verkehrsleistungen und Modal-Split-Effekte im Vergleich zu den Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung und der neuen Technologien. Die neuen Technologien ohne zusätzliche regulative Massnahmen bewirken in den Szenarien S1 und S2 aber für sich, dass trotz der auch in diesen Szenarien unterstellten Urbanisierung und Innenentwicklung der klassische ÖV und der Fuss- und Veloverkehr stagnieren respektive einen Rückgang des Marktanteils aufweisen werden. Anders ist dies im Szenario S3.

Die Standortwahleffekte der Unternehmen wirken sich auf die durchschnittlichen Transportweiten im Güterverkehr aus: Je disperser die Arbeitsplätze insbesondere in der Transportbranche verteilt sind, umso stärker steigen die Transportleistungen. Wie im Personenverkehr ist auch hier festzuhalten, dass andere Effekte, wie z.B. Modal-Split Veränderungen und dadurch veränderte Transportweiten einen grösseren Einfluss auf die

Transportleistung haben, als die hier ermittelte geringe Veränderung der räumlichen Verteilung der Arbeitsplätze.

Bei der Betrachtung der Wechselwirkungen zwischen Raum und Verkehr ist die Bevölkerung als verbindende Klammer von grosser Bedeutung. Mit einem pauschalen Blick über das ganze Wirkungsnetz hinweg lässt sich demnach festhalten: Die Wechselwirkungen zwischen Raum und Verkehr werden in besonderer Weise durch den Einfluss der verhaltenshomogenen Gruppen mit ihrem spezifischen Raum- und Mobilitätsverhalten geprägt. Ihre gruppenspezifischen Präferenzen beeinflussen sowohl den Verkehrs- wie auch den Wohnungsmarkt. Sie reagieren beispielsweise auch unterschiedlich auf Engpässe im Wohnungsmarkt oder auf veränderte Verkehrsangebote. In der Analyse wurde ersichtlich, dass eine Verschiebung der Anteile zwischen den Gruppen deutliche Veränderungen in der räumlichen Bevölkerungsverteilung sowie der Verkehrsmittelwahl nach sich ziehen. Die Ergebnisse für die Szenarien ergeben somit auch aus den Grundlagen und Annahmen zu den verhaltenshomogenen Gruppen und ihren Charakteristika. So wurden für 2060 zwei neue Bevölkerungsgruppen eingeführt sowie die Anteile der verschiedenen Gruppen an der Gesamtbevölkerung verändert (siehe Kapitel 4.2). Ein Beispiel zur Bedeutung der verhaltenshomogenen Gruppen: Steigt der Anteil der «Netzwerk-Familien» zu Lasten des Anteils «Familientypen» erhöht sich die Wohnflächennachfrage im städtischen Raum und sinkt im ländlichen Raum. Bei Verfügbarkeit von entsprechendem Wohnflächenangebot steigt der Siedlungsflächenverbrauch in Städten. Ferner steigt der Anteil des kollektiven Verkehrs sowie von Fuss- und Veloverkehr, da die «Netzwerk-Familien» mehr kollektive Verkehrsmittel nutzen als die ausgeprägt individuell verkehrenden Familientypen.

Im Weiteren zeigen auch die Effekte neuer Verkehrsangebote, die Raumplanung und die Attraktivität der Räume einen Einfluss auf die Wechselwirkungen. Mit Blick auf den langen Zeithorizont bis 2060 sind diese Aussagen aber mit Vorsicht zu geniessen. Während man sich bei der Wohnstandortwahl auf empirische Zusammenhänge abstützen kann, sind die Wirkungen auf die Unternehmensstandortwahl schwieriger abzuschätzen. Auch dürften sowohl die für 2060 getroffenen Annahmen bezüglich Güterverkehr bzw. Logistikkonzepten als auch die Güterverkehrsnachfrage der Wirtschaft aufgrund veränderter (digitalisierter) Produktionsverfahren mit deutlich grösseren Unsicherheiten behaftet sein.

Zudem sind die (geringen) Wirkungen zumindest teilweise auch auf die Methodik des Wirkungsnetzes bzw. die notwendigen Vereinfachungen zurückzuführen. Das Wirkungsnetz beschreibt mit drei Raumtypen nur grossräumige Entwicklungen auf Makro-Raumbene. Kleinräumige Entwicklungen, etwa innerhalb von Kernstädten, Agglomerationen und in ländlichen Gemeinden mit unterschiedlichen Erreichbarkeiten sowie die Wirkung einzelner Infrastrukturmassnahmen werden nicht ersichtlich. Zudem werden die Raumtypen konstant gehalten. Mit dem Zeithorizont 2060 ist jedoch davon auszugehen, dass sich auch die Raumstruktur gegenüber heute verändert. Insbesondere in den Agglomerationsräumen dürften sich hinter den vorliegenden Ergebnissen für diesen Raumtyp eine räumlich differenzierte Entwicklung verbergen. Agglomerationsräume in Zentrumsnähe dürften bis 2060 weitgehend städtische Charakteristika aufweisen. Aber auch in den ländlichen Regionen sind Veränderungen zu erwarten, wenn etwa periurbane ländliche Räume eine zunehmende Agglomerationsprägung erhalten. Da die Städte aber auch noch städtischer werden, werden weiterhin relative Abstufungen zwischen den Raumtypen bestehen bleiben.

6.2 Überblick zu allen Szenarien

Mit Bezug zu den Szenarien ist eine erste Erkenntnis bei der Betrachtung der Ergebnisse offensichtlich: 2060 werden sowohl die Verkehrsleistung als auch der Siedlungsflächenverbrauch in allen Szenarien gegenüber 2015 zugenommen haben. Eine zentrale Ursache ist ebenso offensichtlich: Die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzzunahme. Um diesen Mengeneffekt nicht zu dominant erscheinen zu lassen, wurden in allen drei Szenarien dieselben Wachstumsannahmen hinterlegt. Dadurch werden auch die in den

Szenarien differenzierten Inputs und deren Effekte in den beiden Teil-Wirkungsnetzen «Personenverkehr und Wohnen» und «Güterverkehr und Arbeiten» besser erkennbar.

Bevölkerungsentwicklung, Wohnmarkt und Siedlungsentwicklung

Die Schweiz 2060 wird in allen drei Szenarien urbaner sein als heute. Es wird angenommen, dass die Anteile von Bevölkerungsgruppen wie auch Branchen, welche eine hohe Präferenz für urbane Räume aufweisen, zunehmen werden. Dies führt zu einem überproportionalen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzwachstum in den städtischen Räumen. Diese Urbanisierungstendenz wird durch die Verbindung von Wohnen und Arbeiten im Wirkungsnetz noch verstärkt. Einzelne Branchen, welche in besonderem Masse auf Kundennähe sowie qualifizierte Mitarbeitende angewiesen sind, folgen in ihrem Standortwahlverhalten der geänderten Bevölkerungsverteilung.

Das Wachstum führt in den städtischen Räumen zu einem Nachfrageüberhang im Wohnungsmarkt (in allen Szenarien) sowie in S3 in geringerem Ausmass auch auf dem Arbeitsflächenmarkt. Im Wirkungsnetz kommt deshalb ein Marktmechanismus zur Anwendung, der Angebot und Nachfrage in Übereinstimmung bringt: Durch eine Ausweitung des Angebotes, eine Reduktion der durchschnittlichen Flächennachfrage sowie eine Verlagerung der Nachfrage in andere Raumtypen.

Die raumplanerischen Rahmenbedingungen führen dazu, dass sich die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung unterschiedlich im Siedlungsflächenverbrauch niederschlägt. Die Bevölkerungsentwicklung verändert die Nachfrage und die raumplanerischen Rahmenbedingungen definieren, in welcher Form eine Befriedigung dieser Nachfrage erfolgen kann. Die unterschiedlichen Annahmen bezüglich zusätzlicher Bauzonen sowie veränderter Dichten in den drei Szenarien sind im resultierenden Ergebnis klar erkennbar. So wird etwa die Bevölkerungszunahme in S3 vollständig durch eine Erhöhung der Siedlungsdichte aufgefangen. Vereinfacht gesagt: Mittels Raumplanung kann die Entwicklung kanalisiert, aber nur beschränkt gelenkt werden.

Neue Technologien und Angebote Personenverkehr

Das Wachstum der Personenverkehrsleistungen von insgesamt +29 bis +39 % ergibt sich wie folgt:

- Aufgrund der Bevölkerungsentwicklung ergibt sich eine Zunahme der Personenverkehrsleistungen von rund 22%: Allein aufgrund der Einwohnerentwicklung sollte der Verkehr in allen Szenarien proportional zur Bevölkerung wachsen (+27%-Punkte). Da sich die Verteilung der verhaltenshomogenen Gruppen bis 2060, zum Beispiel aufgrund der demografischen Alterung, ändert, ergeben sich auch noch Veränderungen beim Verkehrsaufkommen und den Verkehrsleistungen. Dieser Effekt reduziert den Wachstumseffekt um 5%-Punkte.
- Zu diesem Effekt kommen nun die Auswirkungen der neuen Technologien und Angebote hinzu. Diese führen je nach Szenario zu einer deutlichen Senkung der generalisierten Kosten und damit zu einem deutlichen Wachstum der Verkehrsleistungen von +7% bis + 17%-Punkte.
- Veränderung Wohnortwahl aufgrund neuer Verkehrsangebote und daraus folgende Verkehrswirkungen hat sich als marginal gegenüber den vorhergenannten Effekten erwiesen.

In den Szenarien S1 und S2 wachsen die Verkehrsleistungen insgesamt um ca. +30%. Von diesem Wachstum sind 22%-Punkte auf die Bevölkerungsentwicklung (Zunahme und Verteilung VHG) und 7% 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 aus einer veränderten Zielwahl und implizit auch dadurch, dass mehr Personen Zugang zu automatisierter Mobilität haben. Im Szenario S3 bestehen zudem weitere erhebliche Kostensenkungspotentiale, wenn auf privaten PW-Besitz verzichtet wird und die kollektiven Angebote eine hohe Verfügbarkeit und geringe Kosten für den Nachfrager haben.

Welche Fahrleistungen unter Berücksichtigung von Besetzungsgraden und Leerfahrten daraus entstehen, wurde hier mit Fokus auf das Forschungsthema nicht betrachtet. Ebenso nicht, ob und in welchem Umfang die neuen Angebote insbesondere in S3 abgeltungsbedürftig sind.

Neue Technologien und Angebote Güterverkehr

Im Güterverkehr wird die Entwicklung entsprechend der Fortschreibung der Verkehrsperspektiven im AMG 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 waren 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 Modal Split. In S1 und insbesondere in S2 sinken die Kosten im Strassengüterverkehr. Aufgrund der geringen Preiselastizitäten der Güter und des bereits sehr hohen Marktanteils der Strasse in 2015 macht sich dies aber nicht in spürbaren Modal-Split Verschiebungen in S1 und S2 bemerkbar. Demgegenüber steht S3, in welchem eine Verlagerung von der Strasse zur Schiene stattfindet. Hier werden die Effizienzgewinne im Strassengüterverkehr abgeschöpft, so dass die Bahn Anteile hinzugewinnen kann. Aufgrund der unterschiedlichen Charakteristiken der Transportsysteme (Direktverkehr, Hub-and-Spoke) erhöhen sich letztlich in S3 die Verkehrsleistungen im Güterverkehr. Aufgrund fehlender Grundlagen und Literatur konnte anders als im Personenverkehr kein induzierter Güterverkehr ermittelt werden. In S3 erhöht sich die gesamte Verkehrsleistung im Güterverkehr. Nebst den längeren durchschnittlichen Transportweiten tragen dazu auch die Aufkommensverlagerung vom Strassen- auf den Schienengüterverkehr und auf Cargo Sous Terrain bei. Mit Cargo Sous Terrain besteht dabei ein neues Transportmittel, welche sein Aufkommen vor allem von der Strasse und nur zu geringen Anteilen von der Bahn holt. Das der WLWV trotzdem auch wächst, liegt an den unterstellten Verbesserungen des WLWV in S3 (Smart Rail 4.0), die zu erheblichen Kostenreduktionen auf der Schiene führen, während die Kosten für den Strassengüterverkehr nur wenig sinken. Mit den daraus resultierenden Veränderungen der relativen Preise kann auch der WLWV trotz CST wachsen. Dies auch, weil CST nur auf wenigen Relationen wirkt.

Auswirkungen von Leerfahrten, Wirtschaftlichkeit und Abgeltungsbedarf (z.B. Cargo Sous Terrain) sind an hier nicht zu untersuchen.

Differenzierung der Szenarien

Welche Differenzierung wird in den drei Szenarien sichtbar? In der Gesamtbetrachtung über die beiden Teilnetze hinweg hebt sich S3 in seiner Ausprägung klar von den anderen beiden Szenarien ab: als «urbanes» und raumplanerisch restriktives Szenario, mit einer starken Nutzung kollektiver Verkehrsangebote, aber auch einer erheblichen Verkehrsleistungszunahme. S1 und S2 liegen in ihren Annahmen, sowohl was die Bevölkerungs- wie die Angebotsentwicklung betrifft, und damit auch in den resultierenden Wirkungen, näher beisammen.

6.3 Erkenntnisse für die Planung

Die drei Szenarien beschreiben unterschiedliche «Welten» für das Jahr 2060, wobei davon ausgegangen wird, dass die Reise- und Transportkosten durch die neuen Technologien abnehmen und nicht regulativ eingegriffen wird. Mit dem vorliegenden Projekt wurde

versucht, die Entwicklung von Raum und Verkehr im Wechselspiel besser zu verstehen und wesentliche Einflussfaktoren zu erkennen. Ob oder inwieweit die resultierenden Zustände wünschenswert sind oder nicht, soll hier nicht beurteilt werden, da dazu weitere Kriterien wie Fahrleistungen und damit verbundene Emissionen, Ressourcenverbräuche oder Finanzierbarkeit/Wirtschaftlichkeit gehören. Auch gilt es, die zu Grunde liegenden Annahmen zu beachten. Die Erkenntnisse richten sich an die Raum- und die Verkehrsplanung sowie natürlich, im Sinne des Projektes, an deren wechselseitige Abstimmung.

Raumplanung

Unter den Annahmen besitzt die **Raumplanung Möglichkeiten über Siedlungsflächen und Dichten die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung zu beeinflussen und vor allem wesentlich zu kanalisieren**. Wenn, wie in S3, keine zusätzliche Siedlungsfläche ausgedehnt wird, kann auch keine weitere Siedlungsfläche verbraucht werden.

Das Wirkungsnetz lässt erkennen, dass sich eine zentrale raumplanerische Herausforderung künftig noch akzentuieren wird: **Kann in den urbanen Räumen ausreichend Wohn- und Arbeitsraum geschaffen werden?** In allen drei Szenarien ergibt sich ein Nachfrageüberhang, und dies bereits im mittleren Bevölkerungsszenario. Ohne eine (weitere) Erhöhung der Siedlungsdichte wird sich dies nicht realisieren lassen. Planung und Politik machen heute wichtige Schritte zu einer verstärkten Innenentwicklung wie sich in den Revisionen der Bauzonen- und Nutzungspläne zeigt. Diese aktuellen Erfahrungen zeigen aber auch, dass die konkrete Umsetzung mit grossen Herausforderungen verbunden ist. Eine Erhöhung der Siedlungsdichte wird sich nur realisieren lassen, wenn gleichzeitig auch verstärkte Anstrengungen für eine höhere Siedlungsqualität in einem umfassenderen Sinne unternommen werden.

Eine weitere Thematik, die raumplanerische Fragen aufwirft, sind **Flächenbedürfnisse der Unternehmen**. Die diesbezüglichen Annahmen im Wirkungsnetz sind sehr konservativ. Der laufende digitale Transformationsprozess in den Unternehmen, aber auch die Veränderung von Wertschöpfungsketten wird die künftige Nachfrage an Arbeitsflächen verändern, sowohl bezüglich Lage, Grösse und auch Qualität. Dazu wird auch ein veränderter planerischer Zugang zu finden sein.

Raumwirksame Wirkungen ergeben sich auch aus der generellen **Veränderung der Raumattraktivität**. Die Raumplanung leistet hierzu, zusammen mit weiteren raumrelevanten Sektoralpolitiken, einen wichtigen Beitrag. Ein weiterer Einflussfaktor auf der grossmasstäblichen Ebene bildet **die Ausstattung mit öffentlichen Infrastrukturen und Dienstleistungsangeboten**. Ergeben sich hier künftig relative Veränderungen, insbesondere im Stadt-Land-Kontext, dürfte dies die Urbanisierungstendenz weiter verstärken.

Verkehrsplanung

Die folgende Tabelle zeigt die Verkehrsleistungen und die Entwicklung der Modal-Split Anteile. Daran werden anschliessend die Chancen und Risiken für die Verkehrsplanung diskutiert.

Tab. 86 Verkehrsleistung mit neuen Angeboten in Mrd. Pkm und in ([%])
(Endergebnis, d.h. mit Berücksichtigung Wohnstandorte nach Effekte Verkehr)

	Individuelle Fahrten			Kollektive Fahrten				Fuss und Velo
	PW konventionell	PW Level V	Robotaxi, Carsharing	ÖIV	ÖV Schiene	ÖV Strasse	Hyperloop	
2015	69.6 (67.5%)			25.5 (24.7%)				8.0 (7.7%)
	69.6 (67.5%)	-	-	69.6 (67.5%)	-	-	-	
S1	89.1 (67.0%)			35.1 (26.4%)				8.8 (6.6%)
	35.2 (26.4%)	43.8 (32.9%)	10.2 (7.7%)	35.2 (26.4%)	43.8 (32.9%)	10.2 (7.7%)		
S2	93.2 (69.6%)			31.7 (23.7%)				9.0 (6.7%)
	17.9 (13.4%)	59.5 (44.5%)	15.7 (11.7%)	17.9 (13.4%)	59.5 (44.5%)	15.7 (11.7%)		
S3	67.3 (46.9%)			65.1 (45.4%)				11.1 (7.7%)
	12.6 (8.7%)	12.5 (8.7%)	42.2 (29.4%)	12.6 (8.7%)	12.5 (8.7%)	42.2 (29.4%)		

Die individuellen Fahrten wachsen in den Szenarien S1 und S2 deutlich gegenüber 2015, wobei ihr Marktanteil gleichbleibt. Die heutigen verkehrs-, raum- und umweltpolitischen Themen müssten in diesen Szenarien insbesondere verstärkt über Verbesserungen der bestehenden Verkehrsmittel (z.B. Emissionen durch neue Antriebs- und Treibstoffe reduzieren) oder Steuerung und Regulierung des Verkehrssystems gelöst werden. Auch die raumplanerischen Chancen entstehen hier vor allem durch Robotaxis/Carsharing, wenn es gelingt den PW-Besitz dadurch zu reduzieren und damit beispielsweise Parkplätze sowie Ressourcen- und Energiebindung der Fahrzeuge zu reduzieren. In S3 hat das Teilen dann eine entsprechend hohe Bedeutung. Die Verkehrsleistungen der individuellen Fahrten bleiben auf dem Niveau 2015, dann aber mit deutlichen Anteilen Robotaxi und CarSharing. Raum- und Verkehrsplanung müssten hier weitergehende Voraussetzungen schaffen, dass entsprechende Sharing Angebote ermöglicht werden. Dazu gehört zum Beispiel eine entsprechende Parkplatzpolitik.

Die kollektiven Fahrten wachsen ebenfalls in allen drei Szenarien. In S1 und S2 stagniert die Nachfrage im klassischen öffentlichen Verkehr auf heutigem Niveau und der ÖIV (On Demand Service mit Ride Sharing) nimmt das gesamte Wachstum auf. Damit sinken die Marktanteile des klassischen ÖV deutlich. In S3 wächst der klassische ÖV auch aufgrund realisierter Kostensenkungspotentiale und kann damit seine Marktanteile halten. Der ÖIV bietet erhebliche Chancen im kollektiven Verkehr. Er kann für ausgewählte Kundensegmente eine Verbesserung gegenüber dem klassischen öffentlichen Verkehr in Städten und Agglomerationen sowie als Zubringer zur Bahn darstellen. Er stellt eine sinnvolle und mit Blick auf Automatisierung und Digitalisierung notwendige Weiterentwicklung des klassischen ÖV dar. Das Regulativ (z.B. Personenbeförderungsgesetz) ist so anzupassen, dass solche Angebote möglich werden. Die ÖIV-Angebote sind mit dem klassischen ÖV zu koordinieren, evtl. sogar in diesen zu integrieren. Da der ÖIV unreguliert aber auch das Potenzial hat, den Fuss- und Veloverkehr zu konkurrenzieren (vgl. Ergebnisse für S1 und S2), müssen im Rahmen der Vergabe von Betriebsbewilligungen oder Konzessionsvergaben geprüft werden, inwieweit dieses verhindert werden soll (bspw. Mindestfahrweiten je Fahrt). Die Stadt- und Raumentwicklung muss Möglichkeiten für den Betrieb solcher Services schaffen, in dem beispielsweise die Möglichkeiten für Haltepunkte zum Ein- und Aussteigen möglichst viele Optionen zu lassen.

Der klassische ÖV wird in allen Szenarien weiterhin eine Vielzahl von Relationen aufweisen, auf denen die Angebote im Vergleich zu den Alternativen klar besser sind; somit wird er auch bei S2 weiterhin genutzt. Aufgrund der Massenleistungsfähigkeit und des Komforts (im Fernverkehr) bleibt er vor allem als Zubringer zu den Städten von grosser Bedeutung und wird weiterhin die (Kern-) Städte miteinander verbinden. Um das Risiko der Stagnation zu begegnen, muss der klassische ÖV die Kostenreduktionspotentiale der Automatisierung und Digitalisierung konsequent umsetzen. Die Möglichkeiten zur Abstimmung mit und Integration des ÖIV sind zu prüfen. Hier spielen auch die öffentlichen Besteller eine bedeutende Rolle: Wesentlich ist hier, inwieweit die Kostenreduktionspotentiale auch an die Verkehrsteilnehmenden weitergegeben werden (und nicht z.B. vollständig zur Senkung des Abgeltungsbedarfs verwendet werden).

Chancen für die Bahn im Güterverkehr ergeben sich somit, wenn die Möglichkeiten der Automatisierung und Digitalisierung konsequent in Angebotsverbesserungen und Preissenkungen umgesetzt werden, und wenn darüber hinaus die in den Annahmen für Szenario S3 hinterlegten regulatorischen Massnahmen (Preisentwicklungen Strasse) umgesetzt werden. Die Stadt- und Raumplanung sollte hier vor allem auch Flächen für Logistik und Bahnverkehr in Städten und Agglomerationen vorsehen

Bezüglich des Fuss- und Veloverkehrs zeigt sich, dass dieser aufgrund der Bevölkerungsentwicklung und ohne erhebliche zusätzliche Attraktivierungsmassnahmen zwar absolut zunimmt, aber Anteile am Modal-Split verliert. Dies aufgrund der neuen attraktiven Angebote. In S3 wird es mit der Reduktion von Kosten im Fuss- und Veloverkehr (z.B. BikeSharing) möglich, dass der Marktanteil gehalten wird. Mit der Vielzahl neuer elektrischer fahrzeugähnlicher Geräte (z.B. eTrotinett und eBikes) bestehen Chancen für steigende Marktanteile im Fuss- und Veloverkehr. Dies vor allem auch, wenn die übrigen Verkehrsmittel reguliert werden und die Infrastruktur entsprechend ausgebaut wird. Dabei ist aber auch die Diskussion zu führen, inwieweit diese Angebote nicht auch zum motorisierten Individualverkehr gehören und in Städten auch reguliert werden müssen (z.B. Abstellmöglichkeiten). Aufgrund der Flächeneffizienz sind hier aber auch weitere Attraktivierungsmöglichkeiten (Veloschnellrouten etc.) zu prüfen. Risiken entstehen hier vor allem in Bereich der Verkehrssicherheit (z.B. Unfälle eBikes). Auch hier haben Raum- und Verkehrsplanung entsprechende Möglichkeiten vorzusehen.

Insbesondere in S1 und S2 und in den Städten (alle drei Szenarien) besteht die Herausforderung im Umgang mit den zur Verfügung stehenden Verkehrskapazitäten bzw. der Nutzung der Verkehrsflächen und den sich ergebenden Immissionen. Eine Innenentwicklung ist nur möglich, wenn die bestehenden Kapazitäten optimal ausgenutzt werden und der zusätzliche Verkehr mit flächeneffizienten Verkehrsmitteln und/oder mit hohen Kosten (unterirdische Verkehrswege) erfolgt.

Generell stellt sich die Frage, ob und inwieweit die Verkehrsentwicklung durch eine Anhebung der generalisierten Kosten gedämpft oder gesteuert werden kann. Mit einem (verkehrsträgerübergreifenden) Mobility Pricing kann versucht werden die Verkehrsleistungen insgesamt zu reduzieren, angestrebte umweltpolitische Ziele zu erreichen (Integration von Umweltabgaben), einen angestrebten Modal-Split zu erzielen oder Anreize für die Nutzung kollektiver Verkehre zu setzen und die Auslastung der Fahrzeuge im MIV zu steigern. Hier zeigt sich aber, dass bei den generalisierten Kosten die Zeitkomponente (2/3 der Kosten eines Weges) bedeutender ist als die Out-Of-Pocket-Kosten (1/3 der Kosten eines Weges). Angebotsverschlechterungen (Reduktion von Geschwindigkeiten) dürften hier deutlich grössere Wirkungen aufweisen als Preiserhöhungen. Etwaige negative Auswirkungen auf Wirtschaft und Gesellschaft sind aber sorgfältig in entsprechende Überlegungen einzubeziehen.

Die Siedlungsentwicklung sollte weiterhin noch konsequenter auf Bahnhaltstellen und Umsteigepunkte (Mobility Hubs) ausgerichtet werden, damit die Effizienz der entsprechenden Verkehrsmittel genutzt werden kann. Mobillity Hubs sollten vor dem Hintergrund der neuen Angebote vermehrt in die Planungen integriert werden, um die Kombinationsmöglichkeiten von Verkehrsmitteln zu fördern und in Städten die notwendigen Priorisierungen zu ermöglichen.

Abstimmung Verkehrs- und Raumplanung

Alle Szenarien ermöglichen weiterhin Mobilität und Verkehr und damit für alle Bewohner Möglichkeiten zu Austausch und gesellschaftlicher Teilhabe. Dabei ist die Umsetzung in den Szenarien sehr unterschiedlich. **Die vielfältigen (teils laufenden) Arbeiten zu den Auswirkungen der verschiedenen technologischen Entwicklung sind weiter zu vertiefen und zu ergänzen.** Weitere hier nicht bearbeitete Themen wie Wirtschaftlichkeit oder Ressourcenverbrauch sind dabei zu berücksichtigen. Die Verkehrsplanung muss dann einen Weg finden, die «gesellschaftlich» gewünschte Nutzung der neuen Technologien unter Einbezug der Vielfältigkeit dieser gesellschaftlichen Interessen zu ermöglichen.

Vor dem Hintergrund dieses gesellschaftlichen Diskurses ergibt sich dann, wie und wo die neuen Technologien eingesetzt werden sollen. Dabei wird es darum gehen, die Mobilitätsbedürfnisse der Bevölkerung raum- und umweltverträglich zu gestalten. Eine abgestimmte Raum- und Verkehrsplanung, welche die neuen Technologien als Chancen nutzt, Mobilitätsketten und die Verknüpfung der verschiedenen Verkehrsmittel verbessert, kann einen wesentlichen Beitrag zur zukünftigen Entwicklung leisten.

Eine hohe **Raumattraktivität** ergibt sich auch durch eine sorgfältige Gestaltung der Städte, Gemeinden, Quartiere und Areale. Dabei ist eine grosse Herausforderung der Umgang mit dem Verkehr und der Mobilität in den skizzierten dichten Räumen bei gleichzeitiger Gewährleistung eines Zugangs zur überregionalen Verkehrserschliessung, z.B. via Mobility Hubs mit Übergangsmöglichkeiten auf Schiene oder anderer überregionaler Transportmittel.

Die konkrete Aushandlung, welche Nutzung und welche Verkehrsangebote in dichten Räumen wie angeboten und kombiniert werden, ist verstärkt zu diskutieren und planerisch zu berücksichtigen. Neben einer attraktiven Gestaltung von dichten Quartieren mit einer hohen Priorität für Fuss- und Veloverkehr ist auch der Zugang zum motorisierten regionalen Verkehr und zu überregionalen Verkehr (wieder) verstärkt mit in den Planungen zu berücksichtigen. Die in Aussicht stehenden zukünftigen Technologien bieten dazu weitere neue Möglichkeiten. **Mobility Hubs** – unter anderem auch abseits von Bahnhöfen – können als Übergang zwischen verschiedenen überregionalen Transportmitteln und der Fortbewegung in attraktiven Räumen und Quartieren dienen.

Eine wesentliche Herausforderung für die Planung ist die Gestaltung des **Übergangs von überregionalen Verkehrsströmen und -netzen auf regionale Netze und Quartiere**, da sich hier die Zielkonflikte zwischen überörtlicher Erreichbarkeit und dichten Quartieren am stärksten akzentuiert. Hier sind weitere Lösungen zu erarbeiten, die auch die zukünftigen Technologien mit einbeziehen.

Bevölkerung und Werte

Wie oben gezeigt, ist der wesentliche Faktor für die Entwicklungsrichtung die Bevölkerung. So zeigen unterschiedliche Einstellungen und Verhaltensweisen an verschiedenen Stellen grosse Wirkung: persönlicher Flächenbedarf, Fahrzeugbesitz und Verkehrsmittelwahl, Umgang mit Zeit/Budget für Mobilität, Akzeptanz neuer Angebote, Adaption neuer Technologien etc. Hier ergeben sich vielfältige Ansatzpunkte für die Politik auch vermehrt Push-Massnahmen für eine «gewünschte» Entwicklung zu ergreifen. Push-Massnahmen wie z.B. Mobility Pricing sind an sich schon lange bekannt, aber nicht mehrheitsfähig. In Zukunft ist zu prüfen, ob die Massnahmen so attraktiv ausgestaltet und dargestellt werden können, dass sie auch akzeptiert werden können. Neue Wege der Ausgestaltung der Instrumente und der Kommunikation sind dabei zu entwickeln und anzugehen. So sind auch Anreize zu prüfen, ob das eigene Auto zu verzichten, und seine Nachfrage vermehrt mit Sharing-Angeboten zu befriedigen. Dabei ist auch zu prüfen, inwieweit mit neuen Instrumenten die Bevölkerung in eine akzeptierte und gewünschte Richtung gestupst werden kann («Nudging»).

6.4 Bay'sche Netze und Forschungsbedarf

6.4.1 Möglichkeiten und Grenzen Bay'sche Netze

In diesem Projekt wurde das Prinzip der Bay'schen Netze angewendet. Bei Bayes'schen Netzen handelt es sich um eine Darstellung des untersuchten Systems mittels eines logischen Diagramms. Dabei werden bis heute Bay'sche Netze vor allem im Risiko- und Sicherheitsbereich angewendet, wo mit Wahrscheinlichkeiten gerechnet wird. Die Darstellungsweise der Bay'schen Netze dient dem Verständnis des Systems sowie dessen Verhalten und kann auch Hinweise auf risikoreduzierende Massnahmen geben. Die klassischen logischen Diagramme sind Ereignisbäume und Fehlerbäume. Der Nachteil dieser klassischen Methoden ist, dass sie exponentiell mit der Anzahl an Zuständen und Ereignissen wachsen, dass Abhängigkeiten nicht direkt und Unsicherheiten in Bezug auf Systemkomponenten nur bedingt berücksichtigt werden können. Zudem werden diese Diagramm-Bäume unübersichtlich gross. Das eigentliche Ziel, das System und die Zusammenhänge im System übersichtlich zu modellieren, kann mit diesen Hilfsmitteln nicht erreicht werden.

Bayes'sche Netze stellen eine weitere Form der logischen Diagramme dar, die einen entscheidenden Vorteil haben: Sie bleiben auch bei mehreren/komplexen Entscheidungssituationen und vielen Zuständen vergleichsweise klein. Bayes'sche Netze können sowohl Ereignisbäume, Entscheidungsbäume als auch Fehlerbäume vollständig ersetzen, in denen es immer schwierig ist, kausale Abhängigkeiten zu modellieren. Bayes'sche Netze sind hingegen genau für diese Aufgabe entwickelt worden. Die Logik der Bayes'schen Netze bietet die Möglichkeit einer hierarchischen objektbasierten Modellierung des Systems. Bayes'sche Netze kommen im Ingenieurwesen und Sicherheitsmanagement immer häufiger zum Einsatz.

Die **Vorteile der Bay'schen Netze im Vergleich zu den üblichen Modellierungen** im Verkehrsbereich sind wie folgt:

- Bay'sche Netze helfen als Strukturierungselement für komplexe Systeme und Zusammenhänge
- Sie können auch qualitative Einschätzungen integrieren und damit in Berechnungen berücksichtigen. Dies ist insbesondere dort hilfreich, wo keine empirischen Wirkungszusammenhänge oder nur welche mit grossen Unsicherheiten existieren.
- Unsicherheiten könnten zudem besser als bei üblichen Modellen berücksichtigt werden, da Wahrscheinlichkeiten für Werte hinterlegt werden könnten.

Insgesamt sind Bay'sche Netze weniger an einzelnen Zahlen verhaftet und können besser Zusammenhänge in einem grösseren Rahmen darstellen.

Die **Nachteile der Bay'schen Netze im Vergleich zu den üblichen Modellierungen** im Verkehrsbereich sind wie folgt:

- Wenn bereits Wissen über Wirkungszusammenhänge bestehen und empirische Kennzahlen wie Elastizitäten bestehen, dann ist es schwierig, diese in Bay'sche Netze zu integrieren, bzw. die Bay'schen Netze auf die bekannten Wirkungsmodellierungen hin aufzubauen. Sie würden dann sehr detailliert.
- Kritisch ist, dass keine Rückkoppelung im Bay'schen Netz zu den gesetzten Inputs der veränderten Wohnortwahl möglich sind. Bay'sche Netze funktionieren nur in eine Richtung und erzeugen keine Gleichgewichte. Somit müssen Iterationen quasi händisch wieder an den Beginn des Netzes gestellt werden.
- Das Wirkungsnetz berücksichtigt zwar Raumkapazitäten, nicht aber Verkehrskapazitäten und lässt in den einzelnen Raumtypen auch die generalisierten Kosten konstant (also z.B. keine Zunahme der generalisierten Kosten aufgrund zunehmender Staus). Für eine Berücksichtigung solcher Effekte müsste ein

klassisches Verkehrsmodell mit Betrachtung von Fahrleistungen und Verkehrswegen hinterlegt werden, welches zudem auch Leerfahrten berücksichtigt.

Die Methode des Wirkungsnetzes auf Basis der Bayes'schen Netze hat geholfen, die Zusammenhänge zu erkennen und aufzuzeigen. Als Strukturierungselement haben sie sich aus Sicht der Forschungsstelle für die Bearbeitung bewährt. Eine Herausforderung bestand aber darin, Bayes'sche Netze in Reinkultur mit Wahrscheinlichkeitsrechnungen so umzusetzen, dass darin bestehendes Wissen über Wirkungen (z.B. aus Verkehrsmodellierungen) abgebildet werden kann. Dies machte im Forschungsablauf Anpassungen bei der Implementierung des Netzes notwendig und wesentliche Teile wurden in Excel-Tischmodellen bearbeitet.

Da sich Bayes'sche Netze an anderer Stelle bewährt haben, sollte geprüft werden, wie bestehendes Modellierungswissen besser und einfacher in Bayes'schen Netzen implementiert werden könnte.

6.4.2 Forschungsbedarf

Das Projekt hatte zum Ziel, ein Wirkungsnetz zu den Wechselwirkungen von Raum und Verkehr sowie den übergeordneten, determinierenden gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Entwicklungen für das Jahr 2060 auszuarbeiten. Dabei wurde sowohl auf wissenschaftliche Erkenntnisse zu untersuchten Zusammenhängen in der Vergangenheit wie auf Prognosen über künftige Entwicklungen zurückgegriffen. Bei der Hinterlegung des Wirkungsnetzes wurde erkennbar, wo fundierte quantitative Grundlagen vorliegen, und wo auf qualitative Einschätzungen und grobe Annahmen zurückgegriffen werden musste.

Bei der Betrachtung der Wechselwirkungen Raum und Verkehr ist die verbindende Klammer von grosser Bedeutung, die Bevölkerung. Im Wirkungsnetz dieses Forschungsprojektes spielen die verhaltenshomogenen Gruppen eine zentrale Rolle. Mit ihrer jeweils spezifischen Verbindung von Mobilitätsverhalten und Raumpräferenz wirken sie auf das Verkehrssystem und die Raumentwicklung. Hier mussten aber vor allem Annahmen zu zukünftigen Bevölkerungsstruktur und ihren Verhalten / Nachfragewünschen getroffen werden. Hier wären bessere **Grundlagen zur Prognose zu den verhaltenshomogenen Gruppen** (Welche Gruppen, welches Nachfrageverhalten im Verkehr und Wohnen etc.) wünschenswert.

Ferner zeigt sich, dass man sich bei der Wohnstandortwahl auf empirische Zusammenhänge abstützen konnte. Die Wirkungen der im Netz abgebildeten Zusammenhänge von Raumangebot, Verkehr, Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung auf **die Unternehmensstandortwahl** waren bedeutend schwieriger abzuschätzen. Auch dürften sowohl die für 2060 getroffenen Annahmen bezüglich Güterverkehr bzw. **Logistikkonzepten** als auch die Güterverkehrsnachfrage der Wirtschaft aufgrund **veränderter (digitalisierter) Produktionsverfahren** mit deutlich grösseren Unsicherheiten behaftet sein.

Eine wesentliche Lücke ist beim Thema **Güterverkehr** erkennbar. Wesentliche Zusammenhänge sind kaum untersucht. So ist das Thema **«induzierter Verkehr»** für den Güterverkehr nicht untersucht und es liegen keine Planungsgrundlagen diesbezüglich vor. Auch die Zusammenhänge von Beschäftigtenstandorten und Güterverkehr, verknüpft über Logistikkonzepte, sind, über die Betrachtung spezifischer räumlicher Situationen hinaus, wenig untersucht. Hier wären konkrete **Forschungen zu den Auswirkungen von Standortverlagerungen auf Fahrt- und Transportweiten** notwendig.

Die Raumplanung setzt im Wirkungsnetz wesentliche Rahmenbedingungen fest, indem sie Flächen «zur Verfügung stellt». Interessant wäre es, eine stärker steuernde Funktion der Raumplanung auch im Wirkungsnetz abzubilden. **Wie kann in konkreten Areal- und Gebietsentwicklungen über raumplanerische Massnahmen direkt wirkungsvoll Einfluss auf das Mobilitätsverhalten genommen werden?** Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass eine Massnahme je nach Ausgangslage und Kontext

unterschiedliche Wirkungen entfalten kann. Dies erschwert verallgemeinernde Aussagen, die für eine Modellierung genutzt werden können.

Herausfordernd ist die Komplexität der Fragestellung und das Finden der «richtigen Flughöhe» für die Arbeit. Die Frage, «**Wie genau ist genau genug**» lässt sich auch hier nicht abschliessend beantworten. So ermöglichen z.B. die Betrachtung von nur drei Raumtypen nur sehr allgemeine, abstrakte Aussagen. Es wäre zu prüfen, inwieweit durch eine Betrachtung weiterer Raumtypen andere/bessere Aussagen erzielt werden könnten.

Die Methode der Bay'schen Netze hat als Manko, dass Rückkopplungen an sich nicht vorgesehen sind. Hier wäre zu prüfen, ob **Bay'sche Netze in Richtung systemdynamischer Modelle weiterentwickelt** werden sollten, bzw. es wäre zu prüfen, ob gegenseitige Synergien bei den Ansätzen geschaffen werden können.

Anhänge

I	Detaillierte Beschreibung der Knoten des Netzes für 2015	149
I.1	Aufbau der Knotenbeschreibung.....	149
I.2	Personenverkehr.....	149
I.3	Wohnflächen.....	167
I.4	Güterverkehr.....	175
I.5	Arbeitsflächen.....	189
II	Annahmen zu den Szenarien 2060	199
II.1	Personenverkehr.....	199
II.1.1	Verfügbarkeit / Besitz Mobilitätswerkzeuge - Anteil Haushalte ohne PW.....	199
II.1.2	Verfügbarkeit Mobilitätswerkzeuge und generalisierte Kosten Personenverkehr (real) .	199
II.2	Güterverkehr: Konkretisierung Inputgrößen zur Umsetzung der Szenarien im Wirkungsnetz.....	202
II.2.1	Grundlagen.....	202
II.2.2	Annahmen.....	202
III	Ergebnistabellen Verkehr	205
III.1	Personenverkehr.....	205
III.1.1	Je Szenario.....	205
III.1.2	Je Raumtyp.....	209
III.2	Güterverkehr.....	213

I Detaillierte Beschreibung der Knoten des Netzes für 2015

I.1 Aufbau der Knotenbeschreibung

Redaktioneller Hinweis: In den nachfolgenden Tabellen kann die Bezeichnung der Raumtypen von denjenigen im Hauptteil abweichen. Es gelten die Bezeichnungen und Einteilungen im Hauptteil.

Im Folgenden werden alle Knoten in den vier Teilnetzen aufgelistet und beschrieben. Die Beschreibung erfolgt entlang folgender Punkte:

- Elternknoten: Übergeordnete Knoten, die den aktuellen Knoten beeinflussen.
- Kinderknoten: Untergeordnete Knoten, die durch den aktuellen Knoten beeinflusst werden.
- Differenzierung: Sachliche Differenzierung der Kennwerte im Wirkungsnetz
- Einheit: Bezugsgrösse bzw. Dimension der Kennwerte
- Inhalt: Knotendefinition
- Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand: Erläuterung der Grundlagen und Annahmen zur Ermittlung der Kennwerte im Referenzzustand?
- Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle: Erläuterung der Grundlagen und Annahmen zur Ermittlung der Kennwerte in den Anwendungsfällen
- Funktion im Netz: Kurzbeschreibung der Wirkungszusammenhänge

I.2 Personenverkehr

Im Folgenden sind die einzelnen Knoten für das Teilnetz «Personenverkehr» aufgelistet und beschrieben.

MOB «Mobilitätswerkzeug»	Elternknoten (beeinflusst durch): keiner Kinderknoten (Beeinflussung von): MOB-A, MOB-N, GENKOSTEN PV Differenzierung: Mobilitätswerkzeug Einheit: Kategorial Ja/Nein Inhalt: Unterschiedliche Verfügbarkeiten von Mobilitätswerkzeugen (Stand heute + in Zukunft) Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand: <ul style="list-style-type: none">- Betrachtet werden die heutigen Mobilitätswerkzeuge PW konventionell, ÖV Strasse, ÖV Schiene sowie Fuss & Velo. Betrachtet werden die Mobilitätswerkzeuge Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle: <ul style="list-style-type: none">- Resultate aus Teilprojekt Technologieentwicklung EBP-RappTrans (2018)- Eigene Annahmen Funktion im Netz: <p>Der technologische Entwicklungsstrang und die zugelassenen potentiell nutzbaren Mobilitätswerkzeuge haben einen direkten Einfluss auf das Mobilitätsangebot (MOB-A) und die Mobilitätsnachfrage (MOB-N). Die Verfügbarkeit von Mobilitätswerkzeugen dient zur Differenzierung der generalisierten Kosten (GENKOSTEN-PV).</p>
------------------------------------	---

Kennwerte Referenzzustand:

Knotenname	MOB
Inhalt	Verfügbare Mobilitätswerkzeuge
Einheit	-
Mobilitätswerkzeug	Verfügbarkeit
PW konventionell	ja
ÖV Strasse	ja
ÖV Schiene	ja
Fuss- & Velo	ja
PW Level IV / V im Eigenbesitz	nein
Robotaxi / Car Sharing Level 5	nein
ÖIV Level 5 / Robovans / Ride Sharing	nein
Volocopter	nein
Neue Systeme 1 (Hyperloop)	nein
Neue Systeme 2 (MIV Ebene +1)	nein

GENKOSTEN-PV

«Generalisierte Kosten
Personenverkehr»

Elternknoten (beeinflusst durch):

MOB

Kinderknoten (Beeinflussung von):

MOB-N, WEGE-L, WFL-N

Differenzierung:

- Mobilitätswerkzeug
- Raumtyp

Einheit:

CHF/Weg

Inhalt:

Zu erwartende Reisekosten je Weg differenziert nach Mobilitätswerkzeug und Raumtyp. Die Reisekosten setzen sich aus den Zeit- und den Wegkosten (Out-of-pocket) zusammen.

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand/Anwendungsfälle:

- Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2009a)
- Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2009b)
- INFRAS (2017)
- BFS (2017)
- Ecoplan (2010)
- Ewp (2017)
- BFS, ARE (2015)
- Eigene Annahme zur Verteilung Benzin und Dieselfahrzeuge: 67% Benzin, 33% Diesel
- Für die Ermittlung der generalisierten Kosten im Referenzzustand werden die jeweiligen Weglängen des Referenzzustands zugrunde gelegt.
- Für die neuen Mobilitätswerkzeuge werden die generalisierten Kosten noch festgelegt. Soweit möglich werden dabei bestehende Untersuchungen¹³ zugrunde gelegt. EBP (2018a) Weiterentwicklung der Fahrzeugbetriebskostensätze für Kosten-Nutzen-Analysen: Dichte von Treibstoffen, Tankstellenabgabepreise, VSS 2015/116
- Eigene Annahmen zur Verteilung Fuss- und Velowege: 90% Fusswege, 10% Velowege.

¹³ EBP/SOB (2018)

Axhausen et al. (2019, in Erscheinung)

Boesch et al. (2017)

Funktion im Netz:

Eine Veränderung der generalisierten Kosten bewirkt eine veränderte potenziellen Nachfrage nach Mobilitätswerkzeugen (Knoten MOB-N), eine veränderte Weglängen (Knoten WEGE L) sowie eine veränderte Nachfrage nach Wohnfläche (Teilnetz Wohnflächen, Knoten WFL-N).

Kennwerte Referenzzustand:

GENKOSTEN-PV Stadt

Knotenname
 Inhalt Generalisierte Reisekosten
 Einheit CHF/Weg

Mobilitätswerkzeug	Zeitkosten			Wegkosten: Out-Of-Pocket						Generalisierte Kosten
	CHF/Ph	h/Weg	CHF/Weg	CHF/Pkm	l/km	CHF/l	km/Weg	CHF/Weg	CHF / WEG	
PW konventionell	23.29	0.41	9.59	0.088	0.076	1.69	15.3	3.31	12.90	
ÖV Strasse	12	0.35	4.25	0.36	-	-	5.1	1.83	6.07	
ÖV Schiene	17	0.72	12.25	0.19	-	-	34.5	6.55	18.80	
Fuss- & Velo	19.35	0.25	4.92	0.006	-	-	2.0	0.01	4.93	
PW Level IV / V im Eigenbesitz										
Robotaxi / Car Sharing Level 5										
ÖIV Level 5 / Robovans / Ride Sharing										
Volocopter										
Neue Systeme 1 (Hyperloop)										
Neue Systeme 2 (MIV Ebene +1)										

GENKOSTEN-PV Agglomeration

Knotenname
 Inhalt Generalisierte Reisekosten
 Einheit CHF/Weg

Mobilitätswerkzeug	Zeitkosten			Wegkosten: Out-Of-Pocket						Generalisierte Kosten
	CHF/Ph	h/Weg	CHF/Weg	CHF/Pkm	l/km	CHF/l	km/Weg	CHF/Weg	CHF / WEG	
PW konventionell	23.29	0.33	7.57	0.088	0.076	1.69	12.1	2.62	10.19	
ÖV Strasse	12	0.49	5.88	0.36	-	-	7.8	2.81	8.69	
ÖV Schiene	17	1.02	17.41	0.19	-	-	53.3	10.13	27.54	
Fuss- & Velo	19.35	0.33	6.38	0.006	-	-	2.6	0.01	6.40	
PW Level IV / V im Eigenbesitz										
Robotaxi / Car Sharing Level 5										
ÖIV Level 5 / Robovans / Ride Sharing										
Volocopter										
Neue Systeme 1 (Hyperloop)										
Neue Systeme 2 (MIV Ebene +1)										

GENKOSTEN-PV Land

Knotenname
 Inhalt Generalisierte Reisekosten
 Einheit CHF/Weg

Mobilitätswerkzeug	Zeitkosten			Wegkosten: Out-Of-Pocket						Generalisierte Kosten
	CHF/Ph	h/Weg	CHF/Weg	CHF/Pkm	l/km	CHF/l	km/Weg	CHF/Weg	CHF / WEG	
PW konventionell	23.29	0.39	9.07	0.088	0.076	1.69	14.4	3.13	12.20	
ÖV Strasse	12	0.65	7.83	0.36	-	-	11.0	3.98	11.81	
ÖV Schiene	17	1.39	23.56	0.19	-	-	75.8	14.41	37.97	
Fuss- & Velo	19.35	0.29	5.63	0.006	-	-	2.3	0.01	5.64	
PW Level IV / V im Eigenbesitz										
Robotaxi / Car Sharing Level 5										
ÖIV Level 5 / Robovans / Ride Sharing										
Volocopter										
Neue Systeme 1 (Hyperloop)										
Neue Systeme 2 (MIV Ebene +1)										

VH-GRUPPEN

«Verhaltenshomogene
Bevölkerungsgruppe»

Elternknoten (beeinflusst durch):

WFL-USE

Kinderknoten (Beeinflussung von):

MOB-N, MOB-RATE, WFL-N

Differenzierung:

- Verhaltenshomogene Gruppe
- Raumtyp

Einheit:

Anzahl Personen

Inhalt:

Verteilung der verhaltenshomogenen Gruppen in der Schweizer Bevölkerung. Bei der Definition der verhaltenshomogenen Gruppen werden verschiedene Aspekte berücksichtigt, wie Einkommen, Bildung, Präferenzen für bestimmte Raumkategorien etc.

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand

- Interface-Uni Zürich (2019, in Bearbeitung): SVI 2017-001 Verkehr der Zukunft 2060: Demografische Alterung und Folgen für Kapazität und Sicherheit des Verkehrssystems; Daten Universität Zürich, Lieferung Juerg Artho vom 11.5.2018

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle

- SVI 2017-001 Verkehr der Zukunft 2060: Demografische Alterung und Folgen für Kapazität und Sicherheit des Verkehrssystems
- Output aus Knoten WFL-USE

Funktion im Netz:

Eine Veränderung in der Bevölkerungsverteilung der verhaltenshomogenen Gruppen bewirkt eine veränderte potenzielle Nachfrage nach Mobilitätswerkzeugen (MOB-N), veränderte Mobilitätsraten (MOB-RATE) sowie eine veränderte Nachfrage nach Wohnfläche (WFL-N)

Kennwerte Referenzzustand:

VH-Gruppen				
Knotenname	Verteilung der verschiedenen verhaltenshomogenen Gruppen in der Schweizer Bevölkerung			
Inhalt	Anzahl Personen			
Einheit	Anzahl Personen			
Verhaltenshomogene Gruppe	Städtischer Kernraum	Einflussgebiet städtischer Kerne	Gebiete ausserhalb Einfluss städtischer Kerne	Summe
Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	67'854	130'625	150'185	348'664
Küken, 18 bis 24 Jahre	59'116	115'934	58'714	233'763
Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	44'804	25'313	7'805	77'921
Karrieretypen, 24 bis 64 Jahre	597'364	1'119'208	625'565	2'342'137
Familientypen, 25 bis 64 Jahre	301'175	518'343	471'897	1'291'416
Hausfrauen 50+	111'750	162'886	118'806	393'442
Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	386'239	180'013	35'483	601'735
Jüngere Seniorenelite, Altersklasse 65+	225'134	424'052	248'684	897'870
Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+	147'238	137'874	71'235	356'347
Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	76'728	141'852	83'304	301'884
Altersklasse 6 bis 17 Jahre	242'890	445'249	287'326	975'465
0 - 5 Jährige*	0	0	0	0
Dummy 1				
Dummy 2				
Dummy 3				
Summe	2'260'290	3'401'350	2'159'004	7'820'644

*entsprechend Abgrenzung Mikrozensus nicht berücksichtigt

MOB-A
«Mobilitätsangebot»

Elternknoten (beeinflusst durch):

MOB

Kinderknoten (Beeinflussung von):

MOB-USE

Differenzierung:

- Mobilitätswerkzeug
- Raumtyp

Einheit:

%

Inhalt:

Reduktionsfaktoren der Nutzung je Mobilitätswerkzeug unter Berücksichtigung der Kapazitäten

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

- Wirkungsnetz ist so gebildet, dass Reduktionen generell 0 % sind.

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

- Als Input festzulegen

Funktion im Netz:

Die Veränderung der Kapazität pro Mobilitätswerkzeug bewirkt eine veränderte effektive Mobilitätsnutzung.

Kennwerte Referenzzustand:

generell 0 %

MOB-N
«potenzielle
Mobilitätsnachfrage»

Elternknoten (beeinflusst durch):
MOB, GENKOSTEN-PV, VH-GRUPPEN

Kinderknoten (Beeinflussung von):
MOB-USE

- Differenzierung:**
- Mobilitätswerkzeug
 - Raumtyp
 - Verhaltenshomogene Gruppe

Einheit:
% der Wege

Inhalt:
potenzielle Nachfrage nach Mobilitätswerkzeugen je verhaltenshomogene Gruppe und je Raumtyp (=Modalsplit nach Wegen)

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

- Hauptverkehrsmittel je Weg differenziert nach ÖV, MIV, LV, weitere; je verhaltenshomogene Gruppe und je Raumtyp. Daten von Interface, Erhalt per E-Mail von U. Haefeli am 27.6.2018; diese weichen punktuell von den Werten des Mikrozensus ab.
- Abschätzung Verteilung ÖV auf ÖV Strasse und ÖV Schiene: 60% ÖV Strasse, 40% ÖV Schiene. Abschätzung erfolgt auf Basis Mikrozensus 2015, Anteile der Verkehrsmittelkombinationen an der Anzahl Wege im öffentlichen Verkehr (Tabelle G 3.3.3.2)
- Alterskategorie 6 – 17 Jahre: Eigene Annahme unter Einbezug Mikrozensus

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

- Modalsplit Fuss-&Velo analog Referenzzustand
- Modalsplit-Modell MIV-ÖV auf Basis veränderter GENKOSTEN-PV

Logit-Ansatz mit folgenden Kennwerten:

MIV		ÖV	
Konstante	0.185		
Fahrzeit	-1.383	Fahrzeit	-0.921
Preis	-0.050	Preis	-0.050

Quelle: Axhausen und Vrtic (2003)

- Expertenschätzung für Modalsplits zukünftiger Mobilitätswerkzeuge unter Einbezug bestehende Untersuchungen¹⁴

Funktion im Netz:

In Abhängigkeit der verfügbaren Mobilitätswerkzeuge (Knoten MOB) sowie der preislichen Entwicklung der generalisierten Kosten (Knoten GENKOSTEN-PV) und den Präferenzen der verhaltenshomogenen Gruppen (Knoten VH-GRUPPEN) wird die potenzielle Nachfrage durch verhaltenshomogene Gruppen nach Mobilitätswerkzeugen abgebildet.

Kennwerte Referenzzustand:

Knotenname		MOB-N													Stadt					
Inhalt		Anteile Verkehrsmittel nach Anzahl Wege																		
Einheit		%																		
Mobilitätswerkzeug		VH Gruppen													Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5-Jährige*	Dummy 1	Dummy 2	Dummy 3
		Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Küken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Karrieretypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelle, Altersklasse 65+	Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+										
PW konventionell		61.4%	26.4%	18.1%	64.5%	64.2%	39.7%	10.1%	47.6%	8.7%	45.4%	21.1%								
OV Strasse		6.3%	20.2%	20.3%	6.1%	4.6%	7.4%	20.5%	5.9%	17.9%	5.3%	16.2%								
OV Schiene		4.2%	13.5%	13.6%	4.0%	3.9%	5.0%	15.7%	3.9%	12.0%	3.5%	10.8%								
Fuss- & Velo		27.3%	38.1%	47.0%	34.5%	37.9%	46.8%	54.8%	42.0%	60.0%	45.3%	51.8%								
PW Level IV / V im Eigenbesitz																				
Robotaxi / Car Sharing Level 5																				
OV Level 5 / Robovans / Ride Sharing																				
Voloopier																				
Neue Systeme 1 (Hyperloop)																				
Neue Systeme 2 (MIV Ebene +1)																				

Knotenname		MOB-N													Agglomeration					
Inhalt		Anteile Verkehrsmittel nach Anzahl Wege																		
Einheit		%																		
Mobilitätswerkzeug		VH Gruppen													Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5-Jährige*	Dummy 1	Dummy 2	Dummy 3
		Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Küken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Karrieretypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelle, Altersklasse 65+	Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+										
PW konventionell		68.5%	38.1%	20.7%	68.5%	64.7%	54.0%	17.9%	59.7%	13.3%	64.7%	28.9%								
OV Strasse		7.4%	20.0%	21.0%	4.1%	3.1%	4.7%	19.6%	2.9%	13.1%	3.2%	16.0%								
OV Schiene		5.0%	13.4%	14.4%	2.7%	2.1%	3.2%	13.1%	2.0%	9.8%	2.2%	10.7%								
Fuss- & Velo		18.4%	29.4%	41.4%	23.7%	29.7%	37.1%	48.0%	34.5%	62.9%	39.0%	44.4%								
PW Level IV / V im Eigenbesitz																				
Robotaxi / Car Sharing Level 5																				
OV Level 5 / Robovans / Ride Sharing																				
Voloopier																				
Neue Systeme 1 (Hyperloop)																				
Neue Systeme 2 (MIV Ebene +1)																				

Knotenname		MOB-N													Land					
Inhalt		Anteile Verkehrsmittel nach Anzahl Wege																		
Einheit		%																		
Mobilitätswerkzeug		VH Gruppen													Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5-Jährige*	Dummy 1	Dummy 2	Dummy 3
		Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Küken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Karrieretypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelle, Altersklasse 65+	Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+										
PW konventionell		72.1%	42.9%	36.1%	70.3%	68.0%	56.0%	19.4%	59.5%	18.7%	58.3%	34.3%								
OV Strasse		4.9%	14.2%	15.2%	2.8%	1.4%	3.1%	17.3%	1.5%	6.2%	1.0%	11.4%								
OV Schiene		3.3%	9.5%	10.1%	1.9%	1.0%	2.0%	11.6%	1.0%	3.5%	0.6%	7.6%								
Fuss- & Velo		18.7%	32.7%	38.6%	23.6%	28.0%	37.8%	50.6%	36.7%	70.5%	39.7%	46.7%								
PW Level IV / V im Eigenbesitz																				
Robotaxi / Car Sharing Level 5																				
OV Level 5 / Robovans / Ride Sharing																				
Voloopier																				
Neue Systeme 1 (Hyperloop)																				
Neue Systeme 2 (MIV Ebene +1)																				

¹⁴ EBP/SOB (2018)
Axhausen et al. (2019, in Erscheinung)

MOB-USE

«effektive
Mobilitätsnutzung»

$MOB-USE = MOB-N$
falls $MOB-A = 0$

Elternknoten (beeinflusst durch):

MOB-A, MOB-N

Kinderknoten (Beeinflussung von):

WEGE-L, WEGE-N

Differenzierung:

- Mobilitätswerkzeug
- Raumtyp
- Verhaltenshomogene Gruppe

Einheit:

% der Wege

Inhalt:

Spiegelt das Verhältnis wider, in welchem Angebot und Nachfrage je Mobilitätswerkzeug zueinanderstehen (wenn Angebot kleiner Nachfrage müssen verhaltenshomogene Gruppen auf alternative Mobilitätswerkzeuge ausweichen).

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

- Da Reduktionsfaktoren MOB-A generell 0 % sind, gilt $MOB-USE = MOB-N$

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

- $MOB-USE = MOB-N * (1-MOB-A)$

Funktion im Netz:

Den Wahrscheinlichkeiten der potenziellen Nachfrage je verhaltenshomogene Gruppe, Raumtyp und Mobilitätswerkzeug werden die Reduktionsfaktoren aus dem Mobilitätsangebots (MOB-A) gegenübergestellt. Aus der effektiven Mobilitätsnutzung lassen sich im Zusammenspiel mit dem Knoten GENKOSTEN-PV die Anzahl Wege und die zurückgelegten Weglängen sowie eine veränderte Wohnflächennachfrage (WFL-N) ableiten.

Kennwerte Referenzzustand:

Analog Knoten MOB-N

MOB-RATE
«Mobilitätsraten»

Elternknoten (beeinflusst durch):
VH-GRUPPEN

Kinderknoten (Beeinflussung von):
WEGE-N

- Differenzierung:**
- Verhaltenshomogene Gruppe
 - Raumtyp

Einheit:
Wege im Inland/Person/Tag

Inhalt:
Mittlere Mobilitätsraten der unterschiedlichen verhaltenshomogenen Gruppen, unabhängig von Mobilitätswerkzeugen

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand/Anwendungsfälle

- Durchschnittliche Anzahl Wege pro Tag im Inland je verhaltenshomogene Gruppe differenziert nach Raumtyp, Basis Mikrozensus Verkehr 2000 – 2015, Daten von Interface-Uni Zürich (2019, in Bearbeitung), Erhalt per E-Mail von Juerg Artho am 11.5.2018

Funktion im Netz:

Die Mobilitätsraten definieren zusammen mit den genutzten Mobilitätswerkzeugen und den verhaltenshomogenen Gruppen (VH-GRUPPEN) die tatsächliche Anzahl Wege je Mobilitätswerkzeug (WEGE-N).

Kennwerte Referenzzustand/Anwendungsfälle

Raumtyp	VH Gruppen														
	Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Küken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Karrieretypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelite, Altersklasse 65+	Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Finanziell abgesicherte Seniorinnen	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5 Jährige*	Dummy 1	Dummy 2	Dummy 3
Stadt	3.84	3.46	3.57	3.91	3.62	3.04	3.62	3.07	2.30	2.42	3.58				
Agglomeration	3.73	3.41	3.48	3.80	3.62	2.94	3.33	2.90	2.10	2.45	3.50				
Land	3.93	3.48	3.13	3.84	3.64	3.02	3.46	2.77	1.96	2.25	3.58				

WEGE-L
«Weglänge»

Elternknoten (beeinflusst durch):
MOB-USE, GENKOSTEN-PV

Kinderknoten (Beeinflussung von):
PV-LEISTUNG

Differenzierung:

- Mobilitätswerkzeug
- Raumtyp
- Verhaltenshomogene Gruppe

Einheit:
km/Weg

Inhalt:
Mittlere Weglänge pro zurückgelegtem Weg in Abhängigkeit der generalisierten Kosten

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand

- BFS, ARE (2015) (Umrechnungen erforderlich, da Raumtypeneinteilung unterschiedlich)
- Aus den vorliegenden Kennwerten Wege N und aus den entsprechenden Tagesdistanzen wird die mittlere Weglänge abgeleitet. Da die Modalsplit-Werte aus der Lieferung von U. Haefeli vom 27.6.2018 zugrunde gelegt werden, ergeben sich zum Teil vom Mikrozensus abweichende Längen. Betrachtet man aber die hier letztendlich relevanten Verkehrsleistungen, stimmen die Verkehrsleistungen mit den Werten aus dem Mikrozensus überein.

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle

- Veränderung der GENKOSTEN-PV bewirkt eine veränderte mittlere Weglänge. Die neue mittlere Weglänge je Mobilitätswerkzeug, Raumtyp und verhaltenshomogene Gruppe wird so ermittelt, dass die generalisierten Kosten je Weg gleich hoch sind. Nehmen die generalisierten Kosten im Anwendungsbeispiel ab, so nimmt die Weglänge zu.

Funktion im Netz:

Die mittlere Weglänge ist abhängig von der effektiven Mobilitätsnutzung (MOB-USE) und den generalisierten Kosten (GENKOSTEN-PV). Zusammen mit der mittleren Anzahl an Wege pro Mobilitätswerkzeug (WEGE-N) ergibt sich schliesslich die Personenverkehrsleistung (PV-LEISTUNG).

Kennwerte Referenzzustand:

Knotenname WEGE-L Stadt Inhalt Mittlere Weglänge pro zurückgelegtem Weg Einheit km/Weg												
Mobilitätswerkzeug	VH Gruppen											
	Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Kiiken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Kariertypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelle, Altersklasse 65+	Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5 Jährige*
PW konventionell	14,48	14,48	14,48	16,02	16,02	16,02	16,02	13,53	13,53	13,53	14,73	
OV Strasse	4,56	4,56	4,56	5,42	5,42	5,42	5,42	6,00	6,00	6,00	1,73	
OV Schiene	30,97	30,97	30,97	36,84	36,84	36,84	36,84	40,75	40,75	40,75	11,74	
Fuss- & Velo	2,41	2,41	2,41	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	1,61	
PW Level IV / V im Eigenbesitz												
Robotaxi / Car Sharing Level 5												
OV Level 5 / Robovans / Ride Sharing												
Voloporter												
Neue Systeme 1 (Hyperloop)												
Neue Systeme 2 (MIV Ebene +1)												

Knotenname WEGE-L Agglomeration Inhalt Mittlere Weglänge pro zurückgelegtem Weg Einheit km/Weg												
Mobilitätswerkzeug	VH Gruppen											
	Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Kiiken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Kariertypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelle, Altersklasse 65+	Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5 Jährige*
PW konventionell	11,47	11,47	11,47	12,69	12,69	12,69	12,69	10,74	10,74	10,74	11,71	
OV Strasse	8,38	8,38	8,38	9,38	9,38	9,38	9,38	9,38	9,38	9,38	2,41	
OV Schiene	57,25	57,25	57,25	67,25	67,25	67,25	67,25	64,12	64,12	64,12	18,48	
Fuss- & Velo	3,38	3,38	3,38	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,08	
PW Level IV / V im Eigenbesitz												
Robotaxi / Car Sharing Level 5												
OV Level 5 / Robovans / Ride Sharing												
Voloporter												
Neue Systeme 1 (Hyperloop)												
Neue Systeme 2 (MIV Ebene +1)												

Knotenname WEGE-L Land Inhalt Mittlere Weglänge pro zurückgelegtem Weg Einheit km/Weg												
Mobilitätswerkzeug	VH Gruppen											
	Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Kiiken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Kariertypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelle, Altersklasse 65+	Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5 Jährige*
PW konventionell	13,72	13,72	13,72	15,18	15,18	15,18	15,18	12,85	12,85	12,85	14,02	
OV Strasse	11,88	11,88	11,88	11,88	11,88	11,88	11,88	13,60	13,60	13,60	3,17	
OV Schiene	81,54	81,54	81,54	81,54	81,54	81,54	81,54	83,62	83,62	83,62	21,74	
Fuss- & Velo	2,96	2,96	2,96	2,35	2,35	2,35	2,35	2,28	2,28	2,28	1,83	
PW Level IV / V im Eigenbesitz												
Robotaxi / Car Sharing Level 5												
OV Level 5 / Robovans / Ride Sharing												
Voloporter												
Neue Systeme 1 (Hyperloop)												
Neue Systeme 2 (MIV Ebene +1)												

WEGE-N

«Anzahl Wege»

Elternknoten (beeinflusst durch):

MOB-USE, MOB-RATE

Kinderknoten (Beeinflussung von):

PV-LEISTUNG

Differenzierung:

- Mobilitätswerkzeug
- Raumtyp
- Verhaltenshomogene Gruppe

Einheit:

Anzahl Wege im Inland/Tag/Person

Inhalt:

Mittlere Anzahl Wege im Inland pro effektiv genutztem Mobilitätswerkzeug differenziert nach Raumtyp und verhaltenshomogene Gruppe

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand/Anwendungsfälle

- Eigene Berechnung als Funktion von MOB-RATE und MOB-USE

Funktion im Netz:

Die mittlere Anzahl an Wegen je Raumtyp, je verhaltenshomogene Gruppe und je Mobilitätswerkzeug setzt sich aus der Multiplikation der effektiven Anteile der Mobilitätswerkzeuge (MOB-USE) und den Mobilitätsraten (MOB-RATE) zusammen.

Mittels Multiplikation mit den Faktoren Bevölkerungsanzahl je Raumtyp und je verhaltenshomogene Gruppe sowie der Anzahl Tage je Jahr (365) werden die Verkehrsaufkommen gemäss Ergebnistabelle ermittelt.

Kennwerte Referenzzustand:

Knottenname **Wege N** **Stadt**
Inhalt Verhältnis von Angebot und Nachfrage je Mobilitätswerkzeug
Einheit Anz Wege/Tag und Person

Mobilitätswerkzeug	VH Gruppen											Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5 Jährige	Dummy 1	Dummy 2	Dummy 3
	Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Küken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Karrieretypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorinnen, Altersklasse 65+	Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+								
PW konventionell	2,36	0,91	0,65	2,13	1,98	1,21	0,37	1,46	0,20	1,10	0,76	0,00					
OV Strasse	0,24	0,70	0,73	0,24	0,17	0,23	0,74	0,18	0,41	0,13	0,58	0,00					
OV Schiene	0,16	0,47	0,48	0,18	0,11	0,15	0,50	0,12	0,28	0,09	0,36	0,00					
Fuss- & Velo	1,05	1,32	1,68	1,35	1,36	1,42	1,98	1,25	1,38	1,10	1,86	0,00					
PW Level IV / V im Eigenbesitz																	
Robotaxi / Car-Sharing Level 5																	
OV Level 5 / Robovans / Ride-Sharing																	
Voloceptor																	
Neue Systeme 1 (Hyperloop)																	
Neue Systeme 2 (MV Ebene +1)																	

Knottenname **Wege N** **Agglomeration**
Inhalt Verhältnis von Angebot und Nachfrage je Mobilitätswerkzeug
Einheit Anz Wege/Tag und Person

Mobilitätswerkzeug	VH Gruppen											Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5 Jährige*	Dummy 1	Dummy 2	Dummy 3
	Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Küken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Karrieretypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorinnen, Altersklasse 65+	Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+								
PW konventionell	2,56	1,23	0,72	2,60	2,34	1,59	0,60	1,73	0,28	1,34	1,01	0,00					
OV Strasse	0,28	0,68	0,75	0,15	0,11	0,14	0,65	0,09	0,28	0,08	0,56	0,00					
OV Schiene	0,19	0,48	0,50	0,10	0,08	0,09	0,44	0,06	0,18	0,05	0,37	0,00					
Fuss- & Velo	0,69	1,00	1,44	0,90	1,00	1,00	1,60	1,00	1,52	0,90	1,65	0,00					
PW Level IV / V im Eigenbesitz																	
Robotaxi / Car-Sharing Level 5																	
OV Level 5 / Robovans / Ride-Sharing																	
Voloceptor																	
Neue Systeme 1 (Hyperloop)																	
Neue Systeme 2 (MV Ebene +1)																	

Knottenname **Wege N** **Land**
Inhalt Verhältnis von Angebot und Nachfrage je Mobilitätswerkzeug
Einheit Anz Wege/Tag und Person

Mobilitätswerkzeug	VH Gruppen											Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5 Jährige*	Dummy 1	Dummy 2	Dummy 3
	Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Küken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Karrieretypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorinnen, Altersklasse 65+	Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+								
PW konventionell	2,83	1,49	1,13	2,70	2,48	1,89	0,67	1,85	0,37	1,31	1,23	0,00					
OV Strasse	0,19	0,49	0,47	0,11	0,05	0,09	0,60	0,04	0,10	0,02	0,41	0,00					
OV Schiene	0,13	0,23	0,32	0,07	0,03	0,06	0,40	0,03	0,07	0,01	0,27	0,00					
Fuss- & Velo	0,73	1,14	1,21	0,91	1,02	1,14	1,75	1,02	1,38	0,89	1,67	0,00					
PW Level IV / V im Eigenbesitz																	
Robotaxi / Car-Sharing Level 5																	
OV Level 5 / Robovans / Ride-Sharing																	
Voloceptor																	
Neue Systeme 1 (Hyperloop)																	
Neue Systeme 2 (MV Ebene +1)																	

PV-LEISTUNG

«Personenverkehrsleistung»

Elternknoten (beeinflusst durch):

WEGE-L, WEGE-N

Kinderknoten (Beeinflussung von):

keiner

Differenzierung:

- Mobilitätswerkzeug
- Raumtyp
- Verhaltenshomogene Gruppe

Einheit:

Mio. Personenkilometer pro Jahr

Inhalt:

Verkehrsleistung im Personenverkehr in Personenkilometer pro Jahr, differenziert nach effektiv genutzten Mobilitätswerkzeugen je Raumtyp

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand/Anwendungsfälle

- Berechnung als Funktion von mittlerer Anzahl Wege, mittlerer Weglänge und Bevölkerungsanzahl je Raumtyp und je verhaltenshomogene Gruppe

Funktion im Netz:

Die erwartete Verkehrsleistung im Personenverkehr je Person und Tag ergibt sich als Produkt aus der Anzahl Wegen (WEGE-N) und den mittleren Weglängen (WEGE-L), differenziert nach Mobilitätswerkzeugen, Raumtyp und verhaltenshomogenen Gruppen.

Mittels Multiplikation mit den Faktoren Bevölkerungsanzahl je Raumtyp und je verhaltenshomogene Gruppe sowie der Anzahl Tage je Jahr (365) werden die Verkehrsleistungen gemäss Ergebnistabelle ermittelt.

Kennwerte Referenzzustand:

Knotenname		PV-Leistung													Stadt		
Inhalt		Verkehrsleistung CH													Mio. Pkm/a		
Einheit		Mio. Pkm/a															
Mobilitätswerkzeug	Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Küken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Karrieretypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelle, Altersklasse 65+		Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5 Jährige*	Dummy 1	Dummy 2	Dummy 3	
								Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelle, Altersklasse 65+								
PW konventionell	846	283	153	744	3453	78	828	1629		146	417	391	0	0	0	0	
OV Strasse	27	69	54	230	98	90	669	89		133	21	89	0	0	0	0	
OV Schiene	124	312	245	1270	446	228	2572	492		603	97	402	0	0	0	0	
Fuss- & Velo	63	68	68	609	309	120	978	213		148	62	266	0	0	0	0	
PW Level IV / V im Eigenbesitz																	
Robotaxi / Car Sharing Level 5																	
OV Level 5 / Robotaxis / Ride Sharing																	
Voloceptor																	
Neue Systeme 1 (Hyperloop)																	
Neue Systeme 2 (MIV, Ebene +1)																	

Knotenname		PV-Leistung													Agglomeration		
Inhalt		Verkehrsleistung CH													Mio. Pkm/a		
Einheit		Mio. Pkm/a															
Mobilitätswerkzeug	Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Küken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Karrieretypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelle, Altersklasse 65+		Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5 Jährige*	Dummy 1	Dummy 2	Dummy 3	
								Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelle, Altersklasse 65+								
PW konventionell	1397	598	70	13453	5524	1198	498	2874		151	744	1924	0	0	0	0	
OV Strasse	111	243	58	530	179	69	360	124		130	39	220	0	0	0	0	
OV Schiene	606	1106	269	2418	818	316	1641	364		994	178	1002	0	0	0	0	
Fuss- & Velo	111	144	43	369	545	174	292	402		173	129	525	0	0	0	0	
PW Level IV / V im Eigenbesitz																	
Robotaxi / Car Sharing Level 5																	
OV Level 5 / Robotaxis / Ride Sharing																	
Voloceptor																	
Neue Systeme 1 (Hyperloop)																	
Neue Systeme 2 (MIV, Ebene +1)																	

Knotenname		PV-Leistung													Land		
Inhalt		Verkehrsleistung CH													Mio. Pkm/a		
Einheit		Mio. Pkm/a															
Mobilitätswerkzeug	Nestwärmer, 18 bis 24 Jahre	Küken, 18 bis 24 Jahre	Ausgeflogene, 18 bis 24 Jahre	Karrieretypen, 24 bis 64 Jahre	Familiertypen, 25 bis 64 Jahre	Hausfrauen 50+	Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelle, Altersklasse 65+		Unterprivilegierte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Finanziell abgesicherte Seniorinnen, Altersklasse 65+	Altersklasse 6 bis 17 Jahre	0 - 5 Jährige*	Dummy 1	Dummy 2	Dummy 3	
								Urbane Singles, 25 bis 64 Jahre	Jüngere Seniorenelle, Altersklasse 65+								
PW konventionell	2130	439	44	9355	6481	1114	132	1924		122	512	1806	0	0	0	0	
OV Strasse	126	126	18	300	107	48	92	51		38	9	135	0	0	0	0	
OV Schiene	576	929	74	1372	491	118	423	298		41	168	619	0	0	0	0	
Fuss- & Velo	119	72	10	486	413	116	53	211		82	62	300	0	0	0	0	
PW Level IV / V im Eigenbesitz																	
Robotaxi / Car Sharing Level 5																	
OV Level 5 / Robotaxis / Ride Sharing																	
Voloceptor																	
Neue Systeme 1 (Hyperloop)																	
Neue Systeme 2 (MIV, Ebene +1)																	

I.3 Wohnflächen

Im Folgenden sind die einzelnen Knoten für das Teilnetz «Wohnflächen» aufgelistet und beschrieben

W-ATTR

«Raumattraktivität
Wohnflächen»

Elternknoten (beeinflusst durch):

keiner

Kinderknoten (Beeinflussung von):

WFL-N

Differenzierung:

Attraktivitätsniveau

Einheit:

Prozent

Inhalt:

Indikator für die relative Attraktivitätsveränderung der Raumtypen gegenüber einem Basisjahr (Referenzjahr = 1 resp. 100%). Die Raumattraktivität beinhaltet Aspekte wie Raumausstattung mit technischer und sozialer Infrastruktur sowie regionale Wettbewerbsfähigkeit.

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

Der Referenzzustand entspricht 1 resp. 100 %

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

Eigene Annahmen: Einschätzung zur Raumattraktivität wird qualitativ aus den Szenarien der Paketleitung hergeleitet und liegt zwischen 0 und ∞ .

Funktion im Netz:

Eine Veränderung der Raumattraktivität der Wohnflächen bewirkt, zusammen mit dem Flächenverbrauch pro verhaltenshomogener Gruppe (Link zu Teilnetz Personenverkehr, Knoten VH GRUPPEN) und den Transportkosten (Link zu Teilnetz Personenverkehr, Knoten GENKOSTEN-PV), eine Veränderung der Wohnflächennachfrage (Knoten WFL-N).

Kennwerte Referenzzustand:

Wert	Wohnattraktivität		
	Stadt	Agglo	Land
	1	1	1

SFL-POT-W«Siedlungsflächen-
angebot für Wohnen»**Elternknoten (beeinflusst durch):**

Keine

Kinderknoten (Beeinflussung von):

POT WFL-A

Differenzierung:

Siedlungsfläche nach Zone und Raumtyp

Einheit:m²**Inhalt:**

Siedlungsflächenangebot (Stand heute + in Zukunft)

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

- Siedlungsflächenverbrauch gem. Bauzonenstatistik
- Eigene Einschätzung

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

Eigene Annahmen

Funktion im Netz:

Eine Veränderung des Siedlungsflächenangebots für Wohnen bewirkt zusammen mit der vorgegebenen Siedlungsflächendichte (Knoten SFL-Dichte) ein verändertes potenzielles Wohnflächenangebot (Knoten POT WFL-A).

Kennwerte Referenzzustand/Anwendungsfälle:

	Bauzone (m2)		
	Stadt	Agglo	Land
W	123'483'137	373'427'872	268'447'999
M	17'284'627	47'185'976	36'093'000
Z	6'863'437	40'574'448	77'155'603
Total	147'631'201	461'188'296	381'696'603
		Gesamttotal	990'516'100

Es wird das gleiche Siedlungsflächenangebot für den Referenzzustand und die beiden Anwendungsfälle verwendet.

SFL-Dichte«Siedlungsflächen-
dichte»**Elternknoten (beeinflusst durch):**

Keine

Kinderknoten (Beeinflussung von):

SFL-VERBR-W, POT WFL-A

Differenzierung:

- Wohn-, Misch- und Zentrumszone
- Raumtypen

Einheit:m² Bruttogeschossfläche / m² Siedlungsfläche**Inhalt:**

Nach der Grösse der Bauzone gewichteter Schnitt der baulichen Dichte.

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:Eigene Annahmen zum raumtypspezifischen Faktor der realisierbaren Bruttogeschossfläche BGF in m² für Wohnen auf der verfügbaren Siedlungsfläche.**Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:**

Annahmen zu verändertem Siedlungsflächenangebot anhand veränderter raumplanerischer und baurechtlicher Vorgaben

Funktion im Netz:

Eine Veränderung der Siedlungsflächendichte für Wohnen bewirkt zusammen mit der potenziellen Siedlungsfläche für Wohnen (Knoten SFL-POT-W) ein verändertes potenzielles Wohnflächenangebot (Knoten POT WFL-A). Zudem definiert sie in Abhängigkeit des prozentualen Anteils der befriedigten Wohnflächennachfrage (Knoten WFL-USE) die Inanspruchnahme der Siedlungsfläche für Wohnen (Knoten SFL-VERBR-W).

Kennwerte Referenzzustand:

	Dichte (BGF/Bauzone)		
	Stadt	Agglo	Land
W	0.70	0.50	0.40
M	0.80	0.60	0.40
Z	0.90	0.70	0.50
Gewichtete mittlere Dichte	0.72	0.53	0.42

Inputtabelle zur Berechnung POT WFL-A

	Bauzone (ha)		
	Stadt	Agglo	Land
Dichte /Ausgangswert	0.72	0.53	0.42
Dichte (resultierend)	0.72	0.40	0.29
nötige Veränderung in der Dichte	-	-0.13	-0.13

Korrigierte Inputtabelle zur Berechnung SFL-VERBR-W

WFL-N«Wohnflächen-
nachfrage»**Elternknoten (beeinflusst durch):**

GENKOSTEN-PV, MOB-USE, VH GRUPPEN, W-ATTR

Kinderknoten (Beeinflussung von):

WFL-USE

Differenzierung:

- verhaltenshomogene Gruppe
- Raumtyp

Einheit:BGF in m²**Inhalt:**

Anhand des durchschnittlichen BGF-Verbrauchs pro verhaltenshomogener Gruppe pro jeweiligem Raumtyp wird die nachgefragte Wohnfläche BGF in m² abgebildet.

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

- Anzahl Personen pro VH-Gruppe nach Interface
- Durchschnittlicher Wohnflächenverbrauch je Person/VHG/Raumtyp:
 - o Fahrländer Partner und Sotomo (2017)
 - o Interface-Uni Zürich (2019, in Bearbeitung)
 - o eigene Annahmen zur Berücksichtigung Einkommen und Haushaltgrößen

BGF in m2		Stadt	Agglo	Land
Nestwärmer	VhG1	40	44	44
Küken	VhG2	39	43	43
Ausgeflogene	VhG3	43	47	47
Karrieretypen	VhG4	51	56	56
Familiientypen	VhG5	40	44	44
Hausfrauen 50+	VhG6	43	48	48
Urbane Singles	VhG7	46	51	51
Jüngere Seniorenelite	VhG8	45	49	49
Unterprivilegierte Seniorin	VhG9	43	47	47
Finanziell abgesicherte Se	VhG10	43	47	47
Kinder 6 bis 17 Jahre	VhG11	15	16	16
Neu2	VhG12			

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

Annahmen zu verändertem Verhalten oder Grösse der Bevölkerung (Knoten VH GRUPPEN), zu veränderter Attraktivierung, (Knoten W-ATTR) sowie veränderten Mobilitätskosten (GENKOSTEN-PV) und -verhalten (MOB-USE)

Funktion im Netz:

In Abhängigkeit der Modal-Split-gewichteten Kosten im Personenverkehr (Knoten MOB-USE und GENKOSTEN-PV), dem gesamten Flächenverbrauch aller verhaltenshomogener Gruppen (Knoten VH GRUPPEN) sowie der Wohnattraktivität (Knoten W-ATTR) wird die effektive Nachfrage nach Wohnflächen abgebildet (Knoten WFL-N). Eine Veränderung der Nachfrage nach Wohnflächen wirkt sich direkt auf die Wohnflächennutzung (Knoten WFL-Use) aus.

Kennwerte Referenzzustand:

VH Gruppen	m2-BGF Nachfrage			
	Stadt	Agglo	Land	Total
VhG1	2'745'859.65	5'777'773	6'642'929	15'166'561
VhG2	2'312'432	4'956'850	2'510'364	9'779'646
VhG3	1'997'683	1'237'575	381'583	3'616'842
VhG4	31'290'141	64'187'150	35'876'472	131'353'763
VhG5	12'918'152	24'439'928	22'249'966	59'608'046
VhG6	4'857'555	7'738'967	5'644'688	18'241'210
VhG7	18'658'876	9'538'621	1'880'169	30'077'666
VhG8	10'054'379	20'699'673	12'139'278	42'893'331
VhG9	6'331'504	6'480'380	3'348'217	16'160'101
VhG10	3'278'582	6'625'219	3'890'706	13'794'506
VhG11	3'639'028	7'291'349	4'705'210	15'635'587
VhG12	-	-	-	-
VhG13	-	-	-	-
Total	98'084'193	158'973'485	99'269'581	356'327'259

POT WFL-A

«potenzielles Wohnflächenangebot»

Elternknoten (beeinflusst durch):

SFL-POT-W, SFL-Dichte

Kinderknoten (Beeinflussung von):

WFL-USE

Differenzierung:

Nach Zonen und Raumtyp

Einheit:

BGF in m²

Inhalt:

Anhand der vorgängig eruierten Siedlungsflächen (SFL-POT-W) und -dichten (SFL-Dichte) wird je Raumtyp das maximal mögliche BGF-Angebot in m² bestimmt.

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

Siedlungsflächenbestimmungen aus den planerisch-regulatorischen Vorgaben, resultierend aus den vorangehenden Knoten.

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

Mögliche Szenarien in den Knoten SFL-Dichte und SFL-POT-W

Funktion:

In Abhängigkeit der maximal möglichen Siedlungsflächen (Knoten SFL-POT-W) und -dichten (Knoten SFL-Dichte) wird das maximal mögliche Wohnflächenangebot abgebildet (Knoten POT WFL-A). Eine Veränderung des Wohnflächenangebots bestimmt, zusammen mit der Wohnflächennachfrage (Knoten WFL-N) und dem gesamten Flächenverbrauch aller verhaltenshomogenen Gruppen (Knoten VH GRUPPEN), über die maximal befriedigte Wohnflächennutzung (Knoten WFL-Use).

Kennwerte Referenzzustand:

	BGF (m2)		
	Stadt	Agglo	Land
W	86'438'196	186'713'936	107'379'200
M	13'827'702	28'311'586	14'437'200
Z	6'177'093	28'402'114	38'577'802
Total	106'442'991	243'427'635	160'394'201
		Gesamttotal	510'264'828

WFL-USE

«Befriedigte Nachfrage nach Wohnflächen»

Elternknoten (beeinflusst durch):

WFL-N, POT WFL-A

Kinderknoten (Beeinflussung von):

VH GRUPPEN, SFL-VERBR-W, AFL-N

Differenzierung:

- Wohnflächenverbrauch je verhaltenshomogener Gruppe und Raumtyp
- Anzahl Personen je verhaltenshomogener Gruppe und Raumtyp

Einheit:

Anzahl, m2

Inhalt:

Der pro Raumtyp maximal mögliche Flächenverbrauch pro verhaltenshomogener Gruppe wird von der maximal möglichen Wohnfläche (BGF in m²) und der vorhandenen Nachfrage bestimmt. Daraus lassen sich zudem die neue Anzahl Personen je Raumtyp ableiten.

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

Nachfrage nach BGF im Marktgleichgewicht, unter Berücksichtigung der maximal möglichen Angebotsfläche und vorhandenen Nachfrage (vorangehende Knoten).

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

Mögliche Szenarien in den Knoten WFL-N und POT WFL-A.

Funktion im Netz:

In Abhängigkeit des festgelegten m²-Verbrauchs und Anzahl Personen der verhaltenshomogenen Gruppen (Knoten VH GRUPPEN), der gesamten Wohnflächennachfrage (Knoten WFL-N) sowie des potenziellen Wohnflächenangebots (Knoten WFL-Pot) wird die befriedigte Nachfrage nach Wohnflächen (Knoten WFL-USE) abgebildet. Eine Veränderung der befriedigten Nachfrage nach Wohnflächen verändert die Verteilung der Personen in den verhaltenshomogenen Gruppen in den drei Raumtypen (VH GRUPPEN) und den gesamten Siedlungsflächenverbrauch (Knoten SFL-VERBR-W). Zudem beeinflusst die Wohnflächennutzung v.a. nicht-transportintensive Firmen in ihrem Standortentscheid (Knoten AFL-N).

Kennwerte Referenzzustand:

VH Gruppen	m2-BGF Nachfrage			
	Stadt	Agglo	Land	Total
VhG1	2'745'860	5'777'773	6'642'929	15'166'561
VhG2	2'312'432	4'956'850	2'510'364	9'779'646
VhG3	1'997'683	1'237'575	381'583	3'616'842
VhG4	31'290'141	64'187'150	35'876'472	131'353'763
VhG5	12'918'152	24'439'928	22'249'966	59'608'046
VhG6	4'857'555	7'738'967	5'644'688	18'241'210
VhG7	18'658'876	9'538'621	1'880'169	30'077'666
VhG8	10'054'379	20'699'673	12'139'278	42'893'331
VhG9	6'331'504	6'480'380	3'348'217	16'160'101
VhG10	3'278'582	6'625'219	3'890'706	13'794'506
VhG11	3'639'028	7'291'349	4'705'210	15'635'587
VhG12	-	-	-	-
VhG13	-	-	-	-
Total	98'084'193	158'973'485	99'269'581	356'327'259

VH Gruppen	Anzahl wohnhafte Personen			Summe
	Stadt	Agglo	Land	
VhG1	67'854	130'625	150'185	348'664
VhG2	59'116	115'934	58'714	233'763
VhG3	44'804	25'313	7'805	77'921
VhG4	597'364	1'119'208	625'565	2'342'137
VhG5	301'175	518'343	471'897	1'291'416
VhG6	111'750	162'886	118'806	393'442
VhG7	386'239	180'013	35'483	601'735
VhG8	225'134	424'052	248'684	897'870
VhG9	147'238	137'874	71'235	356'347
VhG10	76'728	141'852	83'304	301'884
VhG11	242'890	445'249	287'326	975'465
VhG12	0	0	0	0
VhG13	0	0	0	0
Total	2'260'290	3'401'350	2'159'004	7'820'644

SFL-VERBR-W

«Inanspruchnahme der Siedlungsfläche für Wohnen»

Elternknoten (beeinflusst durch):

SFL-Dichte, WFL-Use

Kinderknoten (Beeinflussung von):

Keine

Differenzierung:

Siedlungsflächenverbrauch zur Wohnnutzung je Raumtyp

Einheit:

ha

Inhalt:

Der effektive Siedlungsflächenverbrauch wird bestimmt durch die neue Verteilung der Wohnflächennutzung auf die verschiedenen Raumtypen, unter Berücksichtigung der nötigen Dichten (vgl. SFL-Dichte, «korrigierte Inputtabellen»).

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

Nachfrage nach Siedlungsfläche im Marktgleichgewicht, unter Berücksichtigung der nötigen Dichten (vorangehender Knoten).

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

Mögliche Szenarien in den Knoten WFL-USE und SFL-Dichte

Funktion im Netz:

Unter der Verwendung der baulichen Dichte der Siedlungsfläche für Wohnnutzung (Knoten SFL-Dichte) sowie des Flächenverbrauchs in m² BGF der verhaltenshomogenen Gruppen (Knoten WFL-USE) führt eine Veränderung der befriedigten Nachfrage nach Wohnflächen (Knoten WFL-Use) zu einer veränderten Inanspruchnahme der Siedlungsfläche für Wohnen (Knoten SFL-VERBR-W).

Kennwerte Referenzzustand:

	Bauzonen (ha)			
	Stadt	Agglo	Land	Total
Wohnen	13'604	40'158	33'748	87'510

I.4 Güterverkehr

Im Folgenden sind die einzelnen Knoten für das Teilnetz «Güterverkehr» aufgelistet und beschrieben

BRANCHEN	<p>Elternknoten (beeinflusst durch): Keine</p>
«Branchen»	<p>Kinderknoten (Beeinflussung von): TR-N, AFL-N</p> <p>Differenzierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Branchen - Raumtyp <p>Einheit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - CHF - VZÄ <p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bruttowertschöpfung nach Branche. - Beschäftigte nach Branche je Raumtyp <p>Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die entsprechenden Bruttowertschöpfungen des Referenzzustands sind in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung (VGR) des BFS enthalten (BFS: Produktionskonto, je-d-04.02.03.01.xlsx). Die Verteilung der Arbeitsplätze in VZÄ wird in einer Auswertung von STATENT-Daten ermittelt. Die Zuteilung zu den Raumtypen erfolgt gemäss Stadt/Land-Typologie 2000. <p>Grundlage/Ansätze für Bildung Szenarien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Für die zeitliche Entwicklung der Bruttowertschöpfung kann auf REA (Räumliche Entwicklung der Arbeitsplätze in der Schweiz, ARE/Ecoplan 2016) zurückgegriffen werden. Abweichende Szenarien beruhen auf Schätzungen des Projektteams. <p>Funktion im Netz: Der Knoten BRANCHEN ist die Grundlage für die Erzeugung der Güternachfrage, sowie deren Verteilung auf die Raumtypen.</p>

**Kennwerte Referenzzustand:
Arbeitsplätze (VZÄ)**
Bruttowertschöpfung (Mio. CHF)

Branchen		Stadt	Agglo	Land	Summe	Branchen		2015
Landwirtschaft	1	15460	32005	26930	74395	Landwirtschaft	1	5286
Nahrung	2	15116	31292	26330	72737	Nahrung	2	13120
Rest Industrie	3	87490	125251	78684	291425	Rest Industrie	3	48204
Papier	4	11454	14608	5991	32052	Papier	4	3402
Chemie	5	37125	34946	18244	90315	Chemie	5	36449
Nicht-Metalle	6	3700	7229	6926	17855	Nicht-Metalle	6	3219
Metalle	7	23975	37691	30881	92547	Metalle	7	11102
Energie	8	12850	8227	7457	28535	Energie	8	9697
Bau	9	97986	141176	86194	325356	Bau	9	31466
Handel	10	204923	245721	86635	537280	Handel	10	97479
Gastgewerbe	11	93365	52887	51540	197792	Gastgewerbe	11	11548
Transport	12	46255	39489	20528	106272	Transport	12	15136
Kommunikation	13	35121	60977	16247	112346	Kommunikation	13	17354
Banken	14	111273	36248	9005	156526	Banken	14	36213
Versicherungen	15	55426	18906	950	75283	Versicherungen	15	27716
Consulting	16	385146	254965	70917	711028	Consulting	16	78886
Öff. Verwaltung	17	107777	44131	20212	172120	Öff. Verwaltung	17	69165
Bildung	18	106295	67830	30608	204733	Bildung	18	3421
Gesundheit	19	240008	143334	74434	457776	Gesundheit	19	45416
Andere Dienstleistungen	20	107882	61410	26610	195902	Andere Dienstleistungen	20	17262
Total		1798626	1458324	695325	3952274			

GENKOSTEN-GV

«generalisierte Kosten im Güterverkehr»

Elternknoten (beeinflusst durch):

Keine

Kinderknoten (Beeinflussung von):

TR-N, AFL-N (Teilnetz Arbeitsflächen)

Differenzierung:

- Transportmittel

Einheit:

- CHF/Ntkm,

Inhalt:

- Transportkosten nach Transportmittel, ggf. Transportzeitänderungen

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

- Die Transportkosten beruhen auf den Ausgangswerten der Transportkostenberechnungsfunktion des AMG-Tools (s. Tabelle). Weitere Kostenelemente, welche üblicherweise in die generalisierten Logistikkosten einfließen (z.B. Lagerkosten) sind nicht berücksichtigt.

Grundlage/Ansätze für Bildung Szenarien:

- Änderungen der Transportkosten und -zeiten werden in das AMG-Tool übernommen. Neue Transportinfrastrukturen, z.B. CST, werden darin nicht berücksichtigt.

Funktion im Netz:

Der Knoten GENKOSTEN-GV bildet die Grundlage für die Berechnung von Modalsplitänderungen und die Verteilung der Arbeitsflächennachfrage.

Kennwerte Referenzzustand:

Gesamtkostensatz (CHF/Ntkm)

Zustände		Stadt	Agglo	Land	alle RT
Wagenladungsverkehr	WLV				0.22
Kombinierter Verkehr	UKV				0.37
Strasse schwer	SNF				0.44
Strasse leicht	LI				6.98
Cargo Sous Terrain	CST				
Weitere Transportmittel	Weitere				

TR «Transportmittel»	<p>Elternknoten (beeinflusst durch): Keine</p> <p>Kinderknoten (Beeinflussung von): TR-A, TR-N</p> <p>Differenzierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transportmittel - Raumtyp <p>Einheit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nt <p>Inhalt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vorhandene Transportmittel je Raumtyp <p>Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Von den in AMG modellierten Transportmitteln werden Strassengüterverkehr (schwere Nutzfahrzeuge und Lieferwagen) und Schienengüterverkehr (Wagenladungsverkehr und unbegleiteter kombinierter Verkehr) übernommen. Binnenschifffahrt, Rohrfernleitungen sowie ROLA werden aufgrund ihrer geringen Relevanz für den Binnenverkehr nicht betrachtet. <p>Grundlage/Ansätze für Bildung Szenarien:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Szenarien können alternative Transportmittel, d.h. «Cargo Sous Terrain» (CST) und weitere, beinhalten. <p>Funktion im Netz: <i>Der Knoten TR hat die Funktion, die vorhandenen Transportmittel abzubilden.</i></p> <p>Kennwerte Referenzzustand:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Zustände</th> <th>Vorhanden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wagenladungsverkehr</td> <td>WLV</td> <td>JA</td> </tr> <tr> <td>Kombinierter Verkehr</td> <td>UKV</td> <td>JA</td> </tr> <tr> <td>Strasse schwer</td> <td>SNF</td> <td>JA</td> </tr> <tr> <td>Strasse leicht</td> <td>LI</td> <td>JA</td> </tr> <tr> <td>Cargo Sous Terrain</td> <td>CST</td> <td>NEIN</td> </tr> <tr> <td>Weitere Transportmittel</td> <td>Weitere</td> <td>NEIN</td> </tr> </tbody> </table>	Zustände		Vorhanden	Wagenladungsverkehr	WLV	JA	Kombinierter Verkehr	UKV	JA	Strasse schwer	SNF	JA	Strasse leicht	LI	JA	Cargo Sous Terrain	CST	NEIN	Weitere Transportmittel	Weitere	NEIN
Zustände		Vorhanden																				
Wagenladungsverkehr	WLV	JA																				
Kombinierter Verkehr	UKV	JA																				
Strasse schwer	SNF	JA																				
Strasse leicht	LI	JA																				
Cargo Sous Terrain	CST	NEIN																				
Weitere Transportmittel	Weitere	NEIN																				

TR-A	Elternknoten (beeinflusst durch): TR
«Transportangebot»	Kinderknoten (Beeinflussung von): TR-USE
	Differenzierung: <ul style="list-style-type: none">- Warengruppe- Transportmittel- Raumtyp
	Einheit: <ul style="list-style-type: none">- Nt
	Inhalt: <ul style="list-style-type: none">- Mehr- oder Minderaufkommen im Güterverkehr in Nettotonnen nach Warengruppen und Transportmittel je Raumtyp
	Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand: <ul style="list-style-type: none">- Keine Engpässe/Einschränkungen/Verlagerung im Referenzzustand
	Grundlage/Ansätze für Bildung Szenarien: <ul style="list-style-type: none">- Einschränkungen der Kapazität und mangelnde Zuverlässigkeit bestehender Verkehrsträger (Strasse, Bahn, KV) können das Aufkommen einschränken. Dazu wird das Mehr- oder Minderaufkommen ermittelt.- Zudem besteht die Möglichkeit, neue (Güter-) Verkehrsträger, z.B. „Cargo Sous Terrain“, einzubeziehen. Dazu wird einerseits das Aufkommen auf der neuen Infrastruktur, andererseits Verlagerungen von/zu bestehenden Verkehrsträgern ermittelt.- Die Quantifizierung von Kapazitätsengpässen, Zuverlässigkeitsmängeln und des Aufkommens neuer Verkehrsträger und deren Verlagerungswirkungen beruht auf Einschätzungen des Projektteams.
	Funktion im Netz: <p><i>Der Knoten TR-A hat die Funktion, die Verfügbarkeit verschiedener Verkehrsträger im Güterverkehr abzubilden. Er ermöglicht einerseits die Berücksichtigung von Kapazitätsengpässen und Qualitäts-/Zuverlässigkeitsmängeln, andererseits die Verfügbarkeit neuer Verkehrsträger und deren (Verlagerungs-) Wirkung auf die bestehenden Transportmittel.</i></p>

Kennwerte Referenzzustand:
 Mehr-/Minderaufkommen (1000 Nt):

Warengruppe	Landwirtschaft			Nahrungsmittel			Energieträger			Erze, Steine und Erden			Baustoffe und Glas			Chemie und Kunststoffe			Metalle und Halbzeug			Abfälle			Halb- und Fertigwaren			Stück- und Sammelgut		
	Stadt	Agglo	Land	Stadt	Agglo	Land	Stadt	Agglo	Land	Stadt	Agglo	Land	Stadt	Agglo	Land	Stadt	Agglo	Land	Stadt	Agglo	Land	Stadt	Agglo	Land	Stadt	Agglo	Land			
Zustände																														
Wagenladungsverkehr	WLV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Kombilierter Verkehr	KUV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Strasse schwer	SNF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Strasse leicht	LI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Cargo Sous Terrain	CST	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Weitere Transportmittel	Weitere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

TR-N	Elternknoten (beeinflusst durch): BRANCHEN, GENKOSTEN-GV
«Transportnachfrage»	Kinderknoten (Beeinflussung von): TR-USE
	Differenzierung: <ul style="list-style-type: none">- Warengruppen- Transportmittel- Raumtyp
	Einheit: <ul style="list-style-type: none">- Nt
	Inhalt: <ul style="list-style-type: none">- Nachgefragtes Güteraufkommen in Nettotonnen nach Warengruppen und Transportmittel je Raumtyp
	Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand: <ul style="list-style-type: none">- Ausgangspunkt ist eine Zusammenstellung der Outputdaten des AMG-Tools, Teilmodell 1 (AMG_TM1_04_Output_VerkehrsDaten.xlsx). Da das Basisjahr (AMG) nicht genau mit dem Referenzjahr übereinstimmt, wird die Fortschreibung (gemäss Voreinstellungen der Leitdaten/Bezugsgrössen ARE) verwendet. Verwendet werden ausschliesslich die Werte für die Verkehrsträger Schiene (WLV und UKV) und Strasse (LKW und Lieferwagen), jeweils im Binnenverkehr. Schifffahrt, Rohrfernleitungen und der begleitete kombinierte Verkehr (ROLA) werden aufgrund der untergeordneten Relevanz im Binnenverkehr nicht betrachtet.- Die Transportnachfrage wird anhand der räumlichen Verteilung der Arbeitsplätze nach Branche (Knoten AFL-USE) auf die Raumtypen verteilt. Da die Transportnachfrage nach Warengruppe, die Flächen jedoch nach Branchen aufgeteilt sind, ist eine Zuteilung Warengruppe–Branche erforderlich.

Schlüssel Warengruppe–Branche für die räumliche Verteilung:

Warengruppe		korrespondierende Branche	
1	Landwirtschaft	2	Nahrung
2	Nahrungsmittel	10	Handel
3	Energieträger	5	Chemie
4	Erze, Steine und Erden	9	Bau
5	Baustoffe und Glas	9	Bau
6	Chemie und Kunststoffe	5	Chemie
7	Metalle und Halbzeug	3	Rest Industrie
8	Abfälle	2	Nahrung
9	Halb- und Fertigwaren	3	Rest Industrie
10	Stück- und Sammelgut	10	Handel

Quelle: eigene Einschätzung, angelehnt an Methodenbeschrieb AMG, Tabelle 4 [ARE (2015), Aggregierte Methode Güterverkehr (AMG) – Methodenbeschrieb, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.]

Grundlage/Ansätze für Bildung Szenarien:

- Die zeitliche Entwicklung der Transportnachfrage richtet sich nach der Entwicklung der Bruttowertschöpfung. Dazu ist in der AMG die Entwicklung gemäss REA (ARE (2016a)) hinterlegt.
- Der Ausgangsmodalsplit leitet sich aus dem Output des AMG-Tools ab. Eine Anpassung des Modalsplits, unabhängig von der zeitlichen Entwicklung, erfolgt über Kosten- und Zeitelastizitäten. Aus den Elastizitäten errechnete Nachfrageänderungen werden allerdings nicht übernommen, sondern der (neue) Modalsplit wird auf das bestehende Gesamtaufkommen angewendet.
- Um die Konsistenz mit den Bevölkerungs- und **Arbeitsplatz**zahlen (ohne zeitliche Entwicklung) zu erhalten, wird das Gesamtaufkommen jeweils entsprechend angepasst.

Elastizitäten aus AMG:

Güterbereich		ZeitLkw	KostenLkw	ZeitBahn	KostenBahn
Land-, Forstwirtschaft	GB1	-0.068	-0.274	-0.541	-2.103
Nahrungsmittel	GB2	-0.033	-0.131	-0.578	-2.244
Energieträger	GB3	-0.160	-0.947	-0.209	-1.233
Steine, Erden	GB4	-0.014	-0.137	-0.277	-2.779
Baustoffe, Glas	GB5	-0.013	-0.131	-0.277	-2.785
Chemie, Kunststoff	GB6	-0.084	-0.522	-0.340	-2.138
Metall	GB7	-0.063	-0.305	-0.293	-1.387
Sekundärrohstoffe	GB8	-0.019	-0.118	-0.404	-2.543
Halb-, Fertigwaren	GB9	-0.062	-0.160	-0.556	-1.385
Stück-, Sammelgüter	GB10	-0.011	-0.544	-0.024	-0.882

Quelle: AMG-Tool, Teilmodell 2, AMGV-Tool-TM2-2020.xlsm, Eigenschaften (vom ARE erhalten: 11.06.2018)

Funktion im Netz:

Der Knoten TR-N hat die Funktion, die Nachfrage nach Gütertransporten (für den aktuellen Stand der Verkehrsträger) zu ermitteln und diese auf die Raumtypen zu verteilen.

Kennwerte Referenzzustand:

Nachfrage nach Transportmittel (1000 Nt)

Zustände		Stadt	Agglo	Land	alle RT
Wagenladungsverkehr	WLV	8811	11221	6144	26177
Kombinierter Verkehr	UKV	590	707	249	1547
Strasse schwer	SNF	88448	125686	74414	288548
Strasse leicht	LI	10046	12046	4247	26339
Cargo Sous Terrain	CST	0	0	0	0
Weitere Transportmittel	Weitere	0	0	0	0
Total	Total	107895	149661	85054	342610

TR-USE

«effektives Aufkommen»

Elternknoten (beeinflusst durch):

TR-A, TR-N

Kinderknoten (Beeinflussung von):

GV-LEISTUNG

Differenzierung:

- Warengruppen
- Transportmittel
- Raumtyp

Einheit:

- Nt

Inhalt:

- Effektives Güteraufkommen in Nettotonnen nach Warengruppen und Transportmittel je Raumtyp

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

- Keine (entspricht TR-N)

Grundlage/Ansätze für Bildung Szenarien:

- Das effektive Güteraufkommen berechnet sich aus der Transportnachfrage (TR-N), korrigiert um Aufkommen/Verlagerung neuer Transportmittel sowie Kapazitäts- und Zuverlässigkeitsprobleme (TR-A).

Funktion im Netz:

Der Knoten TR-USE hat die Funktion, die Transportnachfrage mit dem Transportangebot abzugleichen. Dadurch werden Einschränkungen aufgrund mangelnder Verfügbarkeit von Transportmitteln, bzw. Verlagerungen durch alternative Güterverkehrsangebote berücksichtigt.

Das effektive Aufkommen nach Transportmittel ist einerseits ein Ergebnis des Teilnetzes Güterverkehr, andererseits ist es Grundlage für die Berechnung der Güterverkehrsleistung.

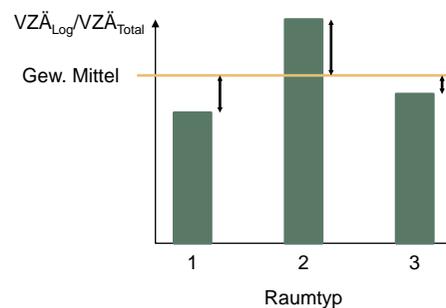
Kennwerte Referenzzustand:

Nutzung nach Transportmittel (effektives Aufkommen) (1000 Nt)

Zustände		Stadt	Agglo	Land	alle RT
Wagenladungsverkehr	WLV	8811	11221	6144	26177
Kombinierter Verkehr	UKV	590	707	249	1547
Strasse schwer	SNF	88448	125686	74414	288548
Strasse leicht	LI	10046	12046	4247	26339
Cargo Sous Terrain	CST	0	0	0	0
Weitere Transportmittel	Weitere	0	0	0	0
Total	Total	107895	149661	85054	342610

LOGKONZ	Elternknoten (beeinflusst durch): AFL-USE
«Logistikkonzepte»	Kinderknoten (Beeinflussung von): GV-LEISTUNG
	Differenzierung: <ul style="list-style-type: none">- Warengruppen- Transportmittel
	Einheit: <ul style="list-style-type: none">- km
	Inhalt: Weglängen nach Warengruppen und Transportmittel je Raumtyp
	Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand: <ul style="list-style-type: none">- Die aktuellen durchschnittlichen Weglängen je Transportmittel und Warengruppe werden aus dem Output der AMG generiert (Verkehrsleistung/Verkehrsaufkommen)
	Grundlage/Ansätze für Bildung Szenarien: <ul style="list-style-type: none">- Die Anpassung der Weglängen bildet die Effekte der Änderung von Logistikkonzepten ab. Es wird davon ausgegangen, dass das Mass der räumlichen Konzentration von Logistikfunktionen die Transportlänge beeinflusst. D.h. Logistikkonzepte mit wenigen, konzentrierten Grossanlagen (z.B. Zentrallager) führen zu längeren Wegen als Konzepte mit einer Vielzahl an (dispers verteilten) kleinere Anlagen.- Nicht alle Branchen, bzw. Warengruppen sind gleichermassen von Logistikkonzepten abhängig. Es wird davon ausgegangen, dass primär Nahrungsmittel und Halb-/Fertigwaren in «Systemverkehren» transportiert werden, Baustoffe/Glas und Stück-/Sammelgüter zumindest teilweise. Andere Warengruppen sind indifferent gegenüber Änderungen in der Logistiklandschaft.- Die räumliche Konzentration von Logistikfunktionen wird durch die Verteilung der Transportbranche (im Verhältnis zur Gesamtwirtschaft) ausgedrückt. Veränderungen der Weglängen leiten sich somit aus der modellierten Verteilung der Transportbranche auf die Raumtypen aus dem Teilnetz Arbeitsflächen ab.- Als grundlegender Parameter dient der Anteil der Arbeitsplätze in der Transportbranche (in VZÄ) an der Gesamtbeschäftigung (über alle Branchen) pro Raumtyp. Als Mass für die räumliche (Ungleich-) Verteilung dient der (gewichtete) Mittelwert der absoluten Differenzen zum mittleren Anteil über alle Raumtypen. (Bei völliger Gleichverteilung über alle Raumtypen betragen die Differenzen, und somit auch der Mittelwert, Null.)

Konzept der räumlichen Verteilung von Logistikfunktionen:



Eigene Darstellung

- Ein Zuwachs der räumlichen Ungleichverteilung gegenüber der Referenz führt zu einer Zunahme der Weglängen. Die Berechnung erfolgt über Längenelastizitäten. Die Werte dafür orientieren sich (qualitativ) an der Arbeit Todescos (*Logistische Zersiedlung im Raum Zürich*, 2015, ETH Zürich). Es muss allerdings erwähnt werden, dass sich sowohl die Methode Todescos (mittlere Luftdistanz zum Agglomerationszentrum), als auch die räumliche Einteilung (nach DEGURBA) nicht direkt anwenden lassen.

Längenelastizitäten, abgeleitet aus Todesco (2015):

Warengruppe	Anteil Systemverkehr	Längenelastizitäten
1 Landwirtschaft	0%	0.00
2 Nahrungsmittel	100%	0.10
3 Energieträger	0%	0.00
4 Erze, Steine und Erden	0%	0.00
5 Baustoffe und Glas	40%	0.04
6 Chemie und Kunststoffe	0%	0.00
7 Metalle und Halbzeug	0%	0.00
8 Abfälle	0%	0.00
9 Halb- und Fertigwaren	100%	0.10
10 Stück- und Sammelgut	40%	0.04

Quelle: Annahmen. Elastizität basiert auf Todesco (2015): Logistische Zersiedlung im Raum Zürich, Masterarbeit MAS Raumplanung, ETH Zürich.

Funktion im Netz:

Der Knoten LOGKONZ hat die Funktion, Abweichungen der Transportlängen, welche auf die Anpassung von Logistikkonzepten zurückzuführen sind, zu quantifizieren. Logistikkonzepte hängen von der Standortwahl der Transportbranche ab, welche ihrerseits von den Transportkosten abhängt.

Kennwerte Referenzzustand:

Durchschnittliche Weglänge (km)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zustände		Landwirtschaft	Nahrungsmittel	Energieträger	Erze, Steine und	Baustoffe und C	Chemie und Ku	Metalle und Ha	Abfälle	Halb- und Fertig	Stück- und San
Wagenladungsverkehr	WLV	105.8	143.9	152.4	75.1	101.8	117.7	88.0	92.9	103.2	122.7
Kombinierter Verkehr	UKV	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	171.6
Strasse schwer	SNF	61.2	71.8	36.3	17.1	22.9	69.7	62.2	24.0	69.0	51.8
Strasse leicht	LI	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.3
Cargo Sous Terrain	CST										
Weitere Transportmittel	Weitere										

GV-LEISTUNG

«Verkehrsleistung im
Güterverkehr»

Elternknoten (beeinflusst durch):

LOGKONZ, TR-USE

Kinderknoten (Beeinflussung von):

Keine

Differenzierung:

- Transportmittel

Einheit:

- Ntkm

Inhalt:

- Güterverkehrsleistung nach Transportmittel

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

- Die Güterverkehrsleistung berechnet sich aus dem effektiven Aufkommen (TR-USE) und den durchschnittlichen Weglängen (LOGKONZ)

Grundlage/Ansätze für Bildung Szenarien:

- Die Güterverkehrsleistung berechnet sich aus dem effektiven Aufkommen (TR-USE) und den durchschnittlichen Weglängen (LOGKONZ)

Funktion im Netz:

Die Verkehrsleistung nach Transportmittel ist ein Ergebnis des Teilnetzes Güterverkehr.

Kennwerte Referenzzustand:

Güterverkehrsleistung (Mio. Ntkm)

Zustände		Stadt	Agglo	Land	alle RT
Wagenladungsverkehr	WLV	1027	1261	667	2955
Kombinierter Verkehr	UKV	101	121	43	265
Strasse schwer	SNF	3255	4456	2458	10169
Strasse leicht	LI	334	401	141	876
Cargo Sous Terrain	CST	0	0	0	0
Weitere Transportmittel	Weitere	0	0	0	0
Total	Total	4718	6239	3309	14266

I.5 Arbeitsflächen

Im Folgenden sind die einzelnen Knoten für das Teilnetz «Arbeitsflächen» aufgelistet und beschrieben

AFL-Dichte	Elternknoten (beeinflusst durch): Keine
«Bauliche Dichte der Siedlungsfläche für Arbeitsnutzung»	Kinderknoten (Beeinflussung von): POT AFL-A, SFL-VERBR-A
	Differenzierung: <ul style="list-style-type: none">- Zone:<ul style="list-style-type: none">o Arbeitszone (AZ)o Wohn-, Misch-, Zentrumszone (WMZ) und öffentliche Zone (OE)- Raumtyp
	Einheit: m ² Bruttogeschossfläche / m ² Siedlungsfläche
	Inhalt: Baulichen Dichte (nach der Grösse der Bauzone gewichteter Schnitt für WMZ)
	Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand: Eigene Annahmen zum raumtypspezifischen Faktor der realisierbaren Bruttogeschossfläche BGF in m ² für Arbeiten auf der verfügbaren Siedlungsfläche.
	Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle: Annahmen zu verändertem Siedlungsflächenangebot anhand veränderter raumplanerischer und baurechtlicher Vorgaben
	Funktion im Netz: Die zulässige bauliche Dichte der Arbeitssiedlungsflächen bestimmt zusammen mit dem Arbeitssiedlungsflächenpotential (Knoten SFL-POT-A) das potenzielle Arbeitsflächenangebot (Knoten POT AFL-A). Zudem ist die Dichte bei der Berechnung der Inanspruchnahme der Siedlungsfläche für Arbeiten (Knoten SFL-VERBR-A) zu berücksichtigen.

Kennwerte Referenzzustand:

AFL-Dichte-AZ

	Dichte (BGF/Bauzone)		
	Stadt	Agglo	Land
AZ	0.50	0.43	0.36

AFL-Dichte-WMZ

	Dichte (BGF/Bauzone)		
	Stadt	Agglo	Land
W	0.70	0.50	0.35
M	0.80	0.60	0.35
Z	0.90	0.70	0.50
OE	0.65	0.55	0.40
Gewichtete mittlere Dichte	0.73	0.56	0.40

Inputtabellen zur Berechnung POT AFL-A

	AZ: Bauzone (ha)		
	Stadt	Agglo	Land
Dichte /Ausgangswert	0.50	0.43	0.36
Dichte (resultierend)	0.50	0.43	0.32
nötige Veränderung in der	-	-	-0.04

	WMZ: Bauzone (ha)		
	Stadt	Agglo	Land
Dichte /Ausgangswert	0.73	0.56	0.40
Dichte (resultierend)	0.73	0.45	0.24
nötige Veränderung in der	-	-0.11	-0.16

Korrigierte Inputtabellen zur Berechnung SFL-VERBR-A

SFL-POT-A

«potenzielles Siedlungsflächenangebot für Arbeit»

Elternknoten (beeinflusst durch):

Keine

Kinderknoten (Beeinflussung von):

POT AFL-A

Differenzierung:

- Zone:
 - o Arbeitszone (AZ)
 - o Wohn-, Misch-, Zentrumszone (WMZ) und öffentliche Zone (OE)
- Raumtyp

Einheit:

Siedlungsfläche in m²

Inhalt:

Siedlungsflächenangebot unterteilt in AZ und WMZ+OE (Stand heute + in Zukunft)

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

- Siedlungsflächenverbrauch gem. Bauzonenstatistik
- Eigene Einschätzung

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

Eigene Annahmen

Funktion im Netz:

Das maximal zulässige Siedlungsflächenangebot für Arbeit bestimmt, zusammen mit der vorgeschriebenen Dichte (Knoten AFL-Dichte), über das potenzielle Arbeitsflächenangebot in BGF-m² (Knoten POT AFL-A).

Kennwerte Referenzzustand/Anwendungsfälle:**SFL-POT-A (AZ)**

	m2-Bauzone		
	Stadt	Agglo	Land
AZ	48'230'509	128'323'535	95'937'091
	Gesamttotal		272'491'135

SFL-POT-A (WMZ)

	m2-Bauzonen		
	Stadt	Agglo	Land
W	41'161'046	65'899'036	47'373'176
M	32'100'022	47'185'976	36'093'000
Z	20'590'311	21'847'780	51'437'069
OE	54'405'244	93'074'955	77'781'567
	148'256'624	228'007'747	212'684'812
	Gesamttotal		588'949'183

Aktuell wird das gleiche Siedlungsflächenangebot für den Referenzzustand und die beiden Anwendungsfälle verwendet.

POT AFL-A

«potenzielles
Arbeitsflächenangebot»

Elternknoten (beeinflusst durch):

AFL-Dichte, SFL-POT-A

Kinderknoten (Beeinflussung von):

AFL-USE

Differenzierung:

- Zone:
 - o Arbeitszone (AZ)
 - o Wohn-, Misch-, Zentrumszone (WMZ) und öffentliche Zone (OE)
- Raumtyp

Einheit:BGF in m²**Inhalt:**

Anhand der gesetzlich vorgeschriebenen Siedlungsflächen und -dichten wird pro Raum- und Nutzungstyp das maximal mögliche BGF-Angebot für Arbeitsflächen in m² bestimmt.

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

Siedlungsflächenbestimmungen aus den planerisch-regulatorischen Vorgaben, resultierend aus den vorangehenden Knoten.

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

Mögliche Szenarien in den Knoten AFL-Dichte und SFL-POT-A

Funktion im Netz:

In Abhängigkeit des festgelegten maximalen Siedlungsflächenangebots für Arbeit (Knoten SFL-Potenzial-A) und der vorgeschriebenen baulichen Dichte der Siedlungsfläche für Arbeitsnutzung (Knoten AFL-Dichte) wird das potenzielle Arbeitsflächenangebot ermittelt. Eine Veränderung des potenziellen Arbeitsflächenangebots führt zu einer Veränderung der maximal möglichen Nachfragebefriedigung nach Arbeitsflächen (Knoten AFL-USE).

Kennwerte Referenzzustand:

	BGF (m2)		
	Stadt	Agglo	Land
AZ	24'115'254	55'179'120	34'537'353
		Gesamttotal	113'831'727

	BGF (m2)		
	Stadt	Agglo	Land
W	28'812'732	32'949'518	16'580'612
M	25'680'018	28'311'586	12'632'550
Z	18'531'280	15'293'446	25'718'534
OE	35'363'409	51'191'225	31'112'627
Total	108'387'439	127'745'775	86'044'323
		Gesamttotal	322'177'536

AFL-N**Elternknoten (beeinflusst durch):**

WFL-USE (Teilnetz Wohnflächen), BRANCHEN (Teilnetz Güterverkehr), GENKOSTEN-GV (Teilnetz Güterverkehr)

«Arbeitsflächennachfrage»

Kinderknoten (Beeinflussung von):

AFL-USE

Differenzierung:

- Zone:
 - o Arbeitszone (AZ)
 - o Wohn-, Misch-, Zentrumszone (WMZ) und öffentliche Zone (OE)
- Branche
- Raumtyp

Einheit:

BGF in m²

Inhalt:

Anhand des durchschnittlichen BGF-Verbrauchs pro Branche, Zone und jeweiligem Raumtyp wird die nachgefragte Arbeitsfläche BGF in m² abgebildet.

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

- Anzahl VZÄ pro VH-Gruppe, pro Zone und pro Raumtyp nach STATENT (2015)
- Durchschnittlicher Arbeitsflächenverbrauch:
 - o STATENT (2015)
 - o ARE (2016b)
 - o eigene Annahmen

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

Annahmen zu Anzahl Arbeitsplätze und Arbeitsplatzstruktur (Knoten BRANCHEN), Siedlungsverhalten der Bevölkerung (Knoten WFL-USE) und Veränderungen der Transportkosten und Modalsplits im Güterverkehr (Knoten GENKOSTEN-GV).

Funktion im Netz:

In Abhängigkeit der Branchen unter Berücksichtigung ihrer Arbeitsflächennutzung (Knoten BRANCHE, Teilnetz Güterverkehr), der Transportkosten (Knoten TR-KOSTEN, Teilnetz Güterverkehr) – im Falle von transportintensiven Branchen – und dem Siedlungsverhalten der Bevölkerung (Knoten WFL-USE) – im Falle von nichttransport- resp. wissensintensiven Branchen – wird die effektive Nachfrage nach Arbeitsflächen abgebildet (Knoten AFL-N). Eine Veränderung der Nachfrage nach Arbeitsflächen bestimmt zusammen mit dem potenziellen Arbeitsflächenangebot (Knoten POT AFL-A) über die maximal befriedigte Nachfrage nach Arbeitsflächen (Knoten AFL-USE).

Kennwerte Referenzzustand:**4.2 AFL-N AZ**

Branchen	m2 Nachfrage			summe
	Stadt	Agglo	Land	
2 Nahrung	906'935	2'816'292	2'369'672	6'092'899
3 Rest Industrie	5'249'408	12'211'950	7'671'706	25'133'065
4 Papier	687'213	1'314'694	539'165	2'541'071
5 Chemie	3'341'231	4'193'552	2'326'080	9'860'863
6 Nicht-Metalle	332'986	813'305	779'125	1'925'416
7 Metalle	2'157'741	3'957'550	3'242'507	9'357'798
8 Energie	578'269	493'643	447'421	1'519'333
9 Bau	2'351'661	3'952'930	2'413'424	8'718'016
10 Handel	6'147'705	14'743'235	6'497'661	27'388'601
11 Gastgewerbe	746'920	423'098	412'321	1'582'339
12 Transport	555'064	1'895'453	1'231'690	3'682'207
13 Kommunikation	491'694	2'134'201	568'659	3'194'554
14 Banken	-	90'620	22'514	113'133
15 Versicherungen	-	94'532	4'752	99'284
16 Consulting	-	1'274'827	354'587	1'629'413
17 Öff. Verwaltung	-	-	-	-
18 Bildung	-	-	-	-
19 Gesundheit	-	-	-	-
20 Andere Dienstleistungen	-	368'457	159'663	528'120
Summe	23'546'828	50'778'338	29'040'946	103'366'112

4.2 AFL-N WMZ

Branchen	m2 Nachfrage			summe
	Stadt	Agglo	Land	
2 Nahrung	906'935	1'251'685	1'053'188	3'211'808
3 Rest Industrie	5'249'408	4'383'777	2'753'946	12'387'131
4 Papier	687'213	584'308	239'629	1'511'150
5 Chemie	1'484'992	698'925	273'656	2'457'573
6 Nicht-Metalle	147'994	180'734	173'139	501'867
7 Metalle	958'996	1'130'728	926'430	3'016'155
8 Energie	899'530	493'643	447'421	1'840'594
9 Bau	5'487'210	7'341'156	4'482'074	17'310'439
10 Handel	11'475'716	10'320'264	3'032'242	24'828'222
11 Gastgewerbe	6'722'280	3'807'883	3'710'889	14'241'052
12 Transport	3'330'384	1'895'453	821'126	6'046'964
13 Kommunikation	1'966'776	2'134'201	568'659	4'669'636
14 Banken	5'563'641	1'721'771	427'757	7'713'170
15 Versicherungen	2'771'281	850'789	42'771	3'664'841
16 Consulting	19'257'287	11'473'439	3'191'281	33'922'008
17 Öff. Verwaltung	5'388'832	2'206'574	1'010'609	8'606'015
18 Bildung	8'503'622	5'426'394	2'448'642	16'378'658
19 Gesundheit	19'200'655	11'466'700	5'954'736	36'622'090
20 Andere Dienstleistungen	6'472'890	3'316'117	1'436'963	11'225'970
Summe	106'475'642	70'684'544	32'995'159	210'155'345

AFL-USE

«Befriedigte Nachfrage
nach Arbeitsflächen»

Elternknoten (beeinflusst durch):

POT AFL-A, AFL-N

Kinderknoten (Beeinflussung von):

SFL-VERBR-A, LOGKONZ (Teilnetz Güterverkehr)

Differenzierung:

- Arbeitsflächenverbrauch je verhaltenshomogener Gruppe, Raumtyp und Zone (AZ, WMZ/OE)
- Anzahl Personen je verhaltenshomogener Gruppe und Raumtyp

Einheit:

Anzahl

Inhalt:

Anzahl Vollzeitbeschäftigte, die in den verschiedenen Raumtypen Arbeitsflächen belegen.

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

Veränderung des Siedlungsverhaltens der Firmen (ausgedrückt in VZÄ) aufgrund unterschiedlich prognostizierter Arbeitsflächennachfragen und maximal möglicher Arbeitsflächenangebote.

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

Mögliche Szenarien in den Knoten AFL-N und POT AFL-A

Funktion im Netz:

In Abhängigkeit des Flächenverbrauchs der Branchen (Knoten BRANCHEN), des maximal möglichen Arbeitsflächenangebots (Knoten POT AFL-A) und der effektiven Arbeitsflächennachfrage (Knoten AFL-N) wird die befriedigte Nachfrage nach Arbeitsflächen (Knoten AFL-USE) ermittelt. Eine Veränderung in der befriedigten Nachfrage nach Arbeitsflächen beeinflusst den Siedlungsflächenverbrauch (Knoten SFL-VERBR-A). Zudem kann sie bei transportintensiven Unternehmen die Transportweglänge (Knoten TR-WL, Teilnetz Güterverkehr) beeinflussen.

Kennwerte Referenzzustand:

AZ

Branchen	AZ: m2-BGF Nachfrage				Branchen	AZ: Anzahl VZA			
	Stadt	Agglo	Land	Total		Stadt	Agglo	Land	Summe
Nahrung	906'935.25	2'616'291.83	2'369'672.36	6'092'899	Nahrung	6'046	18'775	15'798	40'619
Rest Industrie	5'249'408.35	12'211'950.12	7'671'706.40	25'133'065	Rest Industrie	34'996	81'413	51'145	167'554
Papier	687'212.78	1'314'693.92	539'164.56	2'541'071	Papier	4'581	8'765	3'594	16'940
Chemie	3'341'231.26	4'183'551.76	2'326'080.23	9'860'863	Chemie	22'275	27'957	15'507	65'739
Nicht-Metalle	332'985.87	813'304.80	779'124.85	1'925'416	Nicht-Metalle	2'220	5'422	5'194	12'636
Metalle	2'157'741.11	3'957'549.71	3'242'506.71	9'357'798	Metalle	14'385	26'384	21'617	62'385
Energie	578'269.23	483'942.94	447'421.09	1'510'333	Energie	3'855	3'291	2'983	10'129
Bau	2'351'961.34	3'952'929.93	2'413'424.42	8'718'016	Bau	29'396	49'412	30'168	108'975
Handel	6'147'704.97	14'743'234.94	6'487'680.78	27'388'601	Handel	40'985	98'288	43'318	182'591
Gastgewerbe	746'919.96	423'098.16	412'321.03	1'582'339	Gastgewerbe	9'336	5'269	5'154	19'759
Transport	555'064.04	1'895'453.09	1'231'689.62	3'682'207	Transport	4'625	15'795	10'264	30'685
Kommunikation	491'694.02	2'134'200.74	568'659.20	3'194'554	Kommunikation	7'024	30'489	8'124	45'636
Banken	-	90'619.55	22'513.55	113'133	Banken	0	1'812	450	2'263
Versicherungen	-	94'532.11	4'752.29	99'284	Versicherungen	0	1'891	95	1'986
Consulting	-	1'274'826.57	354'986.83	1'629'813	Consulting	0	25'497	7'092	32'588
Off. Verwaltung	-	-	-	-	Off. Verwaltung	0	0	0	0
Bildung	-	-	-	-	Bildung	0	0	0	0
Gesundheit	-	-	-	-	Gesundheit	0	0	0	0
Andere Dienstleistungen	-	368'457.45	159'662.52	528'120	Andere Dienstleist	0	6'141	2'861	8'802
Total	23'546'828	50'778'338	29'040'946	103'366'112	Total	179'725	406'620	223'163	809'508

WMZ

Branchen	WMZ: m2-BGF Nachfrage				Branchen	WMZ: Anzahl VZA			
	Stadt	Agglo	Land	Total		Stadt	Agglo	Land	Summe
Nahrung	906'935.25	1'251'685.26	1'053'187.72	3'211'808	Nahrung	9'069	12'517	10'532	32'118
Rest Industrie	5'249'408.35	4'383'776.97	2'753'945.89	12'387'131	Rest Industrie	52'494	43'838	27'839	123'871
Papier	687'212.78	584'308.41	239'628.69	1'511'150	Papier	6'872	5'843	2'396	15'111
Chemie	1'484'991.67	698'925.29	273'656.50	2'457'573	Chemie	14'850	6'989	2'737	24'576
Nicht-Metalle	147'993.72	180'734.40	173'138.86	501'867	Nicht-Metalle	1'480	1'807	1'731	5'019
Metalle	958'996.05	1'130'728.49	926'430.49	3'016'155	Metalle	9'590	11'307	9'264	30'162
Energie	899'529.92	493'642.94	447'421.09	1'840'594	Energie	8'995	4'936	4'474	18'406
Bau	5'487'209.79	7'341'155.58	4'482'073.93	17'310'439	Bau	68'590	91'764	56'026	216'380
Handel	11'475'715.94	10'320'264.46	3'032'241.70	24'828'222	Handel	163'939	147'432	43'318	354'689
Gastgewerbe	6'722'279.68	3'807'883.46	3'710'889.31	14'241'052	Gastgewerbe	84'028	47'599	46'396	178'013
Transport	3'330'384.24	1'895'453.09	821'126.42	6'046'964	Transport	41'630	23'693	10'264	75'587
Kommunikation	1'966'776.08	2'134'200.74	568'659.20	4'669'636	Kommunikation	28'097	30'489	8'124	66'709
Banken	5'563'641.44	1'721'771.47	427'757.46	7'713'170	Banken	111'273	34'435	8'555	154'263
Versicherungen	2'771'281.11	850'789.03	42'770.61	3'664'841	Versicherungen	55'426	17'016	855	73'297
Consulting	19'257'287.11	11'473'439.16	3'191'281.48	33'922'008	Consulting	385'146	229'469	63'826	678'440
Off. Verwaltung	5'388'831.64	2'206'574.38	1'010'608.93	8'606'015	Off. Verwaltung	107'777	44'131	20'212	172'120
Bildung	8'503'621.77	5'426'394.02	2'448'642.19	16'378'658	Bildung	106'295	67'830	30'608	204'733
Gesundheit	19'200'654.66	11'466'699.62	5'954'736.04	36'622'090	Gesundheit	240'008	143'334	74'434	457'776
Andere Dienstleistungen	6'472'890.38	3'316'117.04	1'436'962.67	11'225'970	Andere Dienstleist	107'882	55'269	23'949	187'100
Total	106'478'642	70'684'544	32'995'159	210'158'345	Total	1'603'440	1'019'699	445'232	3'068'371

SFL-VERBR-A

Elternknoten (beeinflusst durch):

AFL-Dichte, AFL-USE

«Inanspruchnahme der Siedlungsfläche für Arbeiten»

Kinderknoten (Beeinflussung von):

Keine

Differenzierung:

Siedlungsflächenverbrauch zur Arbeitsnutzung je Raumtyp und Zone (AZ, WMZ/OE)

Einheit:

Ha

Inhalt:

Der effektive Siedlungsflächenverbrauch wird bestimmt durch die neue Verteilung der Arbeitsflächennutzung (AZ und WMZ/OE) auf die verschiedenen Raumtypen, unter Berücksichtigung der nötigen Dichten (vgl. SFL-Dichte, «korrigierte Inputtabellen»).

Grundlage/Ansätze für Bildung Referenzzustand:

Nachfrage nach Arbeitsfläche im Marktgleichgewicht, unter Berücksichtigung der nötigen Dichten (vorangehender Knoten).

Grundlage/Ansätze für Bildung Anwendungsfälle:

Mögliche Szenarien in den Knoten AFL-USE und AFL-Dichte

Funktion im Netz:

Unter der Verwendung der baulichen Dichte der Siedlungsfläche für Arbeitsnutzung (Knoten AFL-Dichte) sowie des Flächenverbrauchs in m² BGF der Branchen (Knoten AFL-USE) führt eine Veränderung der befriedigten Nachfrage nach Arbeitsflächen (Knoten AFL-Use) zu einer veränderten Inanspruchnahme der Siedlungsfläche für Arbeiten (Knoten SFL-VERBR-A).

Kennwerte Referenzzustand:

	Bauzonen (ha)				Total
	Stadt	Agglo	Land		
Arbeiten (AZ)	4'709	11'809	8'963	25'482	
Arbeiten (WMZ)	14'564	15'770	13'593	43'927	
Total	19'274	27'579	22'556	69'409	

II Annahmen zu den Szenarien 2060

II.1 Personenverkehr

II.1.1 Verfügbarkeit / Besitz Mobilitätswerkzeuge - Anteil Haushalte ohne PW

Bei der Ermittlung der Verkehrsnachfrage wird auch berücksichtigt, inwieweit die Haushalte über einen Personenwagen verfügen. Diese Annahmen werden nicht je verhaltenshomogener Gruppe abgeschätzt, um Scheingenauigkeiten zu vermeiden. Sie werden als Gesamtanteil an der Bevölkerung abgeschätzt und bei der Ermittlung der Verkehrsnachfrage berücksichtigt. Im Szenario 2060 Evolution wird davon ausgegangen, dass der Anteil gegenüber 2015 entsprechend den Entwicklungen in den letzten Jahren weiter steigt. Im Szenario 2060 Revolution individuell sinken die Anteile. Im Szenario Revolution kollektiv nehmen sie stark zu. Die folgende Tabelle zeigt die Annahmen.

Tab. 87 Anteil Haushalte ohne Personenwagen

Raumtyp	Referenz 2015	1.) 2060 Evolution	2.) 2060 Revolution individuell	3.) 2060 Revolution kollektiv
Stadt	27%	35%	25% 1)	50%
Agglomeration	11%	15%	10% 1)	30%
Land	13%	15%	10% 1)	20%

1) In diesem Szenario sinkt der Anteil, weil automatisches Fahren günstiger und sehr convenient wird. In realiter ist der Anteil autoloser Haushalte grösser, weil Car Sharing (Zugang zu Flottenanbietern) steigt. Er wirkt sich aber nicht auf das Verkehrsverhalten aus

Bezüglich des Besitzes von GA oder Halbtax werden keine Annahmen benötigt, da im Wirkungsnetz die Kosten im öffentlichen Verkehr über Preise je Kilometer abgebildet werden.

II.1.2 Verfügbarkeit Mobilitätswerkzeuge und generalisierte Kosten Personenverkehr (real)

Grundlagen

Zur Formulierung der Annahmen wurden insbesondere die folgenden Quellen einbezogen:

- ARE-(2016) Verkehrsperspektiven 2040-50: Grundsätzlich wird eine Kostensteigerung angenommen, aufgrund der bisherigen Entwicklung und hohen Investitionen und Marktvereinigungen.
- SBB (2018) Szenarien 2040: Dort wird von hohen Durchdringungsgraden und Kostensenkungen ausgegangen. Die Investitionskosten und die Überwälzungsthematik werden ausgeblendet. Die Kostensenkungspotenziale sind eher optimistisch und vor allem für den MIV schwierig nachvollziehbar. Den Kostensenkungspotenzialen steht eine breite Literaturlauswertung zugrunde.
- INFRAS-RappTrans (2018) FP Automatisiertes Fahren, Zwischenbericht TP1 Nutzungsszenarien und Auswirkungen
- EBP-RappTrans (2018, in Erscheinung) VdZ Projekt Schlüsseltechnologien: Der Entwurf Schlussbericht enthält Annahmen zur Ausstattung und Relevanz der verschiedenen Schlüsseltechnologien.
- Axhausen et al. (2019) SVI-Forschung induzierter Verkehr durch automatisiertes Fahren. Dieser Bericht ist die Referenz für die Annahme von Kostensenkungspotenzialen aufgrund der Automatisierung.

Weitere Annahmen

a) Verfügbarkeit Mobilitätswerkzeuge: Durchdringungsraten

vgl. Kapitel 4.5:

b) Kostensenkungspotenziale

Fahrzeugbetriebskosten respektive der Out-of-Pocket Kosten / Preise (ÖV)

vgl. Kapitel 4.5

Reisezeitkosten

Die Reisezeitkosten setzen sich zusammen aus der Reisezeit selber und aus deren Bewertung.

REISEZEIT

Im Wirkungsnetz Raum und Verkehr wird kein Verkehrsnetz mit Kapazitäten und Geschwindigkeiten hinterlegt. Deshalb sind hier Annahmen zu den Reisezeiten notwendig. Auf die Reisezeit kann die Automatisierung einen Einfluss haben, wenn diese die Kapazitäten erhöht und damit Beschleunigungen möglich sind. In den Szenarien sind aber Mischverkehre vorgesehen, bei denen gemäss Literatur gar keine oder sogar negative Kapazitätseffekte zu erwarten sind (vgl. EBP (2018)). Hier wird davon ausgegangen, dass die Reisezeiten unverändert bleiben. Dies auch im Zusammenhang mit der Szenarioannahme, dass Infrastrukturkapazitäten durch Ausbauten, Verkehrsmanagement und unter Berücksichtigung der Automatisierung so bestehen, dass die Verkehrsnachfrage mit Restriktionen wie heute wachsen kann.

BEWERTUNG DER REISEZEIT (VALUE OF TIME)

Für die Verkehrsmittelwahl sind die generalisierten Kosten relevant. Diese setzen sich aus den obigen Out-of-Pocket Kosten und der Bewertung der Reisezeiten zusammen. Für die Veränderung der Reisezeitkosten liegen Angaben aus Axhausen et al. (2019, in Erscheinung) vor. Da das Wirkungsnetz EBP für 2015 kalibriert wurde, werden hier für die neuen Verkehrsmittel aus der Quelle die relevanten Unterschiede in der Bewertung der Reisezeit verwendet (und nicht die absoluten Werte einfach übernommen).

Tab. 88 Veränderung der Bewertung der Reisezeit je Verkehrsmittel ggü. 2015

Mobilitätswerkzeug	Veränderung der Bewertung der Reisezeit ggü. 2015
PW konventionell im Eigenbesitz	0% (wie heute)
ÖV Strasse und Schiene (konventionell und automatisiert)	0% (wie heute)
Fuss- & Velo	0% (wie heute)
Taxi / Robotaxi	Im Grundsatz wie heute für Taxifahrten. Für 2015 gibt es aber keine Angaben. Deshalb: In 2060: 10% höher als ÖV 1)
ÖIV Level V / Robovans	In 2015 nicht vorliegend; In 2060: 30% höher als ÖV 2)
PW Level IV / V im Eigenbesitz	In 2015 nicht vorliegend; In 2060: 5% höher als ÖV - Erläuterung siehe Exkurs im Text
Grundlage:	
1) Axhausen et al. (2019, in Erscheinung), Abbildung 6 (Taxi AV: 19 CHF TaxiAF (TAF) zu 17.5 CHF ÖV bei Distanz von 30 km)	
2) Axhausen et al. (2019, in Erscheinung), Abbildung 6 (22 CHF Public AF (PAF) zu 17.5 CHF ÖV bei Distanz von 30 km)	

Exkurs: Bewertung der Reisezeit im PW Level V im Eigenbesitz

Bezüglich der Reisezeitkosten von PW Level IV/V im Eigenbesitz haben Axhausen et al. in einer Stated Preference Befragung von ca. 1000 Personen ermittelt, dass der Zeitkostensatz im PW Level IV/V um ca. 7% HÖHER als bei einem konventionellen PW liegen. Dies obwohl z.B. die Reisezeitkosten für ein Robotaxi bedeutend niedriger liegen als bei einem konventionellen PW und nur um 9% höher sind als im ÖV. Eine Erklärung für dieses Resultat könnte sein, dass die Befragten mehr Sorgen im privaten PW-AF bzgl. Haftung bei Unfällen haben als im Robotaxi bei dem vermutlich der Betreiber haftet. Solche Effekte können in einer Einführungsphase auftreten, sollten aber mit der Zeit geregelt sein und überwunden werden. Ferner kennen und schätzen die Befragten heutige Taxis und beim Robotaxi wird «nur» der Chauffeur ausgetauscht, hingegen haben sie aber keine Erfahrung mit selbstfahrenden Fahrzeugen.

Legt man die Reisezeitkosten von Axhausen et al. (2019, in Erscheinung) im Wirkungsnetz Raum und Verkehr zugrunde, ergibt sich eine Reduktion der PW-Nachfrage durch die Automatisierung z.B. auch im Szenario «2060 Revolution individuell» (ohne Beschleunigungen aufgrund von Kapazitätswirkungen, die in den Szenarien aufgrund der Annahme hinreichender Kapazitäten nur marginal auftreten werden).

Dies entspricht nicht den Erwartungen: Die Literatur (z.B. in Ecoplan 2018 und EBP 2018b) geht davon aus, dass durch die Automatisierung die Fahrer die Zeit anders als mit Lenken und Fahrzeugkontrolle nutzen können und sich dadurch die Reisezeitkosten reduzieren. Das Ergebnis von Axhausen et al. steht auch im Kontrast zu den Ergebnissen der Studie von z.B. Kolarova et al. (2016), die in Deutschland durchgeführt worden ist und eine Reduktion der Reisezeitkosten um mehr als 50% ermittelte (vgl. Tabelle unten Private AF (Model 2) und Private Car (Model 1)). Gemäss dieser Studie liegen die VOT für private selbstfahrende Fahrzeuge um ca. 25% über denjenigen des ÖV und damit zwischen dem ÖV und dem konventionellen PW (vgl. Tabelle unten, jeweils Model 2).

	Low income [n=135]		Middle income [n=205]		High income [n=145]	
	model 1	model 2	model 1	model 2	model 1	model 2
Walk	12.04	9.43	19.05	14.53	20.05	19.88
Bicycle	8.85	7.39	14.01	11.38	14.74	15.57
Public transportation	1.72	1.01	2.72	1.55	2.86	2.12
Private car	2.84	-	4.49	-	4.72	-
Private AV	-	1.29	-	1.99	-	2.73
Driverless taxi	-	1.96	-	3.02	-	4.14
Waiting time	5.89	5.51	9.32	8.49	9.80	11.61
Access/ egress time	7.22	3.48	11.42	5.37	12.02	7.34

Quelle: Kolarova et al. (2016)

Erwartungsgemäss sind die Zeitkostensätze für PW Level IV/V im Eigenbesitz (Privat AV) auch niedriger als die Zeitkostensätze im Robotaxi (Driverless Taxi), da bei Eigenbesitz das Fahrzeug jederzeit verfügbar und keine Reservationszeiten anfallen.

Fazit ist: Hier wird ein Zeitkostensatz für PW Level IV/V im Eigenbesitz benötigt, der zwischen ÖV und Robotaxi liegt.

Da für Robotaxi auf Axhausen et al. zurückgegriffen wird (Robotaxi +10% gegenüber ÖV) besteht ein Spielraum von +0 bis +10%. Hier wird als Annahme gesetzt, dass die Zeitkostensätze PW Level IV / V im Eigenbesitz um ca. 5% höher als im ÖV liegen.

II.2 Güterverkehr

II.2.1 Grundlagen

Zur Formulierung der Annahmen wurden insbesondere die folgenden Quellen einbezogen:

- ARE (2016a) Verkehrsperspektiven 2040-50: Grundsätzlich wird eine Kostensteigerung angenommen, aufgrund der bisherigen Entwicklung und hohen Investitionen und Marktvereinigungen.
- SBB (2018) Szenarien 2040: Dort wird von hohen Durchdringungsgraden und Kostensenkungen ausgegangen. Die Investitionskosten und die Überwälzungsthematik werden ausgeblendet. Die Kostensenkungspotenziale sind eher optimistisch. Den Kostensenkungspotenzialen steht eine breite Literaturlauswertung zugrunde.
- INFRAS-RappTrans (2018) FP Automatisiertes Fahren, Zwischenbericht TP1 Nutzungsszenarien und Auswirkungen, INFRAS-RappTrans
- EBP-RappTrans (2018): VdZ Projekt Schlüsseltechnologien. Der Entwurf Schlussbericht enthält Annahmen zur Ausstattung und Relevanz der verschiedenen Schlüsseltechnologien.

II.2.2 Annahmen

a) Verfügbarkeit Transportmittel und Durchdringungsgraden einzelner Angebote

vgl. Kapitel 4.6:

b) Potenziale zur Reduktion der Transportpreise in den Szenarien

AUTOMATISIERUNG

Die folgende Tabelle zeigt die Veränderung der Kosten je Fahrzeug- bzw. Zugkilometer aufgrund der Automatisierung.

Tab. 89 Verringerung der Kosten je NNettotonnenkilometer durch Automatisierung ggü. Zustand ohne Automatisierung

Transportmittel	Verringerung der Kosten je NNettotonnen-Kilometer durch Automatisierung ggü. Zustand ohne Automatisierung
WLV	5%
UKV	10%
SNF	40%
LI	30%

Unter Berücksichtigung der Durchdringungsgrade je Szenario und weiterer Annahmen zur Beladung und Geschwindigkeit ergeben sich damit die Veränderung der Kilometerkosten je Szenario.

Tab. 90 Verringerung der Kosten je NNettonnenkilometer durch Automatisierung und weiterer Annahmen zu Beladung und Geschwindigkeit ggü. Zustand ohne Automatisierung (=Veränderung der Transportpreise)

Transportmittel	Verringerung der Kosten je NNettonnenkilometer ggü. 2015 (=Veränderung der Transportpreise)			
	2015	2060 Evolution	2060 Revolution individuell	2060 Revolution kollektiv
WLV	-	0%	5%	30%
UKV	-	5%	10%	30%
SNF	-	20%	40%	20%
LI	-	15%	30%	15%

Grundlage: Annahmen Paketleitung

Weitere Effekte

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht zu den weiteren Effekten in den Szenarien und deren Ausmass auf die Transportkosten und damit auf die Transportpreise.

Tab. 91 Weitere Effekte auf die Transportpreise je Szenario

Transportmittel	2060 Evolution	2060 Revolution individuell	2060 Revolution kollektiv
WLV	Produktivitätseffekte und Erhöhung von Auflagen gleichen sich aus. Es gibt keine zusätzlichen Effekte	Analog Evolution	Zusätzliche Senkung aufgrund erhöhter Infrastruktureffizienz und Prozesseffizienz infolge Automatisierung Infrastruktur/Rangieren
UKV		Analog Evolution	Zusätzliche Senkung aufgrund Automatisierung (Umlad, Infrastruktur) und Prozesseffizienz
SNF		Zusätzliche Senkung aufgrund erhöhter Infrastruktureffizienz	
LI		Zusätzliche Senkung aufgrund erhöhter Prozesseffizienz	

Tab. 92 Ausmass weitere Effekte (Veränderung ggü. 2015, additiv zu Automatisierung)

Transportmittel	2060 Evolution	2060 Revolution individuell	2060 Revolution kollektiv
WLV	wie 2015	wie 2015	-10%
UKV		wie 2015	-20%
SNF		-10%	wie 2015
LI		-10%	wie 2015

Gesamte Kostenänderung

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht zu den gesamten Kostenänderungen in den Szenarien. Die Kostenänderungen sind additiv zu den in der AMG hinterlegten Kostenentwicklungen («Vergleichsbasis»).

Tab. 93 Gesamte Kostenänderung (Veränderung ggü. 2015, additiv zu Kostenentwicklung gem. AMG)

Transportmittel	2060 Evolution	2060 Revolution individuell	2060 Revolution kollektiv
WLV	0%	-5%	-40%
UKV	-5%	-10%	-50%
SNF	-20%	-50%	-20%
LI	-15%	-40%	-15%

III Ergebnistabellen Verkehr

III.1 Personenverkehr

III.1.1 Je Szenario

Tab. 94 Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung Referenz 2015

Referenz 2015				
Verkehrsaufkommen [Mio. Wege/a]				
	Kernstädte	Agglomerations-gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	1'099	2'336	1'643	5'077
PW Level V	0	0	0	0
Robotaxi / Car Sharing	0	0	0	0
ÖIV	0	0	0	0
ÖV Schiene	206	205	79	490
ÖV Strasse	309	307	118	735
Fuss- & Velo	1'239	1'353	854	3'445
Hyperloop	0	0	0	0
Summe	2'852	4'201	2'694	9'747
Verkehrsleistungen [Mio. Perskm/a]				
	Kernstädte	Agglomerations-gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	16'977	28'568	24'060	69'604
PW Level V	0	0	0	0
Robotaxi / Car Sharing	0	0	0	0
ÖIV	0	0	0	0
ÖV Schiene	6'698	9'398	4'791	20'888
ÖV Strasse	1'479	2'062	1'047	4'589
Fuss- & Velo	2'503	3'513	1'944	7'960
Hyperloop	0	0	0	0
Summe	27'658	43'541	31'841	103'041
Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
	Kernstädte	Agglomerations-gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	38.5%	55.6%	61.0%	52.1%
PW Level V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Robotaxi / Car Sharing	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ÖIV	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ÖV Schiene	7.2%	4.9%	2.9%	5.0%
ÖV Strasse	10.8%	7.3%	4.4%	7.5%
Fuss- & Velo	43.4%	32.2%	31.7%	35.3%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Summe	100%	100%	100%	100%
Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
	Kernstädte	Agglomerations-gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	61.4%	65.6%	75.6%	67.5%
PW Level V	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Robotaxi / Car Sharing	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ÖIV	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
ÖV Schiene	24.2%	21.6%	15.0%	20.3%
ÖV Strasse	5.3%	4.7%	3.3%	4.5%
Fuss- & Velo	9.1%	8.1%	6.1%	7.7%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Summe	100%	100%	100%	100%
Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
	Kernstädte	Agglomerations-gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	38.5%	55.6%	61.0%	52.1%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	18.0%	12.2%	7.3%	12.6%
Fuss und Velo	43.4%	32.2%	31.7%	35.3%
Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
	Kernstädte	Agglomerations-gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	61.4%	65.6%	75.6%	67.5%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	29.6%	26.3%	18.3%	24.7%
Fuss und Velo	9.1%	8.1%	6.1%	7.7%

Tab. 95 Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung Szenario 1

2060 SZ1 Einwohnerentwicklung mit Siedlungsmodell und mit PV-Modell

Verkehrsaufkommen [Mio. Wege/a]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	566	1'191	846	2'602
PW Level V	482	1'306	1'088	2'876
Robotaxi / Car Sharing	297	209	68	574
ÖIV	504	385	154	1'044
ÖV Schiene	202	201	66	468
ÖV Strasse	307	314	110	731
Fuss- & Velo	1'288	1'517	990	3'795
Hyperloop	0	0	0	0
Summe	3'646	5'123	3'322	12'090

Verkehrsleistungen [Mio. Perskm/a]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	8'670	14'292	12'200	35'162
PW Level V	8'336	17'699	17'718	43'754
Robotaxi / Car Sharing	5'501	3'368	1'317	10'186
ÖIV	4'922	3'685	2'083	10'690
ÖV Schiene	6'625	9'198	3'983	19'806
ÖV Strasse	1'514	2'147	982	4'643
Fuss- & Velo	2'608	3'929	2'250	8'787
Hyperloop	0	0	0	0
Summe	38'176	54'318	40'534	133'029

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	15.5%	23.2%	25.5%	21.5%
PW Level V	13.2%	25.5%	32.8%	23.8%
Robotaxi / Car Sharing	8.1%	4.1%	2.0%	4.7%
ÖIV	13.8%	7.5%	4.6%	8.6%
ÖV Schiene	5.5%	3.9%	2.0%	3.9%
ÖV Strasse	8.4%	6.1%	3.3%	6.0%
Fuss- & Velo	35.3%	29.6%	29.8%	31.4%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Summe	100%	100%	100%	100%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	22.7%	26.3%	30.1%	26.4%
PW Level V	21.8%	32.6%	43.7%	32.9%
Robotaxi / Car Sharing	14.4%	6.2%	3.2%	7.7%
ÖIV	12.9%	6.8%	5.1%	8.0%
ÖV Schiene	17.4%	16.9%	9.8%	14.9%
ÖV Strasse	4.0%	4.0%	2.4%	3.5%
Fuss- & Velo	6.8%	7.2%	5.6%	6.6%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Summe	100%	100%	100%	100%

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	36.9%	52.8%	60.3%	50.1%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	27.8%	17.6%	9.9%	18.6%
Fuss und Velo	35.3%	29.6%	29.8%	31.4%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	59.0%	65.1%	77.1%	67.0%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	34.2%	27.7%	17.4%	26.4%
Fuss und Velo	6.8%	7.2%	5.6%	6.6%

Tab. 96 Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung Szenario 2**2060 SZ2 Einwohnerentwicklung mit Siedlungsmodell und mit PV-Modell**

Verkehrsaufkommen [Mio. Wege/a]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	271	547	497	1'315
PW Level V	519	1'980	1'449	3'949
Robotaxi / Car Sharing	593	208	69	871
ÖIV	418	307	108	833
ÖV Schiene	186	195	80	461
ÖV Strasse	298	292	113	703
Fuss- & Velo	1'327	1'535	1'032	3'894
Hyperloop	0	0	0	0
Summe	3'613	5'064	3'348	12'026
Verkehrsleistungen [Mio. Perskm/a]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	4'153	6'589	7'187	17'929
PW Level V	8'976	26'907	23'662	59'544
Robotaxi / Car Sharing	10'999	3'369	1'340	15'708
ÖIV	2'804	2'902	1'086	6'793
ÖV Schiene	6'222	9'157	4'908	20'287
ÖV Strasse	1'521	2'088	1'049	4'657
Fuss- & Velo	2'697	3'985	2'342	9'023
Hyperloop	0	0	0	0
Summe	37'373	54'995	41'573	133'941

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	7.5%	10.8%	14.8%	10.9%
PW Level V	14.4%	39.1%	43.3%	32.8%
Robotaxi / Car Sharing	16.4%	4.1%	2.1%	7.2%
ÖIV	11.6%	6.1%	3.2%	6.9%
ÖV Schiene	5.2%	3.8%	2.4%	3.8%
ÖV Strasse	8.2%	5.8%	3.4%	5.8%
Fuss- & Velo	36.7%	30.3%	30.8%	32.4%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Summe	100%	100%	100%	100%
Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	11.1%	12.0%	17.3%	13.4%
PW Level V	24.0%	48.9%	56.9%	44.5%
Robotaxi / Car Sharing	29.4%	6.1%	3.2%	11.7%
ÖIV	7.5%	5.3%	2.6%	5.1%
ÖV Schiene	16.6%	16.6%	11.8%	15.1%
ÖV Strasse	4.1%	3.8%	2.5%	3.5%
Fuss- & Velo	7.2%	7.2%	5.6%	6.7%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Summe	100%	100%	100%	100%

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	38.3%	54.0%	60.2%	51.0%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	25.0%	15.7%	9.0%	16.6%
Fuss und Velo	36.7%	30.3%	30.8%	32.4%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	64.6%	67.0%	77.4%	69.6%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	28.2%	25.7%	16.9%	23.7%
Fuss und Velo	7.2%	7.2%	5.6%	6.7%

Tab. 97 Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung Szenario 3**2060 SZ3 Einwohnerentwicklung mit Siedlungsmodell und mit PV-Modell**

Verkehrsaufkommen [Mio. Wege/a]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	155	420	358	93
PW Level V	149	398	282	82
Robotaxi / Car Sharing	738	1'061	594	2'39
ÖIV	546	774	434	1'75
ÖV Schiene	330	321	126	77
ÖV Strasse	408	369	117	89
Fuss- & Velo	1'785	1'799	958	4'54
Hyperloop	18	11	7	3
Summe	4'128	5'153	2'876	12'15
Verkehrsleistungen [Mio. Perskm/a]				
	Städtischer Kernraum	Einflussgebiet städtischer Kerne	Gebiete ausserhalb Einfluss städtischer Kerne	Summe
PW konventionell	2'374	5'012	5'171	12'55
PW Level V	2'589	5'363	4'596	12'54
Robotaxi / Car Sharing	13'720	17'010	11'509	42'23
ÖIV	9'598	10'160	6'881	26'63
ÖV Schiene	9'976	12'788	5'542	28'30
ÖV Strasse	2'391	2'936	1'216	6'54
Fuss- & Velo	3'897	4'886	2'307	11'09
Hyperloop	1'825	1'095	730	3'65
Summe	46'370	59'250	37'952	143'57

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	3.7%	8.1%	12.5%	7.7%
PW Level V	3.6%	7.7%	9.8%	6.8%
Robotaxi / Car Sharing	17.9%	20.6%	20.6%	19.7%
ÖIV	13.2%	15.0%	15.1%	14.4%
ÖV Schiene	8.0%	6.2%	4.4%	6.4%
ÖV Strasse	9.9%	7.2%	4.1%	7.3%
Fuss- & Velo	43.2%	34.9%	33.3%	37.4%
Hyperloop	0.4%	0.2%	0.3%	0.3%
Summe	100%	100%	100%	100%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
PW konventionell	5.1%	8.5%	13.6%	8.7%
PW Level V	5.6%	9.1%	12.1%	8.7%
Robotaxi / Car Sharing	29.6%	28.7%	30.3%	29.4%
ÖIV	20.7%	17.1%	18.1%	18.6%
ÖV Schiene	21.5%	21.6%	14.6%	19.7%
ÖV Strasse	5.2%	5.0%	3.2%	4.6%
Fuss- & Velo	8.4%	8.2%	6.1%	7.7%
Hyperloop	3.9%	1.8%	1.9%	2.5%
Summe	100%	100%	100%	100%

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	25.2%	36.5%	42.9%	34.2%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	31.5%	28.6%	23.8%	28.5%
Fuss und Velo	43.2%	34.9%	33.3%	37.4%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
	Kernstädte	Agglomerations- gemeinden	Ländliche Gemeinden	Summe
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	40.3%	46.2%	56.1%	46.9%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	51.3%	45.5%	37.9%	45.4%
Fuss und Velo	8.4%	8.2%	6.1%	7.7%

III.1.2 Je Raumtyp

Tab. 98 Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung Wohnbevölkerung Schweiz

Verkehrsaufkommen [Mio. Wege/a]				
Schweiz	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	5'077	2'602	1'315	932
PW Level V	0	2'876	3'949	829
Robotaxi / Car Sharing	0	574	871	2'392
ÖIV	0	1'044	833	1'753
ÖV Schiene	490	468	461	778
ÖV Strasse	735	731	703	893
Fuss- & Velo	3'445	3'795	3'894	4'542
Hyperloop	0	0	0	37
Summe	9'747	12'090	12'026	12'157
Verkehrsleistungen [Mio. Perskm/a]				
Schweiz	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	69'604	35'162	17'929	12'558
PW Level V	0	43'754	59'544	12'548
Robotaxi / Car Sharing	0	10'186	15'708	42'239
ÖIV	0	10'690	6'793	26'639
ÖV Schiene	20'888	19'806	20'287	28'305
ÖV Strasse	4'589	4'643	4'657	6'543
Fuss- & Velo	7'960	8'787	9'023	11'090
Hyperloop	0	0	0	3'650
Summe	103'041	133'029	133'941	143'572

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
Schweiz	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	52.1%	21.5%	10.9%	7.7%
PW Level V	0.0%	23.8%	32.8%	6.8%
Robotaxi / Car Sharing	0.0%	4.7%	7.2%	19.7%
ÖIV	0.0%	8.6%	6.9%	14.4%
ÖV Schiene	5.0%	3.9%	3.8%	6.4%
ÖV Strasse	7.5%	6.0%	5.8%	7.3%
Fuss- & Velo	35.3%	31.4%	32.4%	37.4%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%
Summe	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
Schweiz	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	67.5%	26.4%	13.4%	8.7%
PW Level V	0.0%	32.9%	44.5%	8.7%
Robotaxi / Car Sharing	0.0%	7.7%	11.7%	29.4%
ÖIV	0.0%	8.0%	5.1%	18.6%
ÖV Schiene	20.3%	14.9%	15.1%	19.7%
ÖV Strasse	4.5%	3.5%	3.5%	4.6%
Fuss- & Velo	7.7%	6.6%	6.7%	7.7%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	2.5%
Summe	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
Schweiz	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	52.1%	50.1%	51.0%	34.2%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	12.6%	18.6%	16.6%	28.5%
Fuss und Velo	35.3%	31.4%	32.4%	37.4%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
Schweiz	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	67.5%	67.0%	69.6%	46.9%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	24.7%	26.4%	23.7%	45.4%
Fuss und Velo	7.7%	6.6%	6.7%	7.7%

Tab. 99 Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung Wohnbevölkerung Kernstädte

Verkehrsaufkommen [Mio. Wege/a]				
Kernstädte	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	1'099	566	271	155
PW Level V	0	482	519	149
Robotaxi / Car Sharing	0	297	593	738
ÖIV	0	504	418	546
ÖV Schiene	206	202	186	330
ÖV Strasse	309	307	298	408
Fuss- & Velo	1'239	1'288	1'327	1'785
Hyperloop	0	0	0	18
Summe	2'852	3'646	3'613	4'128

Verkehrsleistungen [Mio. Perskm/a]				
Kernstädte	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	16'977	8'670	4'153	2'374
PW Level V	0	8'336	8'976	2'589
Robotaxi / Car Sharing	0	5'501	10'999	13'720
ÖIV	0	4'922	2'804	9'598
ÖV Schiene	6'698	6'625	6'222	9'976
ÖV Strasse	1'479	1'514	1'521	2'391
Fuss- & Velo	2'503	2'608	2'697	3'897
Hyperloop	0	0	0	1'825
Summe	27'658	38'176	37'373	46'370

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
Kernstädte	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	38.5%	15.5%	7.5%	3.7%
PW Level V	0.0%	13.2%	14.4%	3.6%
Robotaxi / Car Sharing	0.0%	8.1%	16.4%	17.9%
ÖIV	0.0%	13.8%	11.6%	13.2%
ÖV Schiene	7.2%	5.5%	5.2%	8.0%
ÖV Strasse	10.8%	8.4%	8.2%	9.9%
Fuss- & Velo	43.4%	35.3%	36.7%	43.2%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	0.4%
Summe	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
Kernstädte	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	61.4%	22.7%	11.1%	5.1%
PW Level V	0.0%	21.8%	24.0%	5.6%
Robotaxi / Car Sharing	0.0%	14.4%	29.4%	29.6%
ÖIV	0.0%	12.9%	7.5%	20.7%
ÖV Schiene	24.2%	17.4%	16.6%	21.5%
ÖV Strasse	5.3%	4.0%	4.1%	5.2%
Fuss- & Velo	9.1%	6.8%	7.2%	8.4%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	3.9%
Summe	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
Kernstädte	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	38.5%	36.9%	38.3%	25.2%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	18.0%	27.8%	25.0%	31.5%
Fuss und Velo	43.4%	35.3%	36.7%	43.2%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
Kernstädte	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	61.4%	59.0%	64.6%	40.3%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	29.6%	34.2%	28.2%	51.3%
Fuss und Velo	9.1%	6.8%	7.2%	8.4%

Tab. 100 Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung Wohnbevölkerung Agglomerationsgemeinden

Verkehrsaufkommen [Mio. Wege/a]				
Agglomerationsgemeinden	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	2'336	1'191	547	420
PW Level V	0	1'306	1'980	398
Robotaxi / Car Sharing	0	209	208	1'061
ÖIV	0	385	307	774
ÖV Schiene	205	201	195	321
ÖV Strasse	307	314	292	369
Fuss- & Velo	1'353	1'517	1'535	1'799
Hyperloop	0	0	0	11
Summe	4'201	5'123	5'064	5'153

Verkehrsleistungen [Mio. Perskm/a]				
Agglomerationsgemeinden	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	28'568	14'292	6'589	5'012
PW Level V	0	17'699	26'907	5'363
Robotaxi / Car Sharing	0	3'368	3'369	17'010
ÖIV	0	3'685	2'902	10'160
ÖV Schiene	9'398	9'198	9'157	12'788
ÖV Strasse	2'062	2'147	2'088	2'936
Fuss- & Velo	3'513	3'929	3'985	4'886
Hyperloop	0	0	0	1'095
Summe	43'541	54'318	54'995	59'250

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
Agglomerationsgemeinden	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	55.6%	23.2%	10.8%	8.1%
PW Level V	0.0%	25.5%	39.1%	7.7%
Robotaxi / Car Sharing	0.0%	4.1%	4.1%	20.6%
ÖIV	0.0%	7.5%	6.1%	15.0%
ÖV Schiene	4.9%	3.9%	3.8%	6.2%
ÖV Strasse	7.3%	6.1%	5.8%	7.2%
Fuss- & Velo	32.2%	29.6%	30.3%	34.9%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%
Summe	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
Agglomerationsgemeinden	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	65.6%	26.3%	12.0%	8.5%
PW Level V	0.0%	32.6%	48.9%	9.1%
Robotaxi / Car Sharing	0.0%	6.2%	6.1%	28.7%
ÖIV	0.0%	6.8%	5.3%	17.1%
ÖV Schiene	21.6%	16.9%	16.6%	21.6%
ÖV Strasse	4.7%	4.0%	3.8%	5.0%
Fuss- & Velo	8.1%	7.2%	7.2%	8.2%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	1.8%
Summe	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
Agglomerationsgemeinden	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	55.6%	52.8%	54.0%	36.5%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	12.2%	17.6%	15.7%	28.6%
Fuss und Velo	32.2%	29.6%	30.3%	34.9%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
Agglomerationsgemeinden	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	65.6%	65.1%	67.0%	46.2%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	26.3%	27.7%	25.7%	45.5%
Fuss und Velo	8.1%	7.2%	7.2%	8.2%

Tab. 101 Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung Ländliche Gemeinden

Verkehrsaufkommen [Mio. Wege/a]				
Ländliche Gemeinden	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	1'643	846	497	358
PW Level V	0	1'088	1'449	282
Robotaxi / Car Sharing	0	68	69	594
ÖIV	0	154	108	434
ÖV Schiene	79	66	80	126
ÖV Strasse	118	110	113	117
Fuss- & Velo	854	990	1'032	958
Hyperloop	0	0	0	7
Summe	2'694	3'322	3'348	2'876

Verkehrsleistungen [Mio. Perskm/a]				
Ländliche Gemeinden	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	24'060	12'200	7'187	5'171
PW Level V	0	17'718	23'662	4'596
Robotaxi / Car Sharing	0	1'317	1'340	11'509
ÖIV	0	2'083	1'086	6'881
ÖV Schiene	4'791	3'983	4'908	5'542
ÖV Strasse	1'047	982	1'049	1'216
Fuss- & Velo	1'944	2'250	2'342	2'307
Hyperloop	0	0	0	730
Summe	31'841	40'534	41'573	37'952

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
Ländliche Gemeinden	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	61.0%	25.5%	14.8%	12.5%
PW Level V	0.0%	32.8%	43.3%	9.8%
Robotaxi / Car Sharing	0.0%	2.0%	2.1%	20.6%
ÖIV	0.0%	4.6%	3.2%	15.1%
ÖV Schiene	2.9%	2.0%	2.4%	4.4%
ÖV Strasse	4.4%	3.3%	3.4%	4.1%
Fuss- & Velo	31.7%	29.8%	30.8%	33.3%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%
Summe	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
Ländliche Gemeinden	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
PW konventionell	75.6%	30.1%	17.3%	13.6%
PW Level V	0.0%	43.7%	56.9%	12.1%
Robotaxi / Car Sharing	0.0%	3.2%	3.2%	30.3%
ÖIV	0.0%	5.1%	2.6%	18.1%
ÖV Schiene	15.0%	9.8%	11.8%	14.6%
ÖV Strasse	3.3%	2.4%	2.5%	3.2%
Fuss- & Velo	6.1%	5.6%	5.6%	6.1%
Hyperloop	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%
Summe	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Modal Split bezogen auf Verkehrsaufkommen [%]				
Ländliche Gemeinden	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	61.0%	60.3%	60.2%	42.9%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	7.3%	9.9%	9.0%	23.8%
Fuss und Velo	31.7%	29.8%	30.8%	33.3%

Modal Split bezogen auf Verkehrsleistung [%]				
Ländliche Gemeinden	2015	2060 S1	2060 S2	2060 S3
MIV (PW, Robotaxi, Carsharing)	75.6%	77.1%	77.4%	56.1%
ÖV (Schiene, Strasse, ÖIV, Hyperloop)	18.3%	17.4%	16.9%	37.9%
Fuss und Velo	6.1%	5.6%	5.6%	6.1%

III.2 Güterverkehr

Szenario 1

Effektives Aufkommen nach Transportmittel

1000 Netto-Tonnen

Zustände		Stadt	Agglo	Land	alle RT
Wagenladungsverkehr	WLV	11768	15036	8189	34993
Kombinierter Verkehr	UKV	1671	2012	712	4395
Strasse schwer	SNF	126976	184641	111397	423014
Strasse leicht	LI	14690	17685	6255	38630
Cargo Sous Terrain	CST	0	0	0	0
Weitere Transportmittel	Weitere	0	0	0	0
Total	Total	155105	219374	126552	501032

effektiver Modalsplit nach Raumtypen

Stadt	Agglo	Land	alle RT
7.6%	6.9%	6.5%	7.0%
1.1%	0.9%	0.6%	0.9%
81.9%	84.2%	88.0%	84.4%
9.5%	8.1%	4.9%	7.7%
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Güterverkehrsleistung nach Transportmittel

Mio. Netto-Tonnenkilometer

Zustände		Stadt	Agglo	Land	alle RT
Wagenladungsverkehr	WLV	1426	1710	890	4026
Kombinierter Verkehr	UKV	257	309	109	676
Strasse schwer	SNF	4445	6164	3458	14067
Strasse leicht	LI	447	538	190	1175
Cargo Sous Terrain	CST	0	0	0	0
Weitere Transportmittel	Weitere	0	0	0	0
Total	Total	6575	8722	4647	19944

effektiver Modalsplit nach Raumtypen

Stadt	Agglo	Land	alle RT
22%	20%	19%	20%
4%	4%	2%	3%
68%	71%	74%	71%
7%	6%	4%	6%
0%	0%	0%	0%
0%	0%	0%	0%
100%	100%	100%	100%

Szenario 2

Effektives Aufkommen nach Transportmittel

1000 Netto-Tonnen

Zustände		Stadt	Agglo	Land	alle RT
Wagenladungsverkehr	WLV	10876	15623	9001	35500
Kombinierter Verkehr	UKV	1519	1880	676	4076
Strasse schwer	SNF	116020	188151	118589	422760
Strasse leicht	LI	14426	17853	6417	38696
Cargo Sous Terrain	CST	0	0	0	0
Weitere Transportmittel	Weitere	0	0	0	0
Total	Total	142841	223508	134683	501032

effektiver Modalsplit nach Raumtypen

Stadt	Agglo	Land	alle RT
7.6%	7.0%	6.7%	7.1%
1.1%	0.8%	0.5%	0.8%
81.2%	84.2%	88.1%	84.4%
10.1%	8.0%	4.8%	7.7%
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Güterverkehrsleistung nach Transportmittel

Mio. Netto-Tonnenkilometer

Zustände		Stadt	Agglo	Land	alle RT
Wagenladungsverkehr	WLV	1292	1742	959	3993
Kombinierter Verkehr	UKV	232	287	103	621
Strasse schwer	SNF	4090	6222	3646	13959
Strasse leicht	LI	435	538	193	1167
Cargo Sous Terrain	CST	0	0	0	0
Weitere Transportmittel	Weitere	0	0	0	0
Total	Total	6048	8789	4902	19739

effektiver Modalsplit nach Raumtypen

Stadt	Agglo	Land	alle RT
21%	20%	20%	20%
4%	3%	2%	3%
68%	71%	74%	71%
7%	6%	4%	6%
0%	0%	0%	0%
0%	0%	0%	0%
100%	100%	100%	100%

Szenario 3

Effektives Aufkommen nach Transportmittel

1000 Netto-Tonnen

Zustände		Stadt	Agglo	Land	alle RT
Wagenladungsverkehr	WLV	15084	21166	14586	50836
Kombinierter Verkehr	UKV	2171	2669	942	5781
Strasse schwer	SNF	93091	149990	110267	353348
Strasse leicht	LI	13822	16995	5996	36813
Cargo Sous Terrain	CST	21700	32554	0	54254
Weitere Transportmittel	Weitere	0	0	0	0
Total	Total	145868	223373	131790	501032

effektiver Modalsplit nach Raumtypen

Stadt	Agglo	Land	alle RT
10.3%	9.5%	11.1%	10.1%
1.5%	1.2%	0.7%	1.2%
63.8%	67.1%	83.7%	70.5%
9.5%	7.6%	4.5%	7.3%
14.9%	14.6%	0.0%	10.8%
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Güterverkehrsleistung nach Transportmittel

Mio. Netto-Tonnenkilometer

Zustände		Stadt	Agglo	Land	alle RT
Wagenladungsverkehr	WLV	1753	2250	1521	5524
Kombinierter Verkehr	UKV	339	417	147	903
Strasse schwer	SNF	3038	4513	3417	10968
Strasse leicht	LI	427	525	185	1137
Cargo Sous Terrain	CST	1207	1810	0	3017
Weitere Transportmittel	Weitere	0	0	0	0
Total	Total	6764	9515	5270	21548

effektiver Modalsplit nach Raumtypen

Stadt	Agglo	Land	alle RT
26%	24%	29%	26%
5%	4%	3%	4%
45%	47%	65%	51%
6%	6%	4%	5%
18%	19%	0%	14%
0%	0%	0%	0%
100%	100%	100%	100%

Glossar

3D-Druck	Fertigungsverfahren, dass 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	Verkehrsinfrastruktur parallel auf verschiedenen Ebenen (unterirdisch, ebenerdig, oberirdisch) und verschiedenen Systemen
Car Sharing	Individuelle Fahrt, geteiltes Fahrzeug (z.B. Taxi- oder Car Sharingunternehmen; Angebotstyp «Sharing (On-Demand)» gemäss SVI 2017-006 (Rapp (2020))
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).
Cargo Sous Terrain CST	Eigenständiges System von normierten und kontinuierlich beförderten Transportmitteln für den Transport von 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.
Hyperloop	Magnetschwebbahn, welche im Vakuum Geschwindigkeiten bis zu 1125 km/h erreichen kann. Angebotstyp «Sharing (On-Demand)» oder «ÖV (Klassisch)» gemäss SVI 2017-006 (Rapp (2020))
ÖIV (Öffentlicher-Individual-Verkehr)	Geteiltes Fahrzeug On-Demand, kollektive Fahrt bei entsprechender Nachfrage und Bündelung durch den Anbieter (private Angebote für Carpooling oder Ridehailing sind hier nicht berücksichtigt). Angebotstypen «Riding (On-Demand)» und «ÖV (On-Demand)» gemäss SVI 2017-006 (Rapp (2020))
ÖV Schiene	Wie heute: kollektive Fahrt, öffentliches Angebot mit den geltenden Pflichten gemäss Personenbeförderungsgesetz (Fahrplanpflicht etc.) auf der Schiene. Angebotstyp «ÖV (Klassisch)» gemäss SVI 2017-006 (Rapp (2020))
ÖV Strasse	Wie heute: kollektive Fahrt, öffentliches Angebot mit den geltenden Pflichten gemäss Personenbeförderungsgesetz (Fahrplanpflicht etc.) auf der Strasse. Angebotstyp «ÖV (Klassisch)» gemäss SVI 2017-006 (Rapp (2020))
PW konventionell	Eigenes Fahrzeug mit konventioneller Selbstlenkung. Der Fahrzeugführer fährt selber bzw. muss jederzeit in der Lage sein, Funktionen zu übernehmen (Automatisierungsstufen Level I bis III). Angebotstyp «Private Fahrzeugnutzung» gemäss SVI 2017-006 (Rapp (2020))
PW Level V	Eigenes Fahrzeug mit automatischer Steuerung. Der «Fahrer» muss sich nicht mehr mit der Fahrzeugführung und -kontrolle beschäftigen. Er kann die Fahrzeit andersweitig nutzen. (Automatisierungsstufen Level IV und V). Angebotstyp «Private Fahrzeugnutzung» gemäss SVI 2017-006 (Rapp (2020))
Robotaxi, Robovan	Individuelle Fahrt, geteiltes Fahrzeug (z.B. Taxi- oder Car Sharingunternehmen). Angebotstyp «Sharing (On-Demand)» gemäss SVI 2017-006 (Rapp (2020))
Volocopter	Hubschrauber-Konzept für elektrisch angetriebene personentragende Multikopter, die als autonome Lufttaxis eingesetzt werden sollen

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
A	Angebot
AF	Autonomes Fahrzeug
AMG	Aggregierte Methode Güterverkehr
AZ	Arbeitszone
BGF	Bruttogeschossfläche
CST	Cargo Sous Terrain
ggü	gegenüber
KV	Kombinierter Verkehr
LBT	Lötschberg-Basistunnel
LI	Lieferwagen
N	Nachfrage
Ntkm	Nettotonnenkilometer
OE	Öffentliche Zone
PFV	Personenfernverkehr
Pkm	Personenkilometer
ROLA	Rollende Landstrasse
RPG1	Revision Raumplanungsgesetz, 1. Etappe
RPV	Regionaler Personenverkehr
SFL	Siedlungsfläche
SNF	Schweres Nutzfahrzeug
TP	Teilprojekt
UKV	Unbegleiteter Kombiniertes Verkehr
VHG	Verhaltenshomogene Gruppen
VOT	Value-of-Time
VZÄ	Vollzeitäquivalent
WLV	Wagenladungsverkehr
WMZ	Wohn-, Misch-, Zentrumszone

Literaturverzeichnis

Normen

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2009a), „**Zeitkosten im Personenverkehr**“, SN 641 822a.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2009b), „**Betriebskosten von Strassenfahrzeugen**“, SN 641 827.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (1998), „**Massgebender Verkehr**“, SN 640016a.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2006), „**Leistungsfähigkeit, Verkehrsqualität, Belastbarkeit** - Freie Strecke auf Autobahnen“, SN 640018a.

Dokumentation

ARE (2004a), „**Räumliche Auswirkungen der Zürcher S-Bahn**“.

ARE (2004b), „**Räumliche Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen in der Magadinoebene**“.

ARE (2006a), „**Räumliche Auswirkungen des Vereinatunnels**“.

ARE (2006b), „**Räumliche Auswirkungen des Vue-des-Alpes-Tunnels**“.

ARE (2011a), „**Abstimmung Siedlung und Verkehr: Siedlungsentwicklung, Grundlagenbericht**“.

ARE (2011b), „**Abstimmung Siedlung und Verkehr: Einfluss der Siedlungsentwicklung und des ÖV-Verkehrsangebots auf die Verkehrsentwicklung**“.

ARE (2012), „**Verkehrliche und räumliche Auswirkungen des Lötschberg Basistunnels**“.

ARE (2013), „**Abstimmung von Siedlung und Verkehr, Diskussionsbeitrag zur zukünftigen Entwicklung von Siedlung und Verkehr in der Schweiz**“, *Schlussbericht*, Bern.

ARE (2014a), „**Auswirkungen der Westumfahrung von Zürich und der A4 durch das Knonaueramt**“.

ARE (2014b), „**Entwicklung eines Flächennutzungsmodells für die Schweiz**“.

ARE (2015), „**Räumliche Auswirkungen von Verkehrsinfrastrukturen in der Schweiz**“.

ARE (2016a), „**Verkehrsperspektiven 2040**“.

ARE (2016b), „**Räumliche Entwicklung der Arbeitsplätze in der Schweiz**“.

ARE (2017): **Monitoring Gotthard-Achse**
<https://www.are.admin.ch/are/de/home/verkehr-und-infrastruktur/programme-und-projekte/monitoring-gotthard-achse--mga-.html> (abgerufen am 14.10.19)

ARE (2018), „**Dichte und Mobilitätsverhalten – Auswertungen des Mikrozensus Mobilität und Verkehr**“, *Forschungsarbeit*, Bern.

Axhausen, K. W. et al. (2019), „**Induzierter Verkehr durch autonome Fahrzeuge: Eine Abschätzung**“, *SVI 2016/001*.

Axhausen, K.W., T. Bischof, R. Fuhrer, R. Neuenschwander, G. Sarlas, und P. Walker (2015): **«Gesamtwirtschaftliche Effekte des öffentlichen Verkehrs mit besonderer Berücksichtigung der Verdichtungs- und Agglomerationseffekte»**, Schlussbericht, SBB Fonds für Forschung, Bern und Zürich

Axhausen, K. W. und M. Vrtic (2003), **„Verifizierung von Prognosemethoden des Personenverkehrs: Ergebnisse einer Vorher-/Nachher-Untersuchung auf der Grundlage eines netzbasierten Verkehrsmodells“**, IVT, ETHZ.

BFS und ARE (2015), **„Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV) 2015“**.

BFS (2017), **„Kosten und Finanzierung Verkehr“**.

Bruns, F., P. Cerwenka und R. Chaumet et al. (2008), **„Berücksichtigung von erreichbarkeitsbedingten Veränderungen der Wertschöpfung in Kosten-Nutzen-Analysen“**, *IVS-Schriften der TU Wien, Band 30*, Wien.

Boesch, P. M., F. Becker, H. Becker und K. W. Axhausen (2018), **„Cost-based analysis of autonomous mobility services“**, *Transport policy 64*: 76-91.

Danielli, Giovanni; Maibach, Markus (2007): **Kompaktwissen: Schweizerische Verkehrspolitik**. Zürich/Chur: Rüegger Verlag

EBP (2018a), **„Weiterentwicklung der Fahrzeugbetriebskostensätze für Kosten-Nutzen-Analysen: Dichte von Treibstoffen, Tankstellenabgabepreise“**, VSS 2015/116.

EBP (2018b), **„Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz“**, *Schlussbericht Modul 3a «Verkehrstechnik»*.

EBP-RappTrans (2018), **„Verkehr der Zukunft 2060: Technologischer Wandel und seine Folgen für Mobilität und Verkehr“**, SVI 2017/003.

EBP/SOB (2018), **„Einsatz automatisierter Fahrzeuge im Alltag – Denkbare Anwendungen und Effekte in der Schweiz“**, *Teilpaket Mögliche Angebotsformen im kollektiven Verkehr (ÖV und ÖIV)*.

Ecoplan (2010), **„Betriebs- und Kapitalkosten des Veloverkehrs: Betriebskosten Velo“**.

Ecoplan (2018), **„Abschätzung der ökonomischen Folgen der Digitalisierung in der Mobilität“**, *Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung*.

Ecoplan (2020), **„Risiken und Chancen für das Regulativ und das Finanzierungssystem“**, *Teilprojekt des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft 2060»*.

Ernst Basler + Partner AG (2011), **„Produktivität und Finanzierung von Verkehrsinfrastrukturen - Kosten und Nutzen von grossen Verkehrsinfrastrukturen“**, Strukturberichterstattung Nr. 48/4, Studie im Auftrag des Staatssekretariats für Wirtschaft

Ernst Basler + Partner AG (2016), **„Regionalwirtschaftliche Auswirkungen einer neuen direkten Bahnlinie Neuchâtel – La Chaux-de-Fonds“**, *Untersuchung im Auftrag Republik und Kanton Neuchâtel*, Zürich.

Ewing, R. und R. Cervero (2010), **„Travel and the Built Environment“**, *Journal of the American Planning Association*, 76 (3), 265–294.

Ewp (2017), **„Zeitkostensätze Veloverkehr“**, *Kosten-Nutzen-Analyse Veloschnellroute Limmattal*, 25.9.2017.

Fahrländer Partner und Sotomo (2017), **„Nachfragesegmente im Wohnungsmarkt“**.

Fuhrer, R. et al. (2017), **„Messung der Effekte von Verkehr auf den Raum – State of the Art Methoden“**, *Forschungsarbeit des IVT der ETH Zürich im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung*.

-
- Giles-Corti, B., F. Bull, M. Knuiiman und G. McCormack et al. (2013), „**The influence of urban design on neighbourhood walking following residential relocation: longitudinal results from the RESIDE study**“, *Social science & medicine*, 7720–30.
-
- Graham, D. und K. Van Dender (2010), „**Estimating the Agglomeration Benefits of Transport Investments: Some Tests for Stability**“, *Transportation*.
-
- Heinen, E., R. Steiner und K. T. Geurs (2015), „**Built environment and travel behaviour**“, *European journal of transport and infrastructure research*, 15(1), 1-5.
-
- Hickman, R., C. Seaborn, P. Headicar, D. Banister und C. Swain (2010), „**Spatial planning for sustainable travel**“, *Town & Country Planning* (2), 77-82.
-
- INFRAS (2016), „**Volkswirtschaftliche Aspekte und Auswirkungen des Projekts Cargo Sous Terrain (CST)**“, Gutachten im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr
-
- INFRAS (2017), „**Handbuch für Emissionsfaktoren**“, Version 3.3.
-
- INFRAS-RappTrans (2018), „**FP Automatisiertes Fahren**“, *Zwischenbericht TP1 Nutzungsszenarien und Auswirkungen*.
-
- INFRAS (2020), „**Auswirkungen des Klimawandels auf die Verkehrsnachfrage**“, *Teilprojekt des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft 2060»*. SVI2011-003.
-
- Interface, Uni Zürich (2019, in Bearbeitung), „**Verkehr der Zukunft 2060: Demografische Alterung und Folgen für Kapazität und Sicherheit des Verkehrssystems**“, *SVI 2017-001*.
-
- Keller, M., C. B. Mauch und J. Heeb et al. (2000), „**MODUM: Modell Umwelt – Mobilität – Ein systemdynamischer Ansatz für die Schweiz**“, *Bericht C2 des NFP41 Verkehr und Umwelt*.
-
- Kolarova, V. et al. (2016), „**Estimation of the value of time for autonomous driving using revealed and stated preference methods**“, *European Transport Conference*.
-
- Kowald, M., B. Kieser, N. Mathys und A. Justen (2016), „**Determinants of mobility resource ownership in Switzerland: changes between 2000 and 2010**“.
-
- Laesser, C. und S. Reinhold (2010), „**Der Wert der Wohnstandort-Erschliessung mit Öffentlichem Verkehr**“, *Schriftenreihe SBB Lab (Vol. 001)*. St.Gallen.
-
- Le Néchet, F. (2012), „**Urban spatial structure, daily mobility and energy consumption: a study of 34 European cities**“, *Cybergeo : European Journal of Geography*.
-
- Metron (2000), „**Wechselwirkungen Verkehr/Raumordnung**“, *Bericht C8 des NFP 41 Verkehr und Umwelt*, Bern.
-
- Metron (2013), „**Und wir bewegen uns doch**“, *Präsentation vom 7.11.13*.
-
- Portnov et al (2011): **Diminishing effects of location? Some evidence from Swiss municipalities, 1950-2000**, *Journal of Transport Geography* 19 (2001), p 1368-1378.
-
- Rapp (2020), „**Neue Angebotsformen - Organisation und Diffusion**“, *Teilprojekt des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft 2060»*, SVI 2017-001.
-
- Rotermund, M. (2018): «**Der Einfluss autonomer Fahrzeuge auf die Bevölkerungsverteilung zwischen Stadt und Peripherie: Fallbeispiel Schweiz**» Abschlussarbeit zur Erlangung des Master of Advanced Studies in Real Estate an der Universität Zürich
-
- SBB (2018), „**Szenarien 2040**“.
-
- Schweizerischer Bundesrat (2018), „**Bessere Koordination zwischen Raum- und Verkehrsplanung**“, *Bericht vom 20.11.2018*, Bern.
-
- Thierstein, A. und G. Wulfhorst et al. (2016), „**WAM Wohnen Arbeit Mobilität – Veränderungs-dynamik und Entwicklungsoptionen für die Metropolregion München**“, *TU München, Lehrstuhl für Raumentwicklung*.
-

Todesco (2015), „**Logistische Zersiedlung im Raum Zürich**“, *ETH Zürich*.

Transitec-Eckhaus-Ecoplan (2020), „**Stadtverträgliche Mobilität – mobilitätsgerechte Stadt der Zukunft**“, *Teilprojekt SVI 2017-004 des Forschungspakets «Verkehr der Zukunft 2060»*.

Tschopp, M. et al. (2008): Transport infrastructure und regional development in Switzerland: Accessibility, spatial policy and urban sprawl during the last fifty years, *Journal of Transport History*, March, 2008.

Wegener, M.; F. Fürst (1999), „**Land-use transportation interaction: State of the Art**“, *Berichte aus dem Institut für Raumplanung*, 46, IRPUD, Universität Dortmund.

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: 29. November 2019

Grunddaten

Projekt-Nr.: SVI 2017 / 002

Projekttitel: Verkehr der Zukunft 2060: Wechselwirkungen Verkehr und Raum

Enddatum: 31. Dezember 2019

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Zur Darstellung der Wechselwirkungen Verkehr und Raum wurde ein Wirkungsnetz entwickelt. Dieses basiert auf Bayes'schen Netzen. Es berücksichtigt Personen- und Güterverkehr sowie Wohnflächen und Arbeitsflächen mit ihren jeweils angebots- und nachfragebezogenen Merkmalen. Es werden die drei Raumtypen Kernstädte, Agglomerationsgemeinden und Ländliche Gemeinden unterschieden. Die Bevölkerung ist in elf verhaltenshomogene Gruppen (VHG) gegliedert. Diese weisen spezifische Verkehrs- und Wohnflächennachfrage in den jeweiligen Raumtypen auf. Im Güterverkehr werden zwanzig Branchen hinterlegt. Angebotsseitig sind in der Raumplanung Siedlungsflächenangebot, Dichten und Attraktivitäten je Raumtyp hinterlegt. Das Wirkungsnetz wurde für 2015 erstellt und anschliessend auf Basis von Szenarioannahmen für 2060 angewendet.

Drei Szenarien sind von der Paketleitung initiiert und wurden im Laufe des Projektes weiterentwickelt. Im Verkehrsangebot werden mit Blick auf 2060 auch Automatisierung von Fahrzeugen und neue Angebote im kollektiven Verkehr, wie z.B. On-Demand-Services, berücksichtigt. In dieser Untersuchung werden Verkehrs- und Transportleistungen (Personen- respektive Tonnenkilometer) betrachtet, aber daraus keine Fahrleistungen (Fahrzeugkilometer) abgeleitet.

In den Szenarien zeigte sich, dass der Siedlungsflächenverbrauch bis 2060 zwischen 0% (Szenario Revolution der kollektiven Mobilitätsservices (S3)) und 21% (Szenario Revolution der individuellen Mobilitätsservices (S2)) ansteigt. Die Verkehrsleistung steigt von 2015 bis 2060 um 30% (S2) bzw. 40% (S3). Den grössten Anteil am Wachstum hat das Bevölkerungswachstum und die neuen Verkehrsmittel, die die Kosten senken und zusätzlichen Verkehr generieren. Die Veränderung der Wohnortwahl aufgrund neuer Verkehrsangebote und darauf folgende Veränderungen der Verkehrsnachfrage haben sich im Vergleich dazu als marginal erwiesen. Die Wechselwirkungen von Raum und Verkehr konnten somit quantitativ und qualitativ aufgezeigt und in den Zusammenhang von Bevölkerungsentwicklung, allgemeiner Siedlungsentwicklung und Technologieentwicklung eingeordnet werden.

Zielerreichung:

Ziel des Projektes ist die Ausarbeitung eines Wirkungsnetzes, in dem die Wechselwirkungen von Raum und Verkehr in die übergeordneten gesellschaftlichen und technologischen Entwicklungen eingebettet sind. Das Wirkungsnetz dient dazu, verschiedene Szenarien hinsichtlich der Auswirkungen auf Raum und Verkehr zu bearbeiten, die Wirkungszusammenhänge bei der Interpretation der Ergebnisse aufzuzeigen und Erkenntnisse für die Verkehrs- und Raumplanung abzuleiten.

Diese Ziele wurden erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung bis 2060 kann die Raumplanung über Siedlungsflächen und Dichten beeinflussen und vor allem wesentlich kanalisieren. Eine Erhöhung der Siedlungsdichte erfordert gleichzeitig auch verstärkte Anstrengungen für eine höhere Siedlungsqualität in einem umfassenderen Sinne.

Alle Szenarien ermöglichen weiterhin Mobilität und Verkehr und damit für alle Bewohner Möglichkeiten zu Austausch und gesellschaftlicher Teilhabe. Dabei ist die Umsetzung in den Szenarien sehr unterschiedlich. Die vielfältigen (teils laufenden) Arbeiten zu den Auswirkungen der verschiedenen technologischen Entwicklung sind weiter zu vertiefen und zu ergänzen. Weitere hier nicht bearbeitete Themen wie Wirtschaftlichkeit oder Ressourcenverbrauch sind dabei zu berücksichtigen. Die Verkehrsplanung muss dann einen Weg finden, die «gesellschaftlich» gewünschte Nutzung der neuen Technologien unter Einbezug der Vielfalt dieser gesellschaftlichen Interessen zu ermöglichen.

Der wesentliche Faktor für die Entwicklungsrichtung ist die Bevölkerung. Unterschiedliche Einstellungen und Verhaltensweisen zeigen an verschiedenen Stellen grosse Wirkung: persönlicher Flächenbedarf, Fahrzeugbesitz und Verkehrsmittelwahl, Umgang mit Zeit/Budget für Mobilität, Akzeptanz neuer Angebote, Adaption neuer Technologien etc. Hier ergeben sich vielfältige Ansatzpunkte für die Politik auch vermehrt Push-Massnahmen für eine «gewünschte» Entwicklung zu ergreifen.

Publikationen:

Forschungsbericht zum Projekt

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Bruns

Vorname: Frank

Amt, Firma, Institut: EBP Schweiz AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:





Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Das Projekt liefert wertvolle Hinweise und systemische Zusammenhänge zwischen Raum- und Verkehrsentwicklung, indem es einerseits den aktuellen Forschungsstand kritisch würdigt, andererseits ein neuartiges systemanalytisches Modell (Bayes'sche Netze) aufbaut und dieses anhand von konkreten Fallbeispielen und Szenarien sowohl für den Personen- als auch für den Güterverkehr quantifiziert. Der Modellansatz ist neu, interessant und gut dokumentiert. Zentrale Wirkungsparameter sind dabei die verhaltenshomogenen Gruppen, die Entwicklung der generalisierten Verkehrskosten und die Raumangebote für Wohnen und Arbeiten in drei Teilräumen. Eine Variation der Verkehrskosten (durch Infrastrukturausbau, durch Mobility Pricing) hat eine direkte Wirkung auf die Verteilung der Personen und der Verkehrsleistungen in den drei Teilräumen. Eine Konzentration der Siedlung in den urbanen Räumen hat demgegenüber einen signifikanten Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl und entsprechend dem Anteil der kollektiven Verkehrsmittel (ÖV). Das Modell ist transparent aufgebaut und ermöglicht es, die Wirkung von Raumstrukturen auf den Verkehr quantitativ abzubilden. Auch wurden die Grenzen des methodischen Ansatzes aufgezeigt. Bay'sche Netze funktionieren nur in eine Richtung und erzeugen keine Gleichgewichte, Rebound-Effekte können ebenfalls nicht abgebildet werden. Die Forschungsziele konnten vollumfänglich erreicht werden.

Umsetzung:

Die Erkenntnisse fließen in den Synthesebericht 'Verkehr der Zukunft' ein. Das Modell konnte dabei direkt eingesetzt werden, um die im Forschungspaket entwickelten Zukunftsszenarien 2060 zu modellieren und quantitative Ergebnisse für die Entwicklung der Verkehrsleistungen im Personen- und Güterverkehr zu generieren. Das Modell bietet eine interessante Ergänzung zu den herkömmlichen Arbeitsinstrumenten.

weitergehender Forschungsbedarf:

Der Forschungsbedarf wird im Bericht formuliert. Im Zentrum steht:
(1) die Verfeinerung der Wirkungsszenarien und daraus resultierendes Verhalten einzelner Gruppen, insbesondere im multimodalen Verkehr;
(2) die ergänzenden Zusammenhänge bezüglich Wohnverteilung und Unternehmensstandortwahl;
(3) generell die Verteilung im Güterverkehr, die im Modell zur Zeit weniger differenziert abgebildet ist als der Personenverkehr;
(4) die horizontalen Auswirkungen von neuen Verkehrssystemen;
(5) die Differenzierung (sollenfalls dynamische Entwicklung) der einzelnen Raumtypen;
(6) die Abbildung von Verkehrsaktivitäten und Rückkopplungen im Modell als Weiterentwicklung hin zu systemdynamischen Modellen.
Es wäre zu prüfen, inwieweit durch eine Betrachtung anderer Raumtypen andersbasierte Aussagen erzielt werden könnten.

Einfluss auf Normenwerk:

kein Einfluss.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Kächer

Vorname: Daniel

Amort, Firma, Institut: Bundesamt für Strassen

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der in der letzten Zeit publizierten Schlussberichte kann unter **Fehler! Linkreferenz ungültig.**www.astra.admin.ch (*Forschung im Strassenwesen --> Arbeitshilfen, Formulare, Merkblätter --> Formulare*) heruntergeladen werden.

SVI Publikationsliste

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