

GRUNDLAGEN

Schweizerische Verkehrsperspektiven 2050

Schlussbericht

16. November 2021



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Office fédéral du développement territorial ARE
Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE
Uffizi federal da svilup dal territori ARE

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)

Auftraggeber

Bundesämter für Raumentwicklung (ARE), Strassen (ASTRA),
Verkehr (BAV), Umwelt (BAFU) und Energie (BFE)

Autoren dieser Publikation

Andreas Justen, PL (ARE)

Raphaël Lamotte, Stv. PL (ARE)

Nicole Mathys (ARE)

Christian Schiller (Berater ARE)

Jörg Jermann, PL (Rapp)

Florian Harder, Stv. PL (Rapp)

Christopher Heath (Rapp)

Stefan Angliker (Rapp)

Oliver Buschor (Rapp)

Michael Hoser (Rapp)

Jörg Uhlig (PTV)

Jens Landmann (PTV)

Birgit Dugge (PTV)

Christian Weiß (PTV)

Martin Eichler (BAK)

Balz Bodenmann (Strittmatter Partner)

Pascal Bürki (Strittmatter Partner)

Susanne Täschler (Strittmatter Partner)

Hans-Paul Kienzler (Prognos)

Alex Auf der Maur (Prognos)

Andreas Brutsche (Prognos)

Projektoberleitung

Ulrich Seewer (ARE, Vorsitz)

Paul Steffen (BAFU)

Erwin Wieland (ASTRA)

Anna Barbara Remund (BAV)

Pascal Previdoli (BFE)

Marcel Buffat (GS-UVEK)

Fach- und Begleitgruppe Bundesämter

Martin Tschopp (ARE)

Jean-Luc Poffet (ASTRA)

Andreas Catillaz (BAFU)

Harald Jenk (BAFU)

Max Schulthess (BAZL)

Maik Hömke (ASTRA)

Lisa Wildi (BK)

Martin Babst (BFE)

Sébastien Pearron (BAV)

Eliane Forster (BAZL)

Marc Zahner (SECO)

Mark Reinhard (BFS)

Marionna Lutz (BAV), ab 1.4.21

Wolf-Dieter Deuschle (BAV), bis 31.3.21

Christine Rohn (BAKOM)

Manuel Widmer (EFV)

Matthias Wagner (BAV)

Franziska Borer Blindenbacher (ARE)

Produktion

Rudolf Menzi, Leiter Kommunikation ARE

Bezugsquellen

Elektronische Version: www.are.admin.ch/verkehrsperspektiven

Abkürzungsverzeichnis

VP	Verkehrsperspektiven
FaLC	Simulations-Software «Facility Location Choice»
FLNM	Flächennutzungsmodell
AMG	Aggregierte Methode Güterverkehr
NPVM	Nationales Personenverkehrsmodell
ÖV	öffentlicher Personenverkehr
MIV	motorisierter Individualverkehr
PW	Personenwagen
AF	Automatisiertes Fahrzeug
ESP	Entwicklungsschwerpunkt
TM	Teilmodell

Sprachliche Gleichbehandlung

Aus Gründen der einfacheren Lesbarkeit wird im Bericht auf die geschlechtliche Differenzierung verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten jedoch im Sinne der Gleichbehandlung für alle Geschlechter (weiblich, männlich, divers).

Zusammenfassung

Der Verkehr wird auch in Zukunft wachsen. Dies zeigen die Verkehrsperspektiven 2050 des UVEK. Der Verkehr wächst aber weniger stark als die Bevölkerung. Im Hauptszenario «Basis» der Verkehrsperspektiven 2050 nimmt die Verkehrsleistung (Personenkilometer) des Personenverkehrs bis 2050 gegenüber dem Referenzjahr 2017 lediglich um 11 Prozent zu, während die Bevölkerung um 21 Prozent wächst. Grund für diese Entwicklung sind hauptsächlich verschiedene gesellschaftliche und wirtschaftliche Trends, die sich auf die Mobilität auswirken. So verstetigt sich gemäss dem Basisszenario der Trend zum Homeoffice. Immer mehr Menschen arbeiten von zuhause aus, was den Pendlerverkehr reduziert. Dazu kommt, dass mit der Alterung der Bevölkerung der Anteil der Erwerbstätigen abnimmt und daher nochmals weniger Arbeitswege anfallen. Einen Einfluss auf den Verkehr hat auch die Raumentwicklung. Dichter besiedelte Gebiete verfügen über nahegelegene Freizeit- und Einkaufsmöglichkeiten.

Die Resultate des Basisszenarios beruhen auf der Annahme, dass die bestehende Verkehrs- und Raumplanung, wie sie der Bundesrat in «Mobilität und Raum 2050» beschlossen hat, konsequent umgesetzt wird. Dazu gehört etwa die Siedlungsentwicklung nach innen an Standorten, die durch den öffentlichen Verkehr gut erschlossenen sind. Zusätzlich beruht das Basisszenario auf der Annahme, dass verkehrspolitische Massnahmen eingeführt werden. Dazu zählt etwa die verstärkte Internalisierung externer Kosten ab dem Jahr 2035. Unter den genannten Voraussetzungen erhöht der öffentliche Verkehr im Basisszenario seinen Anteil an den Verkehrsleistungen von 21 auf 24 Prozent, während das Velo seinen Anteil verdoppelt. Der Anteil, der mit dem Auto zurückgelegt wird, bleibt nach wie vor bedeutend, reduziert sich aber von 73 auf 68 Prozent.

Auch im Güterverkehr schlagen sich die gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Trends nieder. Er wächst mit 31 Prozent im Basisszenario zwar deutlich, doch weniger stark als die wirtschaftliche Entwicklung, die einen Zuwachs des Bruttoinlandproduktes von 57 Prozent verzeichnet. Die Dekarbonisierung und die zunehmende Elektromobilität führen dazu, dass künftig weniger Treibstoff und Heizöl importiert werden. Auch werden vermehrt kleinere Ladungen statt Massengüter befördert. Der zunehmende Onlinehandel lässt den Lieferwagenverkehr zunehmen. Eine verstärkte Bündelung von Gütern an Umschlagpunkten begünstigt den Transport auf der Schiene, beispielsweise jenen von Stück- und Sammelgütern. Gesamthaft sind die transportierten Waren vermehrt auf der Schiene unterwegs; deren Anteil erhöht sich von 37 auf 39 Prozent.

Die vier Szenarien: Das Szenario «Basis» orientiert sich an den Handlungsgrundsätzen von «Mobilität und Raum 2050», dem Programmteil des Sachplans Verkehr, und widerspiegelt somit eine Entwicklung hin zu ressourceneffizienter Mobilität von Personen und Gütern. Die anderen drei Szenarien sind alternative Entwicklungspfade. Alle Szenarien beruhen auf unterschiedlichen Annahmen, etwa wie schnell sich umweltfreundliche Technologien etablieren. Das Szenario «Weiter-Wie-Bisher» ist als Fortführung des Heute zu verstehen und basiert auf einem regulativen Rahmen, der sich wenig ändert. Die beiden Szenarien «Individualisierte Gesellschaft» und «Nachhaltige Gesellschaft» gehen davon aus, dass der Verkehr stark durch technische Innovationen, etwa die Automatisierung von Personenwagen, geprägt ist.

Eine Übersicht zu den verfügbaren Resultaten der Verkehrsperspektiven 2050 liefert das auf der Projektseite aufgeschaltete Dokument «VP-2050_Datenbezug».

Résumé

Le volume des transports continuera à augmenter, comme le montrent les Perspectives d'évolution du transport 2050 du DETEC. Mais la croissance du transport sera moins forte que celle de la population. Selon le scénario principal « Base » de ces perspectives, les prestations de transport du trafic voyageurs (en voyageurs-kilomètres) n'augmenteront que de 11 pour cent d'ici 2050 par rapport à l'année de référence 2017, contre 21 pour cent de plus pour la population dans ce même intervalle. Cette évolution est due principalement à diverses tendances sociétales et économiques qui ont des répercussions sur la mobilité. Dans le scénario « Base » par exemple, la tendance au télétravail se confirme. Les personnes travaillent de plus en plus à leur domicile, ce qui réduit le trafic pendulaire. S'y ajoute le fait que la part des actifs diminue sous l'effet du vieillissement de la population, entraînant également la baisse du nombre de trajets domicile-travail. Le développement territorial influence lui aussi le volume des transports car les régions fortement peuplées disposent d'infrastructures de loisirs et d'achats à proximité.

Le scénario « Base » postule que la planification des transports et l'aménagement du territoire sont dûment mis en œuvre selon l'orientation décidée par le Conseil fédéral dans le document « Mobilité et territoire 2050 ». Autrement dit, le développement de l'urbanisation se fait principalement à l'intérieur du milieu bâti, à des emplacements bien desservis par les transports publics. Ce scénario intègre aussi l'introduction de mesures en matière de transport, telles qu'une plus large internalisation des coûts externes des transports à partir de 2035. Dans les conditions retenues comme hypothèses pour le scénario « Base », la part des transports publics passe de 21 à 24 pour cent de l'ensemble des prestations de transport et celle du vélo double. Les distances parcourues en voiture reculent de 73 à 68 pour cent, ce qui reste prépondérant.

Les tendances sociétales et économiques ont également des répercussions sur le transport de marchandises. Si ce dernier connaît certes une forte croissance évaluée à 31 pour cent dans le scénario « Base », cette évolution reste en deçà de la progression économique prévue avec un produit intérieur brut en hausse de 57 pour cent. La décarbonisation et la mobilité électrique croissante feront baisser les importations de carburants et de mazout, tandis que les marchandises seront moins transportées en vrac, et plus par petites cargaisons. L'augmentation du commerce en ligne entraîne celle du trafic des véhicules de livraison. Le regroupement accru des marchandises à des points de transbordement favorise le transport par rail, pour le trafic de détail et de groupage. Au total, les marchandises transportées passent plus fréquemment par le rail, dont la part monte de 37 à 39 pour cent.

Les quatre scénarios : Le scénario « Base » se réfère aux principes d'action de la partie Programme du plan sectoriel des transports, « Mobilité et territoire 2050 ». Il reflète une évolution tendant vers une mobilité économe en ressources, pour les voyageurs comme pour les marchandises. Les trois autres scénarios illustrent des évolutions différentes. Ils reposent tous sur des hypothèses variées, par exemple la vitesse à laquelle des technologies respectueuses de l'environnement prendront pied. Le scénario « Statu quo » se comprend comme un prolongement de ce qui s'observe actuellement et repose sur un cadre réglementaire quasiment inchangé. Les deux scénarios « Société individualisée » et « Société durable » s'appuient sur l'hypothèse d'une forte empreinte des innovations technologiques sur le transport, l'automatisation des voitures par exemple.

Un aperçu des résultats disponibles relatifs aux Perspectives d'évolution du transport 2050 est fourni dans le document «VP-2050_Datenbezug», sur le site internet du projet.

Riassunto

Il traffico continuerà ad aumentare anche in futuro. È quanto emerge dalla Prospettive di traffico 2050 elaborate dal DATEC. Tuttavia, crescerà meno fortemente della popolazione. Nello scenario principale «Base» delle Prospettive di traffico 2050, le prestazioni di trasporto (passeggeri-chilometro) del traffico viaggiatori aumentano fino al 2050 solo dell'11 per cento rispetto all'anno di riferimento 2017, mentre la popolazione cresce del 21 per cento. Questo sviluppo è dovuto principalmente a varie tendenze sociali ed economiche che hanno un impatto sulla mobilità. Secondo lo scenario di base, la tendenza al telelavoro è destinata a durare. Sempre più persone lavoreranno da casa e il pendolarismo si ridurrà. Inoltre, con l'invecchiamento della popolazione, la quota di persone occupate è destinata a diminuire con una conseguente riduzione dei tragitti casa-lavoro. Anche lo sviluppo territoriale influisce sul traffico. Aree più densamente popolate dispongono di strutture per il tempo libero e per gli acquisti situate nelle vicinanze delle abitazioni.

I risultati dello scenario di base fanno capo all'ipotesi che gli attuali principi di pianificazione dei trasporti e del territorio decisi dal Consiglio federale in «Mobilità e territorio 2050» siano attuati in modo sistematico. Questo include, per esempio, lo sviluppo centripeto degli insediamenti nelle località ben collegate dal trasporto pubblico. Inoltre, lo scenario di base si basa sul presupposto che saranno introdotte misure di politica dei trasporti, quali, per esempio, la maggiore internalizzazione dei costi esterni a partire dal 2035. Nelle condizioni di cui sopra, il trasporto pubblico aumenta la propria quota di prestazioni di trasporto dal 21 al 24 per cento nello scenario di base, mentre la quota della bicicletta raddoppia. La quota di tragitti effettuati in automobile rimane significativa, ma si riduce dal 73 al 68 per cento.

Le tendenze sociali ed economiche si riflettono anche nel trasporto merci che, nello scenario di base, cresce in misura significativa (+31%), ma meno fortemente dello sviluppo economico, che fa registrare un aumento del prodotto interno lordo del 57 per cento. La decarbonizzazione e l'aumento della mobilità elettrica avranno come conseguenza una diminuzione delle importazioni di carburante e olio combustibile. Inoltre si trasporteranno più carichi di piccole dimensioni e meno merci alla rinfusa. L'aumento del commercio online farà aumentare il traffico di furgoni per le consegne. Un maggiore raggruppamento delle merci nei punti di trasbordo favorirà il trasporto su rotaia, per esempio quello di piccole partite e di collettive. Nel complesso, le merci trasportate viaggeranno sempre più spesso per ferrovia, la cui quota aumenterà dal 37 al 39 per cento.

I quattro scenari: Lo scenario «Base» si fonda sui principi d'azione di «Mobilità e territorio 2050», la parte programmatica del Piano settoriale dei trasporti, e rispecchia uno sviluppo verso una mobilità di persone e merci che utilizza le risorse in modo efficiente. Gli altri tre scenari sono percorsi di sviluppo alternativi. Tutti gli scenari sono basati su ipotesi differenti, come la velocità con cui le tecnologie ecologiche si affermano. Lo scenario «Proseguimento della politica attuale» è da intendere come mantenimento della situazione attuale e si basa su un quadro giuridico perlopiù invariato. I due scenari «Società individualista» e «Società sostenibile» partono dal presupposto che i trasporti sono fortemente influenzati dalle innovazioni tecniche, come l'automazione delle autovetture.

Il documento «VP-2050_Datenbezug» sul sito internet del progetto fornisce una panoramica dei risultati disponibili delle Prospettive di traffico 2050.

Summary

Transport use will continue to grow in the future, according to DETEC's Transport Outlook 2050, but at a slower rate than the population. In Transport Outlook 2050's 'Basis' scenario, travel volumes (in person-kilometres) will increase by only 11 per cent by 2050 compared to the reference year 2017, while the population is expected to grow by 21 per cent. This development is mainly due to the impact that various social and economic trends will have on mobility. According to the Basis scenario, the trend towards working from home will continue. This in turn will lead to a fall in commuter trips. In addition, the ageing of the population is leading to a fall in the proportion of people in employment, which in turn means that there will be fewer trips to and from the workplace. Spatial development will also have an influence on transport, as more densely populated areas have recreational and shopping opportunities close by.

The results of the Basis scenario follow the assumption that the transport and spatial planning strategy decided by the Federal Council in "Mobility and Space 2050" will be consistently implemented. This includes measures such as inward urban development in locations that are well connected to public transport. In addition, the Basis scenario assumes that transport policy measures will be introduced, such as the increased internalisation of external costs from 2035 onwards. Under these conditions, the modal share of public transport (in terms of person-kilometres) will increase from 21 to 24 per cent in the Basis scenario, while the share for cycling will double. The modal share of the car remains significant, but falls from 73 to 68 per cent.

Social and economic trends also have an impact on freight transport. Under the Basis scenario it rises significantly by 31 per cent, but not as strongly as economic development and the corresponding increase of 57 per cent in GDP. Decarbonisation and increasing electromobility mean that in future less fuel and heating oil will be imported. Freight also increasingly consists of small loads, and less of bulk cargo. The rise of online retail will lead to an increase in delivery van trips. Increased bundling of goods at transloading points favours rail transport, for example of general cargo. Overall, goods are increasingly transported by rail; with the share rising from 37 to 39 per cent.

The four scenarios: The Basis scenario is based on the principles of "Mobility and Space 2050", the sectoral plan for transport, program part, and thus reflects a development towards resource-efficient mobility of people and goods. The other three scenarios are alternative development paths. All scenarios are based on different assumptions, such as how quickly environmentally friendly technologies become established. The Business-as-Usual (BAU) scenario envisages proceeding as now within the current regulative framework, with little change. The two scenarios Individualised Society and Sustainable Society assume that transport is strongly impacted by technical innovations, such as the automation of passenger vehicles.

An overview of the available results of the transport outlook 2050 is provided in the document «VP-2050_Datenbezug», which is available on the project website.

Zusammenfassung	II
Résumé	III
Riassunto	IV
Summary	V
Teil A: (Hauptbericht)	8
1. Einleitung	8
1.1. Ausgangslage	8
1.2. Abgrenzungen	8
1.3. Wirkungszusammenhänge	9
1.4. Methodisches Vorgehen	11
2. Retrospektive Entwicklung	14
2.1. Sozioökonomie	14
2.2. Raumentwicklung	17
2.3. Güterverkehr	24
2.4. Personenverkehr	37
2.5. Synthese Retrospektive Entwicklung	46
2.6. Vergleich VP 2040 mit 2010-2018	46
2.7. Umgang mit Covid-19	56
3. Prospektive Entwicklung	57
3.1. Sozioökonomie	58
3.2. Raumentwicklung	63
3.3. Güterverkehr	65
3.4. Personenverkehr	70
3.5. Synthese Prospektive Entwicklung	78
4. Szenarien	79
4.1. Bildung der Szenarien	80
4.2. Gemeinsamkeiten aller Szenarien	80
4.3. Ausrichtung der Szenarien	81
4.4. Bildung der Stellgrößen	87
4.5. Stellgrößen über alle Szenarien	103
5. Resultate und Einordnung der Ergebnisse	128
5.1. Überblick	128
5.2. Szenario WWB	131
5.3. Szenario BASIS	153
5.4. Szenario NTG	175
5.5. Szenario ITG	197
5.6. Ergebnisse der Szenarien im Vergleich	219

Teil B: Technische Ausführung	223
6. Modelle & Annahmen	223
6.1. Vorgehen Modellierung	223
6.2. Raumentwicklung	226
6.3. Güterverkehr	233
6.4. Personenverkehr	242
6.5. Parameterbildung für die Modellierung	257
Literaturverzeichnis	270
Anhang	276

Teil A: (Hauptbericht)

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Die «Verkehrsperspektiven (VP)» bilden die strategische Grundlage des UVEK zur Planung der Infrastrukturen. Auf den darin hergeleiteten denkbaren Entwicklungen im Personen- und Güterverkehr basieren die «Strategischen Entwicklungsprogramme (STEP)» für Strasse und Schiene des ASTRA und des BAV. Ebenso geben die VP Impulse für raumplanerische und verkehrspolitische Entscheide. Sie fliessen beim BFE in die «Energieperspektiven» und im BAFU in die Untersuchungen zu Gesundheits- und Umweltauswirkungen des Verkehrs ein. Entsprechend hoch sind sowohl die materielle Bedeutung als auch die Aussenwirkung der Ergebnisse. Die VP 2050 wurden als gemeinsam finanziertes Projekt der Bundesämter ASTRA, BAV, BFE, BAFU und ARE realisiert, das ARE koordinierte federführend die Arbeiten.

Die VP bewegen sich im Spannungsfeld zwischen Wissenschaft, Gesellschaft und Politik. Es gilt aus heute absehbaren Entwicklungen mögliche Zustände der Verkehrswelt im Jahr 2050 zu entwerfen, die als Grundlage dienen für die Analysen zu Investitionen in Infrastrukturen und Angebote sowie die Mobilitätspolitik. Im Fokus der VP steht dabei die Entwicklung und Analyse eines Szenarios BASIS bis 2050. Das Szenario BASIS der VP 2050 muss dabei den Ansprüchen an Detailgrad und Plausibilität genügen, damit diese Planungen räumlich differenziert und die politischen Diskussionen auf einer validen Grundlage durchgeführt werden können.

Die VP mit einem Zeithorizont bis 2040 wurden im August 2016 publiziert (ARE, 2016b). Neu wird ein Zeithorizont bis 2050 vorgegeben. Der Zeitpunkt für eine Neuauflage ist begründet in der Verfügbarkeit verschiedener aktueller Grundlagen: So stehen das Nationale Personenverkehrsmodell (NPVM 2017) und das Flächennutzungsmodell (FLNM) für die Arbeiten zur Verfügung. Zudem können die Erkenntnisse aus den abgeschlossenen Forschungspaketen «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» mit Horizont 2050 (ASTRA, 2019a) sowie «Verkehr der Zukunft» mit Horizont 2060 (Infras, 2017) einbezogen werden. Des Weiteren bilden aktuelle Grundlagendaten zur Entwicklung der Bevölkerung (BFS, 2020a) und Wirtschaft gemäss den Branchenszenarien (KPMG/Ecoplan, 2020) die Basis der aktuellen VP 2050.

1.2. Abgrenzungen

In räumlicher Hinsicht beziehen sich die VP auf die Schweiz, d.h. es werden Ergebnisse dargestellt, z.B. in Form von Fahr- und Verkehrsleistungen, die auf dem Territorium der Schweiz realisiert werden. Eine Prognose der Verkehre mit Bezug zum Ausland erfolgt ebenfalls, also von Wegen die im Ausland starten und in der Schweiz enden, in der Schweiz starten und im Ausland enden sowie von Wegen, welche die Schweiz durchqueren (Transitverkehr). Die Fahr- und Verkehrsleistungen des Aussenverkehrs, die auf dem Territorium der Schweiz entstehen sind in den Ergebnissen inbegriffen.

In zeitlicher Hinsicht behandeln die VP den Zeitraum von 2025 – 2050. Ausgangsjahr für die Prognose ist das Jahr 2017. Das durch die COVID-Pandemie stark beeinflusste Jahr 2020 wird zwar mitmodelliert, aber die Ergebnisse werden nicht ausgewiesen.

In sachlicher Hinsicht fokussieren die VP auf den Landverkehr auf Strasse und Schiene. Wasserverkehr (mit Ausnahme der Rheinschifffahrt im Güterverkehr) und Luftverkehr sind nicht Inhalt der VP. Bestehende Perspektiven, Prognosen und Szenarien des Bundes wie Abschätzungen des BAZL zur Entwicklung der Passagieraufkommen, die Energieperspektiven 2050+ (EP 2050+) (BFE, 2020), die Bevölkerungsszenarien (BFS, 2020a) und die Branchenszenarien (KPMG/Ecoplan, 2020) werden übernommen.

1.3. Wirkungszusammenhänge

Die Entwicklung des Verkehrs in der Schweiz bis zum Jahr 2050 hängt von verschiedenen Einflussfaktoren (Treiber oder Hemmnisse) ab.

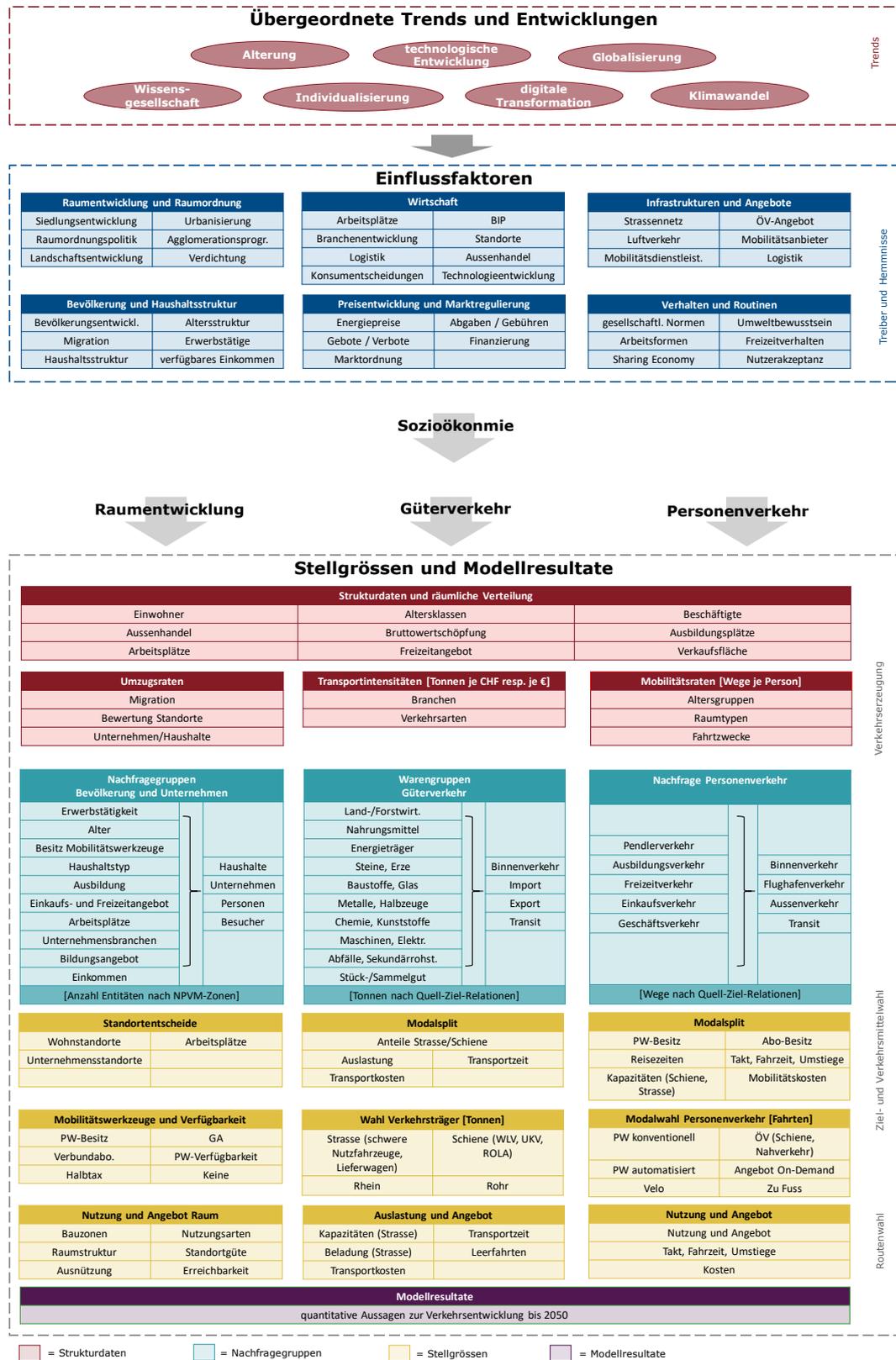


Abbildung 1: Wirkungsmodell (eigene Darstellung, angelehnt an VP 2040)

Um quantifizierbare Aussagen im Rahmen der VP tätigen zu können, wird ein Verständnis über die verschiedenen Einflussfaktoren und Wirkungszusammenhänge benötigt. Aufbauend auf den fachlichen Erfahrungen der am Projekt beteiligten Akteure sowie den Erkenntnissen aus den VP 2040 kann ein Wirkungsmodell skizziert werden. Es bietet einen vereinfachten Überblick über die Wirkungsmechanismen, Treiber und Hemmnisse und ermöglicht es die identifizierten Einflussgrößen sowie kausalen Zusammenhänge zu erläutern. Die obige Abbildung fasst diese komplexen Zusammenhänge in vereinfachter Form zusammen.

Das Wirkungsmodell lehnt sich in seinem Grundaufbau am Wirkungsmodell der VP 2040 an, wurde jedoch aktualisiert und ergänzt. Durch die Unterteilung der Einflussbereiche in «übergeordnete Trends und Entwicklungen» sowie «Einflussfaktoren» werden die verschiedenen Ebenen in der Wirkungskette nachvollziehbar.

Die Ebene der «übergeordneten Trends und Entwicklungen» umfasst Trends, welche die schweizerische Gesellschaft in den nächsten Jahrzehnten prägen werden. Ihr Einfluss bleibt nicht auf den Verkehrsbereich beschränkt, sondern umfasst alle Ebenen der Gesellschaft. Dabei wirken sie nicht nur treibend resp. hemmend auf die verschiedenen Einflussfaktoren, sondern beeinflussen sich auch vielfach gegenseitig. Die Auswahl relevanter Trends erfolgte in Anlehnung an die Studie «Megatrends und Raumentwicklung Schweiz» vom Rat für Raumordnung (Rat für Raumordnung, 2019).

Die Ebene der Einflussfaktoren umfasst Treiber und Hemmnisse, welche einen direkten Einfluss auf die vier Wirkungsbereiche (Sozioökonomie, Raumentwicklung, Güterverkehr und Personenverkehr) ausüben. So wird neben zwei soziodemografischen («Bevölkerung und Haushaltsstruktur», «Verhalten und Routinen»), zwei ökonomischen («Wirtschaft», «Preisentwicklung und Marktregulierung») sowie einem Einflussbereich zum Verkehrsangebot («Infrastrukturen und Angebote») ein separater Einflussbereich zur «Raumentwicklung und Raumordnung» ausgewiesen. Damit wird der Bedeutung der Raumentwicklung für die Verkehrsentwicklung Rechnung getragen.

Jede Kategorie setzt sich durch mehrere Unterkategorien zusammen. Diese Aufteilung ermöglicht die thematische Detaillierung inkl. Wechselbeziehungen aufzeigen zu können. Die Einflussfaktoren fließen über die vier Wirkungsbereiche via Stellgrößen in die Modelle ein: FLNM (Raumentwicklung), AMG (Güterverkehr) sowie NPVM (Personenverkehr).

Am linken Rand des Modell-Blockes sind die Stellgrößen der Raumentwicklung dargestellt. Durch das Beiziehen der wesentlichen Einflussfaktoren der «Raumentwicklung und Raumordnung» sowie der «Bevölkerung und Haushaltsstruktur» lassen sich die Standortentscheidungen nachbilden, welche als Start- und Zielorte in die Wirkungsbereiche des Güter- und Personenverkehrs einfließen. In den im mittleren Block der Grafik gezeigten Güterverkehr fließen vor allem die Einflussfaktoren «Wirtschaft» sowie «Preisentwicklung und Marktregulierung» ein. Damit werden Transportintensitäten bestimmt, welche sich je nach Branche (Warengruppe) und Verkehrsart (Strassen- und Schienengüterverkehr) unterscheiden. Auf Basis der Transportkosten und deren Bewertung erfolgen Abschätzungen zur Aufteilung der Güterverkehrsnachfrage auf Strasse und Schiene. Aufbauend auf den Ergebnissen der Raumentwicklung wird der Personenverkehr (rechter Rand der Grafik) wesentlich durch die Einflussfaktoren «Infrastrukturen und Angebote» sowie «Verhalten und Routinen» geprägt. Durch das Zusammenspiel der räumlichen Verteilung von Aktivitätsstandorten (z.B. Wohnen, Arbeiten, Einkaufen, Freizeit) und gesellschaftlichem Verhalten (z.B. Mobilitätsraten und verfügbare Mobilitätswerkzeuge) lassen sich die Nachfragestrukturen des Personenverkehrs beschreiben.

Der Wirkungsbereich der Sozioökonomie wirkt unmittelbar auf jedes der drei Modelle und wird daher nicht als eigenständiger Block dargestellt. Es bestehen wechselseitige Beziehungen zwischen den drei Modellen, also zwischen der Raumentwicklung, dem Güter- und dem Personenverkehr, die im Detail in Kapitel Teil B: thematisiert werden.

1.4. Methodisches Vorgehen

Die Herleitung der Szenarienresultate erfolgt durch die Anwendung der drei zur Verfügung stehenden quantitativen Modelle: Flächennutzungsmodell FLNM, Aggregierte Methode Güterverkehr AMG und Nationales Personenverkehrsmodell NPVM. Die Modelle tauschen Daten aus, so dass die relevanten Wechselwirkungen bei den Berechnungen einbezogen werden. Alle drei Modelle basieren auf etablierten theoretischen Grundlagen, den vorhandenen empirischen Erkenntnissen und stehen mit einem Zustand 2017 für die Anwendungen bereit.

Die Funktionsweisen dieser drei Modelle werden im Folgenden kurz beschrieben. Detaillierte Beschreibungen der Modelle finden sich in Berichten, die auf den Internetseiten des ARE bezogen werden können: NPVM (<http://www.are.admin.ch/npvm>), AMG (www.are.admin.ch/ngvm), FLNM (www.are.admin.ch/flnm). Vertiefende Ausführungen zu den für die VP vorgenommenen Modelleinstellungen finden sich in Kapitel Teil B:.

Flächennutzungsmodell (FLNM)

Das ARE setzt mit dem Flächennutzungsmodell ein komplexes Instrument zur Analyse und Prognose von Szenarien der Raumentwicklung ein. Über in den vergangenen Jahren realisierte Projekte wurde das Modell sukzessive weiterentwickelt und für eine Kopplung mit den in der Verkehrsmodellierung im UVEK (VM-UVEK) betriebenen Modellen des Personen- und Güterverkehrs vorbereitet. Die für die «VP 2050» erforderlichen Prognosen der kleinräumigen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung werden im Projekt durch das FLNM generiert.

Das FLNM basiert auf der Simulations-Software «Facility Location Choice Simulation» (FaLC). Die Software wurde als Planungsinstrument entwickelt, das unter anderem die Auswirkungen raumwirksamer Massnahmen ermöglicht wie beispielsweise Ein-/Aus- und Aufzonungen, Anpassungen der Ausnützungsziffern, Änderungen der verkehrlichen Erreichbarkeit oder Anpassungen der Steuersätze. FaLC ermöglicht die Simulation der (zukünftigen) kleinräumigen Entwicklung der Wohnbevölkerung und Arbeitsplätze. In rund 30 Modulen werden Interaktionen insbesondere zu Bauzonenkapazität, Nachfrage an Wohn- und Arbeitsflächen, räumliche Nähe zu Arbeitsplätzen und Bevölkerung (Strasse/ÖV), Pendlerbeziehungen u.a.m. berücksichtigt. Dem Modell hinterlegt sind zahlreiche Informationen: z.B. das Alter, der Erwerbsstatus und das Einkommen der Personen, die Verfügbarkeit von Mobilitätswerkzeugen, die Pendlerbeziehungen sowie die räumliche Verteilung der Unternehmen verschiedener Branchen. Ausgangspunkt von Simulationen bildet eine so genannte Synthetische Population (SynPop). Dabei handelt es sich um eine geocodierte Datenbank von Personen (Haushalten) und Unternehmen, welche neben den Eigenschaften der Statistik der Bevölkerung (STATPOP) und Unternehmen (STATENT), weitere für die Modellierung der Standortwahl wichtige Attribute vorhält (ergänzt u.a. aus der Strukturerhebung des BFS). Die Erstellung der SynPop mit Zustand 2017 ist dokumentiert (ARE, 2019b). Für die VP wurden für die genannten Stellgrößen in FaLC Entwicklungsannahmen getroffen und Prognosezustände der SynPop bis 2050 ermittelt. Eine räumliche sowie bzgl. der Attribute sachliche Aggregation der SynPop dient dann als Eingangsdatensatz für die Verkehrsmodellierung mit dem NPVM.

Aggregierte Methode Güterverkehr (AMG)

Zur Prognose des schweizerischen Güterverkehrs wird das Modell «Aggregierte Methode Güterverkehr» oder kurz AMG eingesetzt. Die AMG analysiert und prognostiziert den Güterverkehr in verschiedenen Aggregaten. Die Differenzierung erfolgt nach Verkehrsart (Binnen, Import, Export, Transit), Güterstruktur (10 Warengruppen) und Verkehrsträger (Strasse, Schiene, Wasserstrasse (Rhein), Rohrfernleitungen). Basis der AMG bilden empirische Datenreihen zur Güterverkehrsentwicklung, die in der genannten Differenzierung im Modell vorgehalten werden. Die Güteraufkommen (in Tonnen) nach Waren- und Verkehrsart für zukünftige Zustände werden basierend auf ökonomischen Daten (Bruttowertschöpfung nach

Warengruppen, BIP) ermittelt. Die prospektiven ökonomischen Daten nach Branchen werden in den VP 2050 von den Branchenszenarien (KPMG/Ecoplan, 2020) übernommen.

Die Aufteilung der Tonnen auf die Verkehrsträger erfolgt in einem nächsten Schritt mit der Analyse und Fortschreibung des Modalsplits für alle Verkehrs- und Warenarten. Der Modalsplit kann manuell vorgegeben werden oder ergibt sich aus der Bewertung der zukünftigen Eigenschaften der Verkehrsträger bzgl. Transportkosten und Transportzeiten. Die Ermittlung der leistungsbezogenen Verkehrsmenge – den Tonnenkilometern – erfolgt für den Strassengüterverkehr über die Umlegung im NPVM (siehe nächster Abschnitt). Um die in der AMG noch aggregiert vorliegenden Güterströme ins Netzmodell des NPVM zu überführen, werden diese auf die im NPVM definierten Verkehrszonen verteilt. Zur räumlichen Verteilung werden eine empirische Matrix der Strassengüterverkehrsfahrzeuge sowie Strukturdaten (Beschäftigte) genutzt und dabei die Tonnagen – mittels Beladungsfaktoren – in Fahrzeuge umgerechnet. Für Prognoserechnungen können die Wirkungen struktureller (z.B. regionale Wirtschaftsentwicklung, Bevölkerungs- und Arbeitsplatzverteilung) wie auch relationsspezifische Veränderungen (z.B. Transportkosten, Zeiten) mit der AMG untersucht werden. Auch für die AMG werden in den VP Entwicklungsannahmen getroffen und ins Modell eingesetzt. Die AMG liefert daraufhin die Verkehrsleistungen für Strasse und Schiene und gibt für den Strassenverkehr zusätzlich Fahrtenmatrizen für die Segmente der Liefer- und Lastwagen sowie der Last- und Sattelzüge aus.

Nationales Personenverkehrsmodell (NPVM)

Das NPVM dient der Abbildung des Verkehrsgeschehens im Personenverkehr. Es bildet für den Basiszustand 2017 die Verkehrsnachfrage an einem mittleren Werktag (Mo-Fr) ab. Betrachtet werden die Verkehrsarten öffentlicher Verkehr (ÖV), Personenwagen (PW) sowie Fussgänger- und Veloverkehr. Die Berechnung der Verkehrsnachfrage folgt dem klassischen 4-Stufen-Modell der Verkehrsplanung: Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung und -aufteilung sowie Verkehrsumlegung.

Grundlagen des NPVM sind Angebotsmodelle für die betrachteten Verkehrsarten, Raumstrukturdaten auf der Ebene von etwa 8'000 Verkehrszonen im Inland (ergänzt durch 700 Zonen im Ausland) sowie differenzierte Angaben zum Verkehrsverhalten von über 100 Personengruppen. Im Hinblick auf die Prognose des Verkehrsgeschehens ist eine realistische Abbildung des Verkehrsverhaltens im Ist-Zustand von entscheidender Bedeutung. Hierfür bilden die Erkenntnisse aus den Erhebungen des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015 (MZMV) sowie der Stated-Preference-Befragung zum Verkehrsmittel- und Routenwahlverhalten 2015 zentrale Grundlagen des Modells (BFS/ARE, 2017b).

Hervorzuheben ist die sehr hohe inhaltliche und räumliche Differenziertheit des NPVM. Diese ermöglicht die realistische Abbildung und Bewertung vielfältiger Massnahmen sowie eine umfassende Analyse der komplexen Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Massnahmen. Diese Funktionalitäten ziehen einen sehr hohen und qualitativ anspruchsvollen Datenbedarf nach sich und der Detailgrad führt zu hohen Rechen- und Bearbeitungszeiten. Aufgrund der bereits im Modell implementierten Parameter ist es dabei auch möglich, Aussagen zu den Wirkungen neuer Mobilitätsformen abzuleiten. Für die VP wurde das NPVM um Analysemöglichkeiten erweitert (siehe Kapitel Teil B:) und integriert Ergebnisse aus dem FLNM (Raumstrukturdaten), der AMG (Matrizen des Strassengüterverkehrs) sowie umfangreiche Entwicklungsannahmen.

Stellgrössen der Modellierung

Zur Prognose der Raum- und Verkehrsentwicklung sind in allen Modellen Entwicklungen der Strukturdaten (v.a. Bevölkerung und Arbeitsplätze) einzupflegen und Vorgaben zu machen.

Die «Einflussfaktoren» und «Stellgrössen» (Abbildung 1) werden über sogenannte «Stellgrössen», d.h. exogene Vorgaben, in die Modelle eingepflegt. Die wichtigsten Stellgrössen der drei Modelle sind:

Im Flächennutzungsmodell FLNM:

- Annahmen zur demographischen Entwicklung (z.B. Geburten- und Sterberaten, Wahrscheinlichkeiten für Heirat und Scheidung, etc.)
- Ausnützungsziffern als Landnutzungslimitierungen der im Modell hinterlegten Bauzonenflächen
- Umzugswahrscheinlichkeiten von Personen und Unternehmen

In der Aggregierten Methode Güterverkehr AMG:

- Angaben zur ökonomischen Entwicklung wie BIP, Import / Export, Bruttowertschöpfung einzelner Branchen, Entwicklungen im Handel Schweiz und Italien
- Entwicklung des Verkehrsangebots über Distanz- und Fahrzeitmatrizen im Schienengüter- und Strassengüterverkehr sowie Beladungsgrade
- Transportkostensätze nach Verkehrsart und Verkehrsträger
- Elastizitäten zur Bewertung der Transporteigenschaften (insbesondere Zeit- und Kosten-Elastizitäten)

Im Nationalen Personenverkehrsmodell NPVM:

- Bevölkerungsdaten unterteilt in verhaltenshomogene Gruppen (Übernahme aus dem FLNM)
- Strukturdaten zu Arbeits- und Ausbildungsplätzen, Verkaufsraumflächen und Freizeitangeboten verteilt auf Verkehrszonen (Übernahme aus dem FLNM)
- Verfügbarkeiten von Mobilitätswerkzeugen (Auto, ÖV-Abonnemente)
- Parametersätze zum Verkehrsverhalten (z.B. Tagesganglinien, Mobilitäts- und Attraktionsraten, PW-Besetzungsgrade, Bewertung von Fahrzeiten und Kosten etc.)
- Angebotsnetze im ÖV (inkl. Fahrpläne für Schiene und Nahverkehr sowie Kapazitätsbegrenzungen des Rollmaterials auf der Schiene), auf der Strasse (inkl. Streckenkapazitäten) und für das Velo sowie die aus den Netzen ableitbaren Kenngrössen (Reisezeit, Beförderungszeit, Umsteigehäufigkeiten etc.)
- Kostenparameter resp. monetarisierte Parameter wie variable und fixe Kosten zur PW-Nutzung (z.B. Anschaffungskosten, Strom- und Treibstoffverbrauch, Parkkosten, Parksuchzeiten)

Insgesamt sind die drei Modelle auf einem im internationalen Vergleich hohem Komplexitäts- und Resultatniveau einzuordnen und entsprechen dem «State-of-the-Art». Durch die Verwendung teils identischer Inputdaten in den Modellen sowie den wechselseitigen Austausch von Daten (v.a. Strukturdaten und Erreichbarkeiten) ist es möglich einen ganzheitlichen Prognoseblick zu erhalten, welcher die Wechselbeziehungen zwischen Raumentwicklung, Güterverkehr und Personenverkehr berücksichtigt.

Trotz dieses hohen Standards verbleiben die eingesetzten Werkzeuge Modelle, welche auf exogen vorgegebene Hypothesen angewiesen sind und deren Resultate sorgfältig interpretiert und kritisch hinterfragt werden sollen. Auf einer schweizweiten bis regionalen Ebene sowie für die übergeordneten Schienen- und Strassennetze sind verlässliche Aussagen möglich, für detaillierte und lokale Einzelbetrachtungen müssen Unschärfen akzeptiert bzw. entsprechend ausgerichtete Modelle eingesetzt werden. Ein prognostischer Blick in die Zukunft bis 2050 kann nicht ausschliesslich auf empirischen Daten und Funktionsweisen aufbauen, welche bereits bekannt und in den Modellen umgesetzt sind. Für die VP ist es notwendig, die Modelle auch zur Analyse neuer Mobilitätsformen zu befähigen (z.B. Automatisiertes Fahren, On-Demand-Angebote oder Mobility Pricing). Die dazu vorgenommenen Verfahren und Prozesse sind in Kapitel Teil B: genauer beschrieben.

2. Retrospektive Entwicklung

An dieser Stelle werden die bereits bekannten Entwicklungen von massgebenden Einflussfaktoren dargestellt. Es wird dabei – soweit von der Datenlage her möglich – Bezug genommen zu den im Wirkungsmodell (Abbildung 1) genannten Einflussfaktoren in der Mobilität und Raumentwicklung. Bei weitem nicht alle im Wirkungsmodell genannte Faktoren können dabei rückblickend quantitativ erfasst werden. Der nachfolgende, retrospektive Blick «zurück» muss sich auf zentrale, dafür messbare Entwicklungen von Einflussgrössen beschränken. Im Bereich der Sozioökonomie sind dies v.a. die Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung sowie die Mobilitätskosten. In der Raumentwicklung fokussiert der Rückblick auf die Flächen-nachfrage, die Eigentumsquote und die Entwicklung von Mietpreisen. Der Blick «zurück» im Güterverkehr wird entlang der bereits eingeführten Daten- und Modellstrukturen geführt, also z. B. differenziert für die Verkehrsträger Strasse/Schiene, Warengruppen und die Unterschiede des Binnenverkehrs zum Im- und Export sowie Transit. Im Personenverkehr können auf Basis der Verkehrsstatistik und des Mikrozensus Mobilität und Verkehr die retrospektive Entwicklung der Verkehrsleistung, des Modal Split sowie einige Aspekte des Mobilitätsverhaltens gut dokumentiert werden. Auch liegen Informationen zur Entwicklung des Mobilitätswerkzeugbesitzes in der Vergangenheit vor. Der Rückblick verdeutlicht die sowohl im Personen- wie Güterverkehr teils sehr dynamische Entwicklung von Verkehrs- und Transportleistungen der vergangenen Jahre. Die Komplexität der Verkehrsentstehung – wie im Wirkungsmodell skizziert – ist dadurch nicht vollständig erfasst, doch liefern die quantifizierbaren Einflussfaktoren wichtige Hinweise auf auch für die Zukunft relevante Zusammenhänge. Im Rückblick liegt aufgrund der Datenlage und zwecks Vergleichbarkeit der Fokus auf der Entwicklung zwischen 2000 und 2018. Falls für die Interpretation interessant, wird der Zeitraum 1995-2000 punktuell hinzugezogen, und falls es die Datenlage zulässt, wird der Zeitraum 2019-2020 berücksichtigt.

Ergänzend zur Analyse der Retrospektive erfolgt ein Abgleich der in den VP 2040 gesetzten Annahmen und ermittelten Prognoseergebnisse mit den tatsächlichen Entwicklungen in den vier Wirkungsbereichen Sozioökonomie, Raumentwicklung, Güterverkehr und Personenverkehr bis 2020.

2.1. Sozioökonomie

Die wirtschaftliche Entwicklung in der Schweiz beeinflusst das Handeln und Verhalten aller Akteure strukturell und tiefgreifend. Daher ist es wichtig, die Beschreibung der verkehrlichen Entwicklung vor dem Hintergrund der eingetretenen sozioökonomischen Entwicklungen zu betrachten.

Die wichtigsten sozioökonomischen Einflussfaktoren auf die Mobilität sind die in Abbildung 2 auf der folgenden Seite dargestellten Entwicklungen von Einwohner, realem Einkommen pro Einwohner, realem Bruttoinlandsprodukt, realem Bruttoinlandsprodukt pro Einwohner sowie Preisen von ÖV und MIV. Sie geben als Indikatoren Auskunft über den Zusammenhang zwischen sozioökonomischer und verkehrlicher Entwicklung und lassen sich in die Themenbereiche «Demografie», «Wirtschaft», «Einkommen», «Mobilitätskosten» und «Ausgaben» unterteilen. Mit Ausnahme der Preise zur Nutzung des MIV zeigen sich für alle Indikatoren relativ kontinuierlich ansteigenden Entwicklungen. Auch die Verkehrsausgaben am verfügbaren Einkommen blieben zwischen 2006 und 2017 recht stabil (Rückgang von ca. 12% in 2006 auf 11% in 2017) (BFS, 2019g).

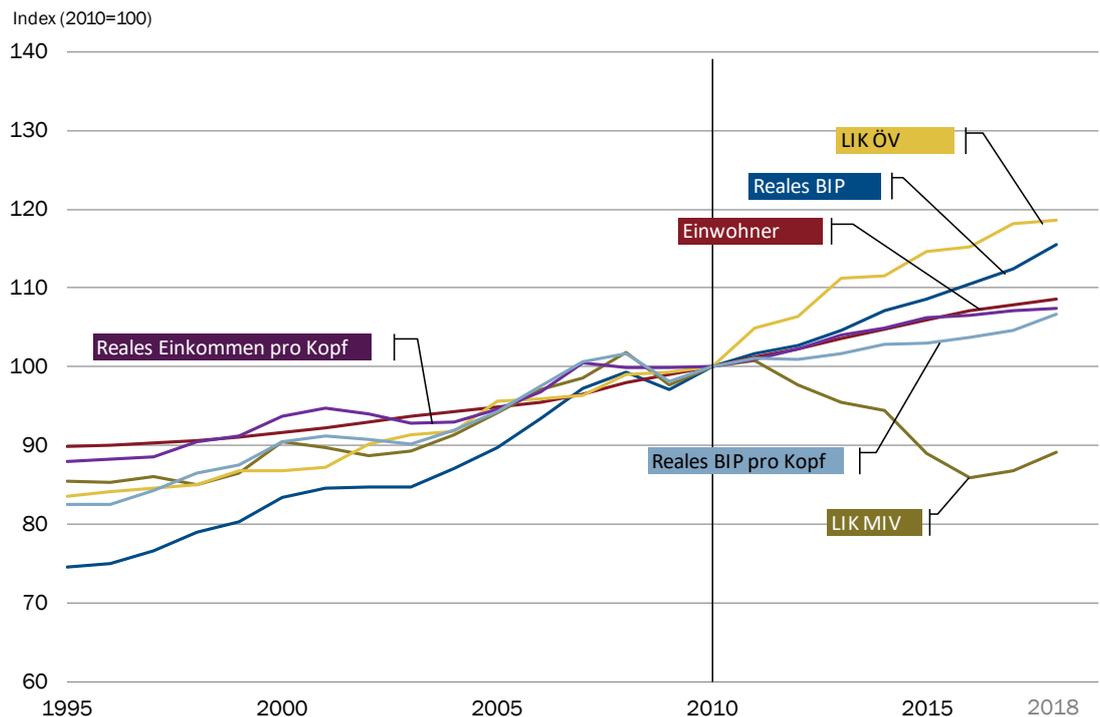


Abbildung 2: Retrospektive Entwicklung sozioökonomischer Indikatoren. Quellen: (BFS, 2019j, 2020b, 2020f)

Demografie

Die ständige Wohnbevölkerung der Schweiz stieg zwischen 1995 und 2018 um +21.0% von 7.06 auf 8.54 Millionen Einwohner (jeweils Stand zum 31.12. des Jahres). Dies entspricht einem durchschnittlichen jährlichen Wachstum von +0.8%. Zwischen 2007 und 2016 war eine Beschleunigung des Wachstums zu verzeichnen (2007 bis 2016: +1.2% pro Jahr), die vor allem auf die hohe Nettozuwanderung aus dem Ausland in dieser Zeit zurückgeht. Der Wanderungssaldo lag in diesen Jahren bei durchschnittlich 75 Tausend Personen pro Jahr. In den Jahren 2017 und 2018 hat sich die Nettozuwanderung auf rund 45 Tausend bzw. 40 Tausend Personen abgeschwächt. Diese Entwicklung ist weniger durch eine geringere Zuwanderung, als durch eine wachsende Abwanderung zu begründen. Das Bevölkerungswachstum ist daher ebenfalls etwas gesunken auf +0.8% im Jahr 2017 und +0.7% im Jahr 2018. Insgesamt fiel das Bevölkerungswachstum 2017 und 2018 weniger stark aus als in der Bevölkerungsentwicklung des BFS im Referenzszenario prognostiziert (jährliches Wachstum von +0.9%).

Hinsichtlich der Altersstruktur der Bevölkerung ist festzuhalten, dass der Alterungsprozess stetig voranschreitet. Der Anteil der über 65-Jährigen hat von 15% im Jahr 1995 auf 18% im Jahr 2018 zugenommen. Umgekehrt hat der Anteil der unter 20-Jährigen von 23% im Jahr 1995 auf 20% im Jahr 2018 abgenommen, während der Anteil der Personen im erwerbsfähigen Alter stabil geblieben ist bei knapp über 60%.

Wirtschaft

Das reale Schweizer Bruttoinlandsprodukt (BIP) ist im Zeitraum zwischen 1995 und 2018 um 55.1% gestiegen. Pro Jahr lag das Wachstum somit bei durchschnittlich 1.9%. Damit ist das reale BIP wesentlich stärker angestiegen als die Bevölkerung. Das reale BIP-Wachstum pro Einwohner lag im gleichen Zeitraum bei durchschnittlich 1.1% pro Jahr.

Das BIP-Wachstum verlief jedoch deutlich volatiler als die Bevölkerungsentwicklung. In der Retrospektive fallen vor allem die Stagnation 2002/2003 nach der Dot-Com-Krise sowie die Rezession im Jahr 2009 im Zuge der globalen Finanzkrise ins Auge. Insbesondere der Export

ist während dieser globalen Krisen vorübergehend kräftig gesunken, konnte aber im gesamten Zeitraum 1995 bis 2018 mit durchschnittlich +4.2% pro Jahr sehr dynamisch expandieren. Der Import ist in der gleichen Periode mit durchschnittlich +3.5% pro Jahr etwas weniger stark gewachsen, sodass sich der Aussenhandelsüberschuss erhöht hat.

Der Frankenschock nach Aufhebung des Mindestkurses zum Euro führte 2015 nur kurzzeitig zu einer Wachstumsabschwächung in der Schweiz. In den Folgejahren gewann die Schweizer Wirtschaft wieder an Dynamik und insgesamt lag das reale BIP-Wachstum im Zeitraum 2015 bis 2019 bei knapp +2% pro Jahr.

Einkommen

Das reale Einkommen der privaten Haushalte in der Schweiz ist teuerungsbereinigt und pro Einwohner zwischen 1995 und 2018 um +22.2% gestiegen. Dies entspricht einem durchschnittlichen Wachstum von +0.9% pro Jahr. Damit fiel die Entwicklung etwas verhaltener als das BIP-Wachstum pro Einwohner aus.

Mobilitätskosten

Die Preise der Verkehrsangebote sind ein wichtiger Einflussfaktor für Mobilitätsentscheidungen. Der Landesindex der Konsumentenpreise (LIK) gibt einen Überblick über die Preisentwicklung des öffentlichen Verkehrs (ÖV) und des motorisierten Individualverkehrs (MIV) (siehe Abbildung 2). Die mittleren Ticketpreise im öffentlichen Verkehr stiegen von 1995 bis 2018 um rund +40% und somit stärker als die Haushaltseinkommen pro Einwohner. Die Preise haben kontinuierlich zugenommen, zeigen aber in den letzten beiden Jahren eine Stagnation.

Die Preise für den MIV sind dagegen im Zeitraum 1995 bis 2018 nur um +5.3% gewachsen und somit klar schwächer als das Haushaltseinkommen oder die Preise im öffentlichen Verkehr. In den Jahren 2011 bis 2016 war sogar ein Rückgang der MIV-Kosten zu verzeichnen. Hierzu beigetragen haben vor allem die in dieser Zeit rückläufigen Erdölpreise. Hinzu kommt, dass auch der starke Frankenkurs einen preisdämpfenden Effekt hatte (BFS, 2020b).

Ausgaben

Für Mobilitätsentscheide im Personenverkehr ist insbesondere relevant, wie sich das verfügbare Haushaltseinkommen (Einkommen bereinigt um obligatorische Transferausgaben) im Vergleich zu den Preisen im Verkehr entwickelt hat. Das verfügbare Haushaltseinkommen ist gemäss den Daten der BFS Haushaltserhebungen (HABE) zwischen 2006 und 2017 aufgrund der steigenden Ausgaben für Sozialversicherungsbeiträge, Steuern und Krankenkassenprämien etwas weniger stark als das gesamte Einkommen gestiegen (BFS, 2019g).

Im Jahr 2017 hatte ein durchschnittlicher Schweizer Haushalt rund 740 Franken pro Monat an Verkehrsausgaben. Dies entspricht rund 10.6% des verfügbaren Einkommens. Etwa 76% der Verkehrsausgaben entfallen auf Kauf und Betrieb von Personenfahrzeugen. Nur knapp 24% entfallen auf andere Verkehrsdienstleistungen (ÖV, Flugverkehr, Taxi etc.). Seit 2006 lag der Anteil der Verkehrsausgaben am verfügbaren Einkommen recht konstant zwischen 10 und 12%.

2.2. Raumentwicklung

Boden ist im Allgemeinen ein knappes Gut und dies gilt besonders für die Schweiz. Ohne Berücksichtigung von Stadtstaaten rangiert die Schweiz im globalen Vergleich in den Top 20 der am dichtest bevölkerten Länder. Innerhalb von Europa liegt die Schweiz gar auf dem sechsten Rang (<https://population.un.org/>), dabei ist zu berücksichtigen, dass mit dem grossen Flächenanteil der Alpen und des Juras ein erheblicher Teil der Landesfläche sehr wenig dicht besiedelt ist. Somit ist die Dichte in den urbanen Regionen des Mittellandes deutlich höher als der ohnehin schon hohe Durchschnitt der Schweiz. In den VP werden die hinsichtlich der Raumentwicklung relevanten, externen Prognosen zur Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung des BFS bzw. die Branchenszenarien (KPMG/Ecoplan, 2020) berücksichtigt. Das mit diesen Prognosen verbundene Wachstum erhöht die Bevölkerungsdichte, möchte man gleichzeitig Natur- und unbesiedelte Kulturlandschaften erhalten.

Dies erklärt, warum der Druck auf die Ressource Boden, insbesondere in den naturräumlich begünstigten Gebieten, enorm hoch ist und bleiben wird. Um sich dieser Thematik anzunähern, werden ausgesuchte Indikatoren und deren Entwicklung über die Jahre betrachtet. Die Thematik Raumentwicklung wird demnach aus einem eingeschränkten Blickwinkel betrachtet, planerisch-strategische Aspekte oder Einflüsse über die Raumplanungsgesetzgebung bilden keinen Teil der Analyse.

Auch für die Raumentwicklung müssen sich die Analysen einerseits nach der Relevanz, andererseits auch nach der Verfügbarkeit der Daten auf nationalem Niveau richten. Betrachtet wird die Entwicklung der Siedlungs- und der Wohnungsfläche, der Eigentumsquote, der Mietpreise sowie der Wohnverhältnisse. Gleichzeitig sind dies Einflussgrössen, die im FLNM massgeblich wirken.

Flächennutzung und Bauzonen

Die Fläche der Schweiz wird zu rund zwei Dritteln als Landwirtschaftsflächen oder bestockte Flächen (Wald, Gebüsche, Gehölze) genutzt. Rund ein Viertel gilt als unproduktive Fläche. Nur gerade 7.5% gilt der Nutzung für Siedlung (Gebäude, Umschwung, Verkehrsflächen, Schienen, etc.) (BFS/ARE, 2017a). Das BFS beschreibt in seiner Raumbesichtigung eine Zunahme der Siedlungsflächen von 1979/85 bis 2004/09 um 0.77 m² pro Sekunde, während die Landwirtschaftsflächen im selben Zeitraum um 0.73 m² pro Sekunde abgenommen haben. Gemäss Bauzonenstatistik 2017 lebt rund 95% der Bevölkerung in Bauzonen. Die Bauzonen sind dabei schweizweit aufgeteilt in 46% Wohnzonen, 14% Arbeitszonen, sowie je 11% Mischzonen, Zentrumszonen und Zonen für die öffentliche Nutzung sowie einem Rest, welche Platz für das weitere Bevölkerungswachstum bieten sollen. Grob gesehen ist rund ein Siebtel der Bauzonen noch unüberbaut und bieten theoretisch Platz für weitere 1.0 bis 1.7 Millionen Einwohnerinnen und Einwohner (ARE, 2017a). Eine weitere umfangreiche Ausscheidung von zusätzlichen Bauzonen widerspräche dem Ziel des Raumplanungsgesetzes und dem Grundsatz des haushälterischen Umgangs mit der Ressource Boden. Im Flächennutzungsmodell wurde deshalb auch auf eine Erweiterung der Bauzonen verzichtet, hingegen die «Innenentwicklung», bzw. «Verdichtung» berücksichtigt.

Entwicklung Stadt-Land

Die Schweiz weist eine Bevölkerungsdichte von 215 Einwohnern pro km² aus. Grosse Teile des Staatsgebietes sind durch Berge geprägt, dadurch lebt der überwiegende Teil der Bevölkerung im dicht bevölkerten Mittelland. Hier liegt die Einwohnerdichte bei über 400 Personen pro km². Zwar gibt es in der Schweiz keine Grossstädte mit über einer Millionen Einwohnerinnen und Einwohnern. Dennoch lebt die Schweizer Bevölkerung mehrheitlich städtisch. Die überwiegende Mehrheit der Bevölkerung lebt im städtischen Kernraum und im Einflussgebiet der städtischen Kerne (EDA, 2021).

Richtet man den Blick auf die Entwicklungen im städtischen und ländlichen Raum ist augenscheinlich, dass die grösste Entwicklung im städtischen oder städtisch beeinflussten Gebiet stattfindet. Eine Auswertung auf Basis der Stadt-/Land-Typologie 2012 des BFS zeigt, dass seit dem Jahr 2000 die Population dieser Gebiete (städtische und intermediäre Räume) bis 2019 um ca. 19% gewachsen ist, während die ländliche gelegene Bevölkerung lediglich ein Wachstum von knapp 16% erfuhr. So steigt in dieser Periode der Bevölkerungsanteil städtischer und intermediärer Räume von 83.8% auf fast 84.2%. Der ländliche Anteil dagegen sinkt entsprechend von 16.2% auf 15.8%. Wichtig ist dabei der Einbezug der absoluten Zahlen: Von der Bevölkerungszunahme um 1.32 Millionen Personen zwischen 2000 und 2019 siedelten sich 1.14 Millionen Personen im städtischen (0.8 Mio. oder 61%) oder intermediären (0.34 Mio. oder 25%) Raum an. Der absolute Bevölkerungszuwachs im ländlichen Raumtyp betrug nur 0.18 Millionen (14%).

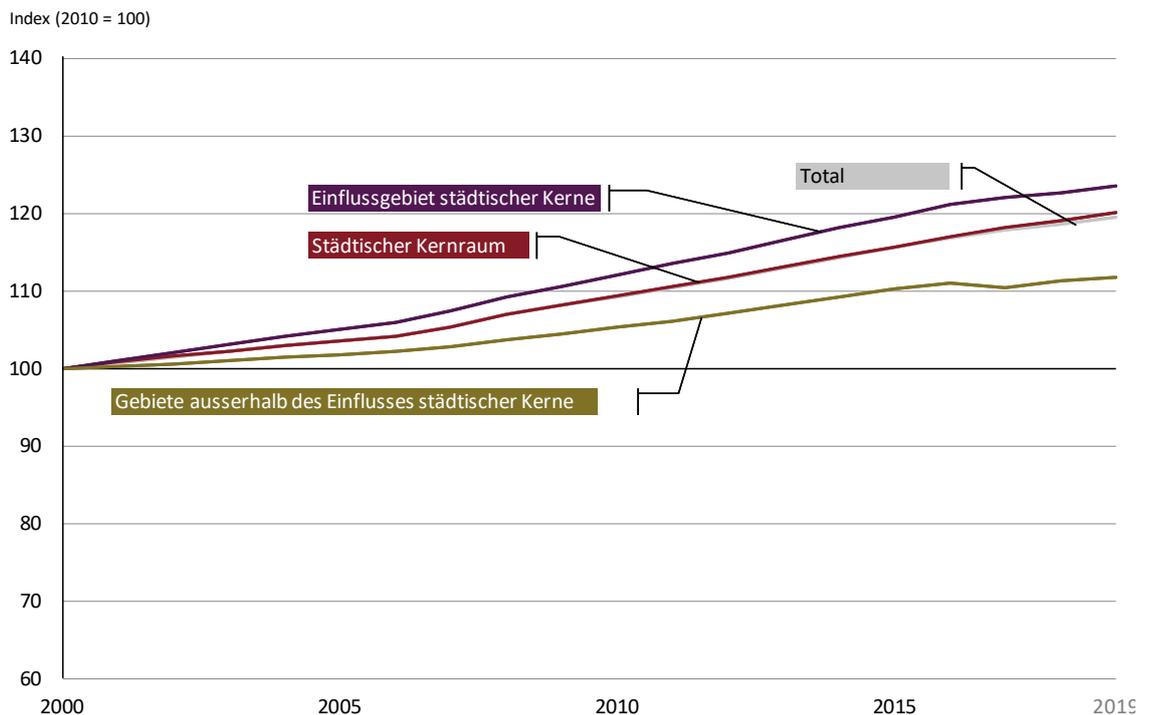


Abbildung 3: Entwicklung städtischer und ländlicher Raum Quelle: (BFS, 2019)

Siedlungsfläche

In absoluten Zahlen betrachtet nahm die Siedlungsfläche in allen betrachteten Raumklassen (Stadtkantone, Alpen und Jura sowie Mittelland und urbane Regionen) zu. Selbstredend ist die absolute Siedlungsfläche im Mittelland und den urbanen Regionen am grössten.

Bei einer indexierten Betrachtung (vgl. Abbildung 4 auf der folgenden Seite) der Entwicklung (Erhebungszeitraum 1979/85 = 100%) zeigt sich, dass sich die Zunahme der Siedlungsfläche im zweiten Betrachtungsintervall verlangsamt hat. Es erstaunt nicht, dass die Stadtkantone dabei eine deutlich tiefere Zunahme verzeichnen – die Expansionsräume sind im städtischen Kontext sehr limitiert, bzw. finden die Entwicklungen im bereits bestehenden Siedlungsraum (beispielsweise auf Industriebrachen) statt. Interessant ist hingegen, dass das Wachstum der Siedlungsfläche im Mittelland und den urbanen Räumen fast gleich verläuft, wie in den Alpenkantonen und im Jura.

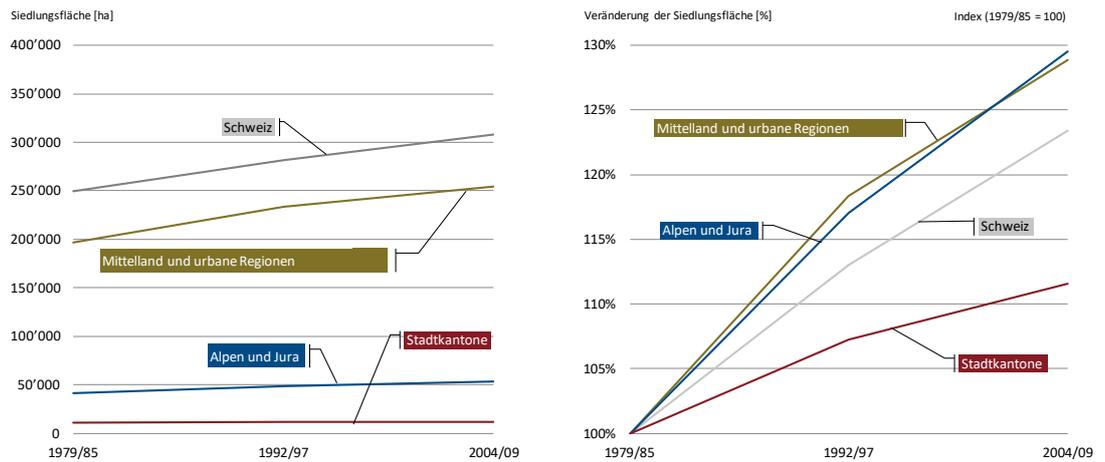


Abbildung 4: Entwicklung der Siedlungsfläche absolut (links) und indexiert (rechts) zwischen 1979 und 2009
Quelle: (BFS, 2009)

Die Auswertung nach Raumtyp ARE zeigt indes, dass prozentual gesehen das stärkste Wachstum in den ländlichen Raumtypen (Periurbane ländliche Gemeinden, Agrargemeinden, Touristische Gemeinden) vorkommt (ARE, 2009; BFS, 2009). Dennoch stiegen die Siedlungsflächen schweizweit auch im Gürtel der Gross- und Mittelzentren überdurchschnittlich an. Zu bemerken ist aber, dass in diesen Gürteln absolut gesehen, das grösste Wachstum stattgefunden hat.

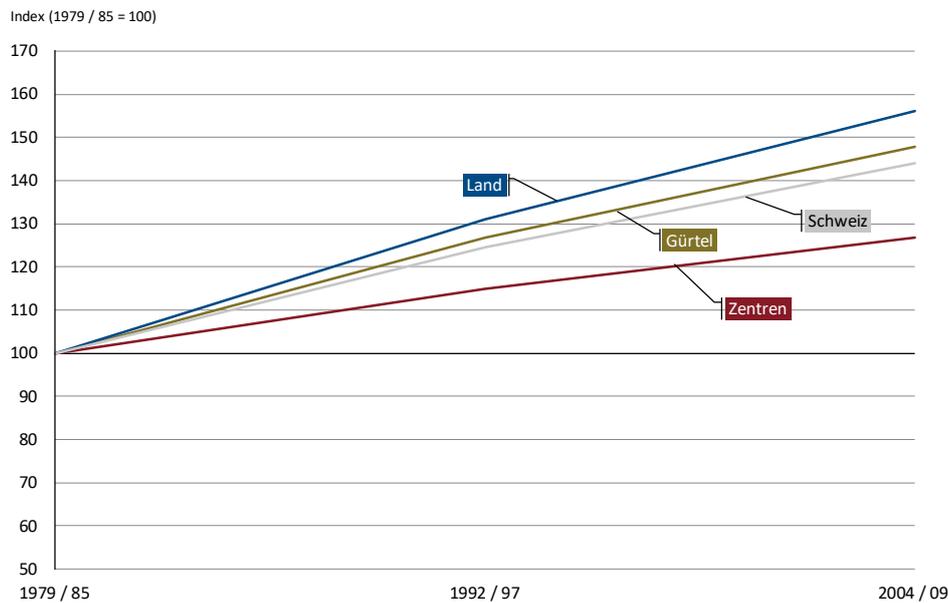


Abbildung 5: Entwicklung der Siedlungsfläche nach Raumtypen indexiert zwischen 1979 und 2009, aggregiert nach Zentren (Typ 1, 2, 4, 6), Gürtel (3, 5) und Land (7, 8, 9) Quelle: (BFS, 2009)

Geschossflächenverbrauch/Wohnfläche pro Person

Als Geschossfläche, bzw. Wohnfläche gilt die bewohnbare Fläche der «Wohnung» in Quadratmetern. Sie ist definiert durch die Summe der Flächen sämtlicher Zimmer/Räume wobei z.B. offene Balkone und Terrassen sowie nicht bewohnbare Keller- und Dachgeschossräume dabei nicht berücksichtigt werden. In der VZ 1990 und 2000 wurde der wirtschaftliche Wohnsitz verwendet. Im Vergleich zur Registererhebung der Wohnfläche ab 2012, bei welcher alle Personen unabhängig von den Meldeverhältnissen beigezogen werden, führt dies zu einem Strukturbruch mit Auswirkungen von ca. 1m² (BFS, 2014).

Betrachtet man die Zeitreihe von 2012 bis 2019 fällt die Kontinuität der Steigerung auf. Der Flächenverbrauch pro Person steigt stetig an. In den acht erhobenen Jahren stieg der Flächenverbrauch um ca. 2-3%. Das scheint unwesentlich, zieht man aber das Bevölkerungswachstum hinzu, multipliziert sich der effektive Flächenverbrauch der Bevölkerung der Schweiz zusätzlich.

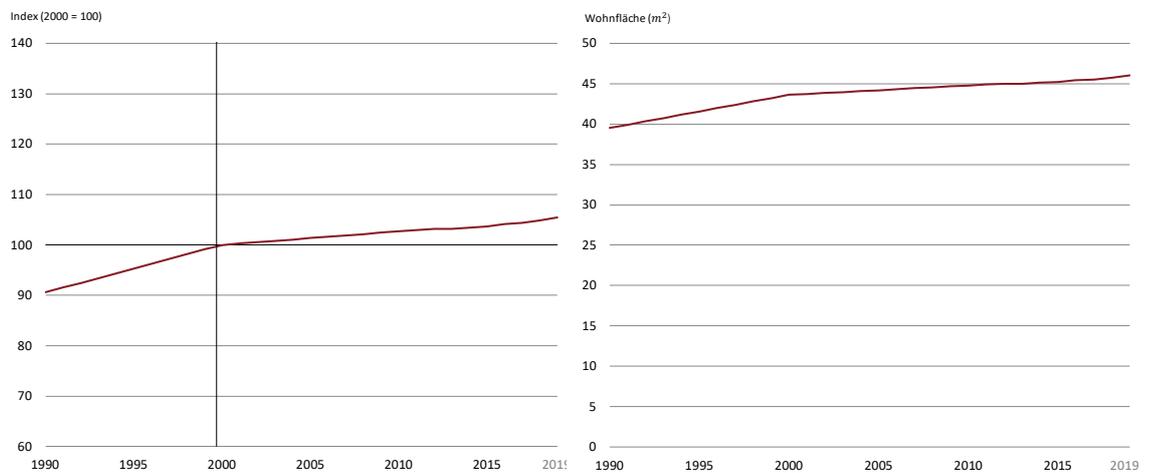


Abbildung 6: Entwicklung Wohnfläche pro Person Quelle:(BFS, 2019d)

Eigentumsquote

Wer Eigentum besitzt ist deutlich weniger flexibel in der Anpassung des Wohnortes. Dies hat einen Einfluss auf die Anpassung der Wohnortwahl bei änderndem Arbeitsort. Dass diese verminderte Flexibilität dort am höchsten ist, wo die Wege tendenziell am längsten sind, hat einen Einfluss auf das Verkehrsvolumen, insbesondere vor dem Hintergrund des grossen Arbeitsplatzangebots in den Kernstädten.

Sowohl der Anteil Eigentümer (Eigentumsquote), als auch der Anteil Mieter blieb über die letzten knapp 10 Jahre sehr stabil und unterzog sich nur leichten Schwankungen. Der durchschnittliche Anteil Eigentümer beträgt rund 37.3%, der durchschnittliche Anteil Mieter liegt bei 56.5%. Der restliche Anteil unterschiedlicher Wohnsituationen betrifft die GenossenschaftlerInnen, sowie Situationen, in denen die Wohnung von einem Verwandten oder vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellt werden (BFS, 2019m). Betrachtet man die Zeitreihe etwas weiter retrospektiv, kann aufgrund der letzten beiden Volkszählungen ergänzt werden, dass über die letzten fast 30 Jahre von 1990 (31.3%), 2000 (34.6%) bis 2019 (36.3%) die Eigentumsquote dennoch kontinuierlich zugenommen hat.

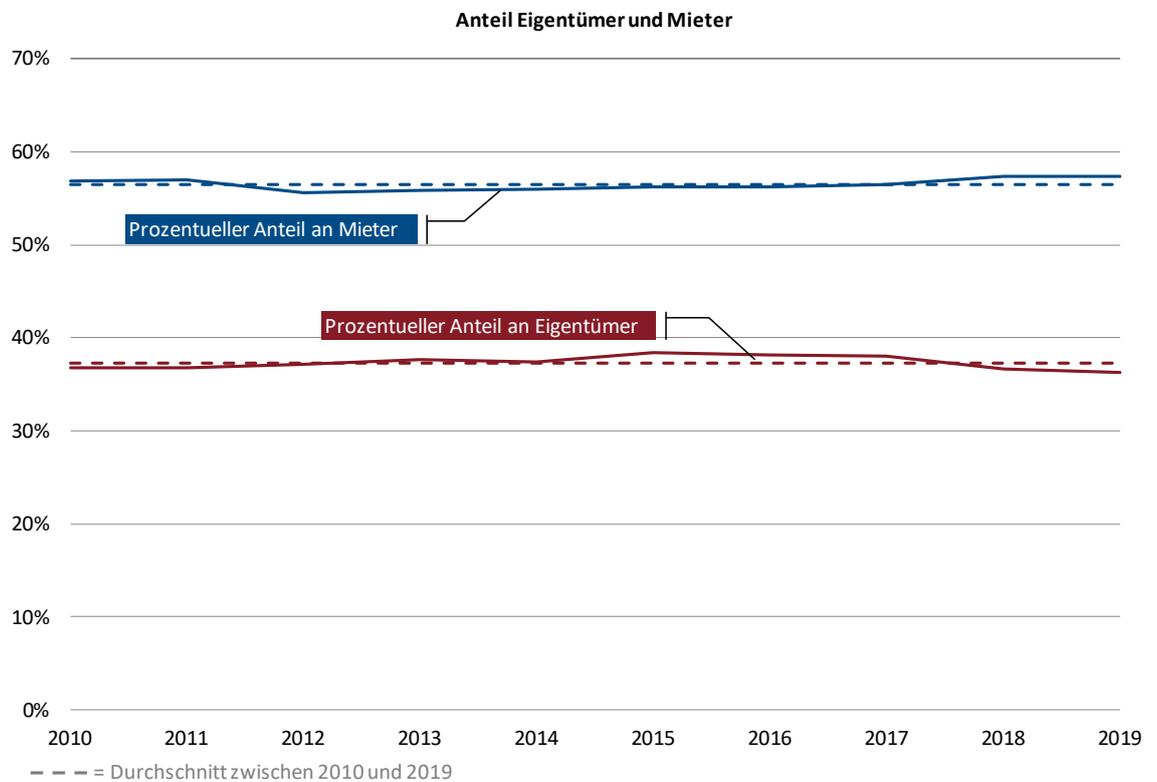


Abbildung 7: Entwicklung der Eigentumsquote. Quelle: (BWO, 2005)

Mietpreise

Die Mietpreise der Wohnnutzung in der Schweiz variieren, abhängig von der Gemeindetypologie, sehr stark. Mit Abstand am höchsten sind diese in einkommensstarken Gemeinden. Suburbane und periurbane Gemeinden (Agglomeration) weisen höhere Wohnmieten auf als die Zentren. Agrarische und agrar-gemischte Gemeinden weisen tiefe Mieten auf. Industrielle und tertiär geprägte Gemeinden haben ebenfalls ein tiefes Mietpreisniveau, dies sind zumeist Gemeinden im alpinen Raum. Solange die ländlichen Gemeinden in Pendlerdistanz zu den (Arbeitsplatz-)Zentren liegen, sind auch die Mieten dort entsprechend hoch. Bei allen Gemeindetypen ist die Entwicklung über die Jahre vergleichbar. Auffallend ist die Abnahme in 2015. Seither ist bis auf die agrarischen Gemeinden das Mietpreisniveau in allen anderen Gemeindetypen wieder angestiegen. Dass die Preise in den Zentren nicht zu den höchsten gehören, könnte mit der verminderten Möglichkeit für Neubauten und dem tendenziell geringeren Flächenkonsum zusammenhängen.

Die Mietpreise können insofern einen indirekten Einfluss auf den Verkehr haben, als dass der Druck zum Wohnortswechsel aufgrund der steigenden Mieten zunimmt. Wer heute in einem Zentrum lebt und kurze Wege hat, sich dies aber nicht länger leisten kann, ist gezwungen, peripher zu wohnen, um von einem deutlich tieferen Mietpreisniveau zu profitieren. Dies kann lange Wege zur Folge haben. Der Einfluss der Miet- oder Eigentumspreise auf den Standortentscheid ist einer der Zusammenhänge, die im FLNM berücksichtigt sind.

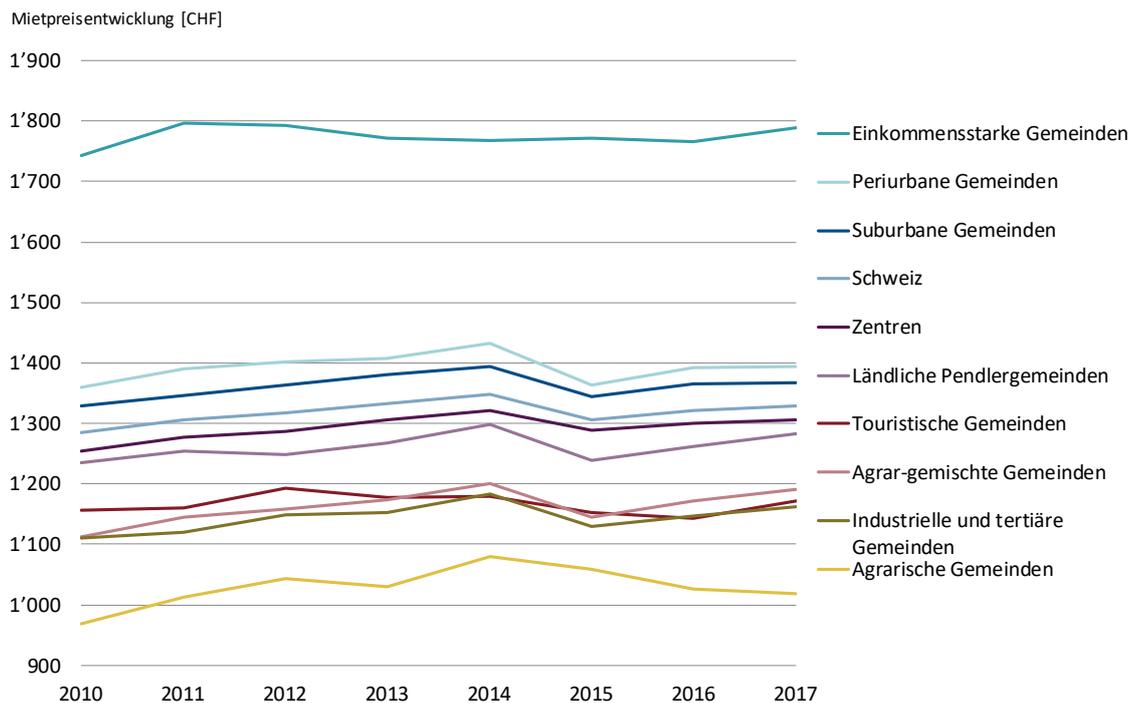


Abbildung 8: Mietpreisentwicklung zwischen 2010 und 2017. Quelle: (BFS, 2019b)

Pendlermobilität

Die Beziehung von Erwerbstätigen und Arbeitsplätzen spielt eine zentrale Rolle in der Flächennutzungsmodellierung. Es wird dabei angenommen, dass Erwerbstätige - unter vielen Aspekten mehr - die Distanz oder Reisezeit vom Wohnort zum Arbeitsplatz optimieren wollen. Wie in (BFS, 2019i) veröffentlicht, galten in der Schweiz 2019 80% der Erwerbstätigen als Pendlerinnen und Pendler, welche dadurch definiert sind, als das sie für das Aufsuchen ihres Arbeitsplatzes ihr Haus oder ihre Wohnung verlassen müssen. Davon pendelten 71% aus ihrer Wohngemeinde in eine andere Gemeinde. 1990 waren dies noch 59%. Dies widerspiegelt sich auch in der Zunahme des durchschnittlichen Zeitbedarfs für den Arbeitsweg, welcher zwischen 2000 und 2010 um 31% anstieg, sich aber dann bei ca. 30 Minuten einpendelte. Die folgende Abbildung zeigt die Entwicklung des Zeitbedarfs der Pendlerinnen und Pendler von 1990 bis 2019 basierend auf den Strukturserhebungen und der Pendlermobilitätsstatistik. Es wird sichtbar, dass der Anteil des Zeitbedarfs kurzer Wege (0-15 Minuten) zurückgegangen ist und die längeren Arbeitswege zugenommen haben. Seit 2010 sind kaum Änderungen zu beobachten (ausgenommen Strukturbrüche 2018 und 2019).

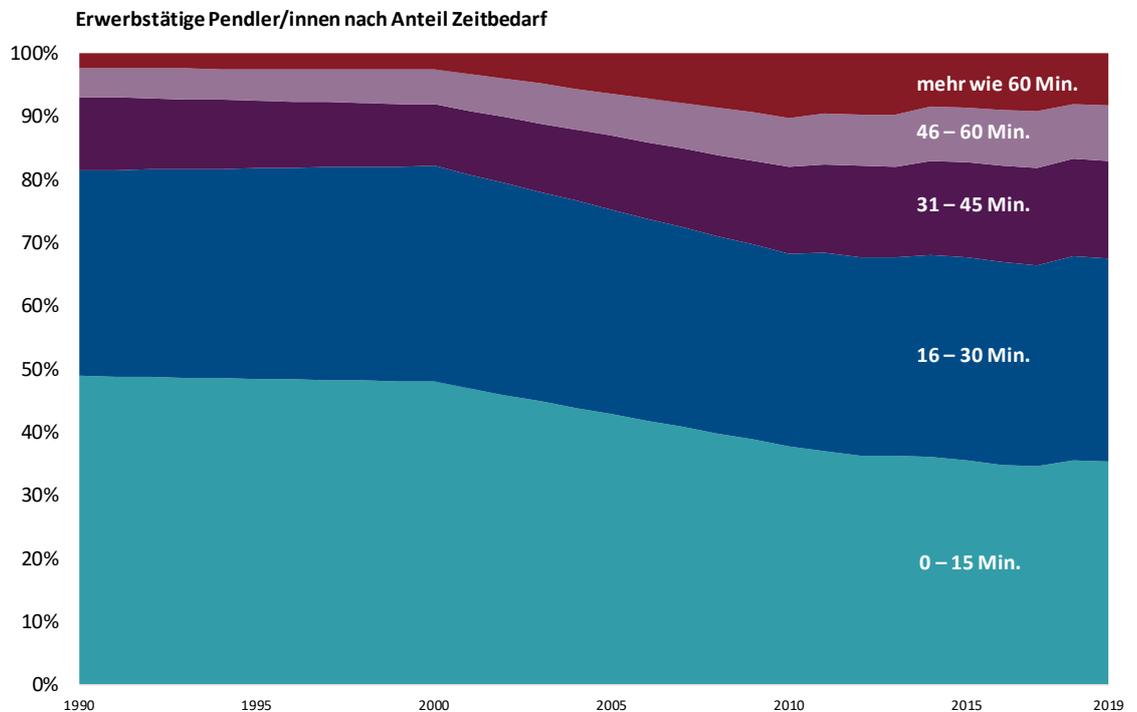


Abbildung 9: Entwicklung Zeitbedarf Pendler/innen zwischen 1990 und 2019 (Aufgrund von Änderungen im Bereich der Erhebungsmethode und der Gewichtung bei der Strukturserhebung können die Ergebnisse nur bedingt mit denen der Jahre vor 2018 verglichen werden.). Quelle: (BFS, 2019i)

2.3. Güterverkehr

Über den Güterverkehr wird der internationale und nationale Warenhandel ermöglicht sowie die Versorgung der Bevölkerung und Unternehmen mit Konsum-, Primär- und Sekundärgütern gewährleistet. Im Jahr 2018 wurden in der Schweiz insgesamt 440 Millionen Tonnen an Gütern auf dem Landweg, per Schiff oder Rohrfernleitung transportiert.

Die Entwicklung, Funktion und Abwicklung des Güterverkehrs in der Schweiz wird sehr stark durch die geographischen Gegebenheiten geprägt. Der Güterverkehr findet primär auf dem Landweg (Strasse und Schiene) statt. Einzig über den Rhein besteht eine Anbindung an eine wichtige europäische Binnenwasserstrasse. Die Alpen und die Lage der Schweiz am transeuropäischen Rhein-Alpen-Korridor sind zudem prägend für die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur und politische Stossrichtungen, die eingeschlagen werden (Verlagerung des Schwerverkehrs von der Strasse auf die Schiene).

Die retrospektive Analyse zeichnet die Entwicklung im Güterverkehr der Schweiz zwischen 1995 und 2018 nach. Nachfolgend werden die retrospektiven Entwicklungen im Güterverkehr beschrieben und in einem zweiten Teil die treibenden Faktoren.

Entwicklungen im Güterverkehr

Im ersten Teil der retrospektiven Analyse erfolgt eine Beschreibung zu den Aufkommen und Verkehrsleistungen. Danach folgt ein Überblick über die Verkehrsarten (Binnen-, Import-, Export- und Transitverkehr), bevor die Entwicklungen innerhalb der Verkehrsarten in einzelnen Unterkapiteln beschrieben werden.

Aufkommen und Verkehrsleistung

Seit dem Jahr 2000 haben die Gütertransporte in der Schweiz bezüglich Aufkommen und Verkehrsleistung zugenommen. Auf Strassen, Schienen, Wasserwegen und Rohrfernleitung wurden 2018 insgesamt 440 Millionen Tonnen in der Schweiz befördert. Dies entspricht einer Zunahme von +12.6% gegenüber dem Jahr 2000. Die Verkehrsleistung hat im gleichen Zeitraum mit +19.0% sogar etwas stärker zugenommen und betrug im Jahr 2018 27.9 Milliarden Tonnenkilometer.

Die Zunahme des Aufkommens und der Transportleistung spiegelt sich auch in den ökonomischen Entwicklungen wider. Besonders deutlich wird die Abhängigkeit des Güterverkehrsaufkommens von der Wirtschaftsentwicklung in den kurzfristigen Rezessionszeiträumen 2001 / 2002 («Dot-Com-Krise») und 2008 / 2009 (globale Finanzkrise) sowie infolge des «Frankenschocks» im Jahr 2015. In diesen Zeiträumen ging das Güterverkehrsaufkommen um -2.2% (2002), -3.9% (2009) und -2.9% (2015) zurück.

Die Verkehrsleistung hat sich in diesen Rezessionszeiträumen im Vergleich zum Verkehrsaufkommen nicht immer gleich verhalten. Während der globalen Finanzkrise ging die Verkehrsleistung mit -6.8% deutlich stärker zurück als das Güterverkehrsaufkommen. Während der «Dot-Com-Krise» und dem «Frankenschock» ging die Verkehrsleistung hingegen deutlich weniger stark zurück als das Güterverkehrsaufkommen. Ein Erklärungsansatz ist, dass während der Finanzkrise die langläufigen internationalen Verkehre stärker eingebrochen sind, während die Dot-Com- und der «Frankenschock» stärker den Binnenverkehr betrafen.

Nebst der längerfristigen Zunahme des Güterverkehrs hat sich in den letzten 20 Jahren eine graduelle Verlangsamung des Wachstums abgezeichnet. Zwischen 2000 und 2009 nahm das Marktvolumen um +6.8% und seit 2010 um insgesamt +4.8% zu. Trotz der beiden Rezessionsperioden zwischen 2000 und 2009 war das jährliche Wachstum mit durchschnittlich +0.7% pro Jahr etwas grösser als in der Periode nach 2010. Hier betrug das durchschnittliche Wachstum +0.6% pro Jahr.¹

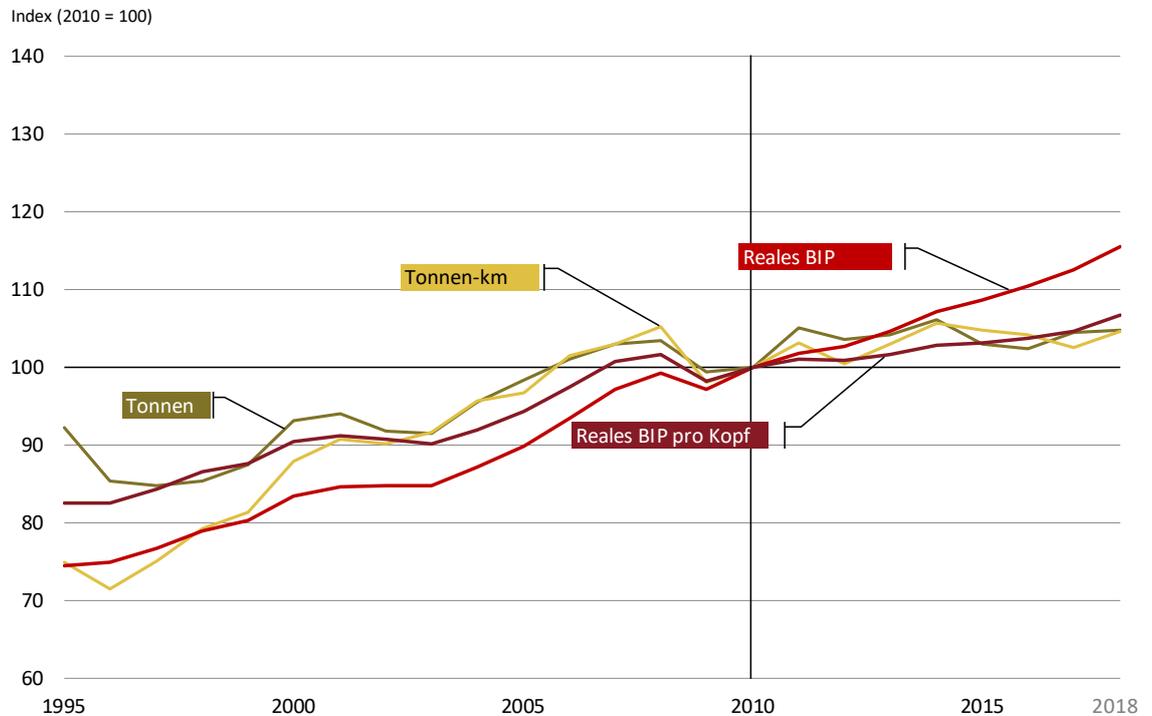


Abbildung 10: Aufkommen und Verkehrsleistung im Güterverkehr in der Retrospektive.

Quellen: (BFS, 2019e, 2019a, 2019k; EZV, 2020; Schweizerische Rheinhäfen, 2020)

Überblick Verkehrsarten

Güterverkehr lässt sich strukturell in vier Verkehrsarten unterteilen: Binnenverkehr innerhalb der Schweiz, Import und Export mit Quelle im Ausland respektive in der Schweiz sowie Transitverkehr durch die Schweiz hindurch.

Insgesamt sind die Anteile der verschiedenen Verkehrsarten am Aufkommen über die letzten 10 Jahre konstant geblieben. Der grösste Anteil des Verkehrsaufkommens (76.3%, 2018) wird als Binnenverkehr auf inländischen Relationen abgewickelt. Die im Vergleich zu den anderen Verkehrsarten kurzen Transportwege im Binnenverkehr schlagen sich hierbei im deutlich unterproportionalen Anteil an der Verkehrsleistung nieder (51.9%, 2018). Der Transitverkehr hat bezüglich des Verkehrsaufkommens mit 7.2% (2018) einen geringen Anteil. Die längeren Transportwege, welche durch die ganze Schweiz verlaufen, führen mit 28.2% (2018) zu einem höheren leistungsbezogenen Anteil.

Beim Import- und Exportverkehr sind die aufkommens- und leistungsbezogenen Anteile ähnlich. Der Anteil an der Verkehrsleistung entspricht demjenigen des Güterverkehrsaufkommens. Insgesamt hat der Import jedoch deutlich höhere Anteile als der Export.

¹ Wachstumsraten werden jeweils im CAGR (Compound Annual Growth Rate) = durchschnittliche jährliche Wachstumsrate gemessen.

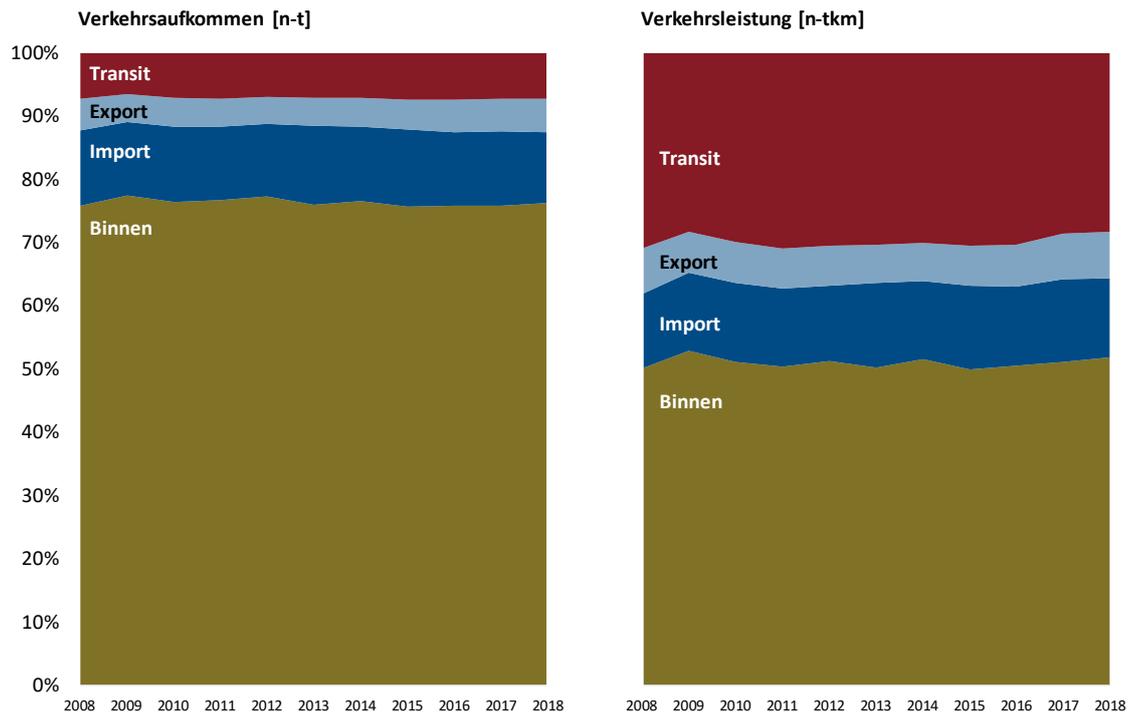


Abbildung 11: Anteile der Verkehrsarten im Güterverkehr

Quellen (BFS, 2019e, 2019a, 2019k; EZV, 2020; Schweizerische Rheinhäfen, 2020)

In der Retrospektive hat der Transitverkehr seit 2000 aufkommensbezogen mit +40.4% am stärksten zugenommen. Auch der Exportverkehr hat mit +31.6% stark zugenommen. Das grosse Wachstum dieser beiden Verkehrsarten hat jedoch in unterschiedlichen Zeiträumen stattgefunden. Das Aufkommen im Transitverkehr hat vor allem zwischen 2000 und 2009 ein starkes Wachstum erfahren. In diesem Zeitraum nahm das Marktvolumen des Transitverkehrs mit einem durchschnittlichen Wachstum von +2.0% pro Jahr um insgesamt +20.0% zu. Seit 2010 hat sich dieses Wachstum deutlich verlangsamt und der Transitverkehr hat mit einer durchschnittlichen Wachstumsrate von +0.7% pro Jahr nur noch um gesamthaft +6.1% zugelegt. Der Exportverkehr hat vor allem ab 2010 und in den letzten Jahren hinsichtlich des Güterverkehrsaufkommens sehr stark zugelegt.

Die retrospektiven Entwicklungen des Import- und des Binnenverkehrs sind in den letzten 20 Jahren deutlich stabiler verlaufen. Auch hier zeigen sich die Auswirkungen der Rezessionsjahre. Der Importverkehr hat zwischen 2000 und 2018 insgesamt um +11.1% zugenommen, der Binnenverkehr um +9.7%. Der Vergleich zwischen den Zeiträumen 2000-2009 und 2010-2018 zeigt zudem eine Verlangsamung des Wachstums ab 2010. Der Importverkehr hat seit 2010 mit einer negativen Steigerungsrate von -0.2% pro Jahr sogar eine leichte Abnahme erfahren (wobei sich Phasen des Wachstums und Rückgangs abwechselten).

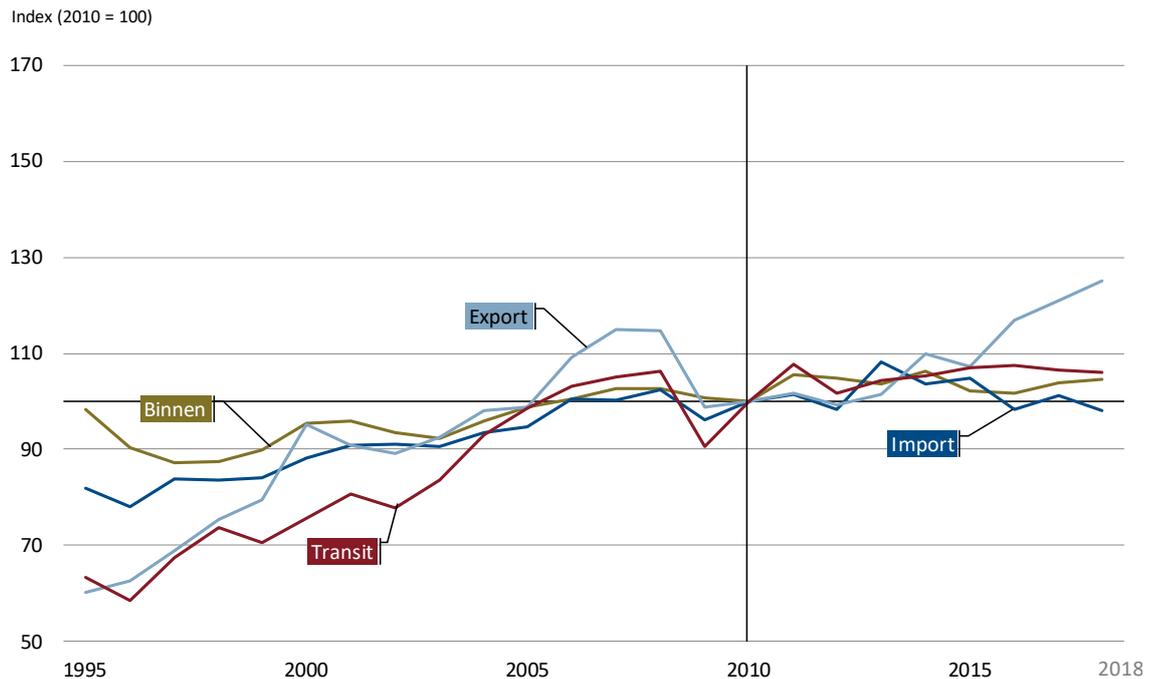


Abbildung 12: Aufkommen im Güterverkehr nach Verkehrsarten Basis: Aufkommen in Tonnen
Quellen Überblick Verkehrsarten: (BFS, 2019e, 2019a, 2019k; EZV, 2020; Schweizerische
Rheinhäfen, 2020)

Binnenverkehr

Der weitaus grösste Teil beim Binnenverkehr (92.7%) wird auf der Strasse abgewickelt. Dies ist vor allem mit der Eignung der Strasse für die lokale Feinverteilung von Gütern zu erklären. Die Anteile des Schienenverkehrs sind bei allen Warengruppen klein. Eine Ausnahme bildet die Warengruppe Energieträger, welche beim Binnenverkehr zwar nur einen kleinen Anteil ausmacht, dafür aber der Schienenverkehr hinsichtlich der Verkehrsleistung ein grösseres Gewicht hat.

Bezüglich des Güteraufkommens sind vor allem die Warengruppen in Verbindung mit Detailhandel und Bauwesen relevant. Zusammen machen Erze, Steine und Erden (29.8%), Stück- und Sammelgüter (18.7%) sowie Baustoffe und Glas (13.7%) fast zwei Drittel des gesamten Güteraufkommens im Binnenverkehr aus. Ein weiterer nennenswerter Anteil kommt Abfällen und Sekundärrohstoffen zu (10.3%), welche sich auf Bauabfälle (aus Hoch- und Tiefbau) und Siedlungsabfälle aufteilen.

Bei der Betrachtung der Verkehrsleistungen im Binnenverkehr erfolgt eine auffällige Verschiebung der Anteile. Die kurzen Transportdistanzen von Waren, welche für die Baubranche wichtig sind (Warengruppe «Erze, Steine, Erden» und «Baustoffe, Glas») führen zu deutlich kleineren leistungsbezogenen Anteilen dieser Warengruppen. Sie verursachen lediglich 25.3% der Tonnenkilometer, jedoch 43.3% des Aufkommens. Nahrungsmittel mit 17.6% und Energieträger mit 7.2% haben hingegen vergleichsweise stärkere Anteile an der Verkehrsleistung als am Aufkommen. Die Dominanz von Nahbereich-Transporten im Binnenverkehr zeigt sich in der mittleren Transportweite, welche mit 43.1 Kilometern weniger als die Hälfte der mittleren Transportweite im Import- und Exportverkehr beträgt.

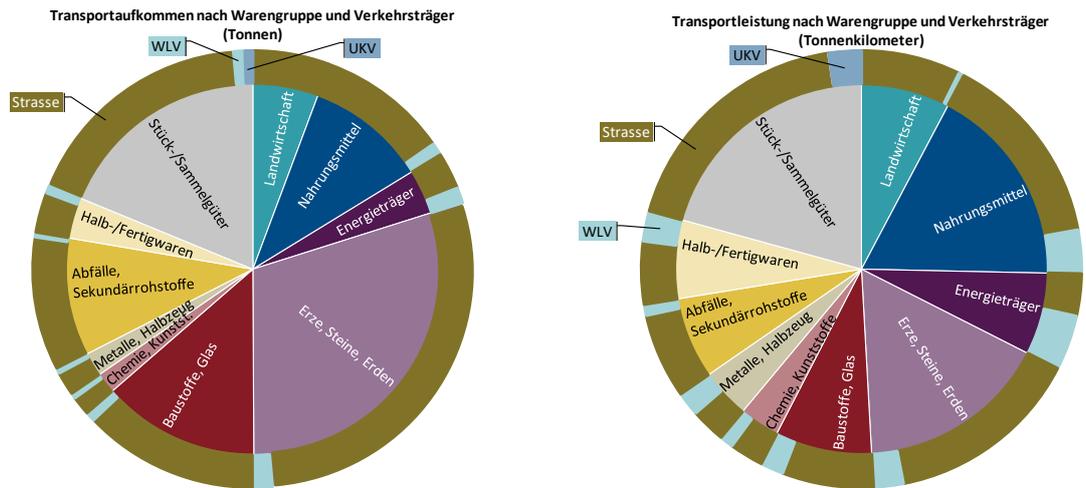


Abbildung 13: Transportaufkommen und -leistung nach Warengruppen und Verkehrsträger im Binnenverkehr (2018) Der äussere (grau/weiße) Ring gibt den Anteil der Verkehrsträger an.
Quellen Binnenverkehr: Eigene Berechnung auf Basis (BFS, 2019e, 2019k).

Im- und Exporte

Auch bei den Relationen im Im- und Export ist der Strassenverkehr mit 62.1% beziehungsweise 84.0% der dominante Verkehrsträger. Dennoch sind die anderen Verkehrsträger stärker vertreten als im Binnenverkehr. Beim Import werden 17.1% und beim Export 12.1% der Waren auf der Schiene transportiert. Wesentliche Entwicklungen der letzten Jahre waren im Import ein Rückgang des Binnenschiffes, getrieben durch einen Nachfragerückgang fossiler Brennstoffe, sowie ein Rückgang der Bahntransporte beim Export. Letzteres kann unter anderem auf die Entwicklungen bei der Warengruppe «Stück- und Sammelgüter» zurückgeführt werden, welche grundsätzlich bahnaffin sind, in den letzten Jahren aber Anteile an die Strasse verloren haben.

Trotz politischer Bemühungen, den Güterverkehr auf die Schiene zu verlagern, ist die Zunahme des Strassenanteils bei den Verkehrsarten Import und Export seit 2000 ungebrochen. Beim Import ist das Güterverkehrsaufkommen auf der Strasse um +44.1% gewachsen, obwohl die Gesamtmenge der Importgüter lediglich um +11.1% zugenommen hat. Beim Export hat das Güterverkehrsaufkommen der Strasse um +67.0% zugenommen, während das gesamte Marktvolumen des Exports um +31.6% gewachsen ist. Hingegen ist bei den Importen der Anteil Schienenverkehr mit durchschnittlich 16.8% recht konstant geblieben, beim Exportgüterverkehr hat der Schienengüterverkehr sogar vor allem zwischen 2000 und 2009 (-47.8%) markant abgenommen.

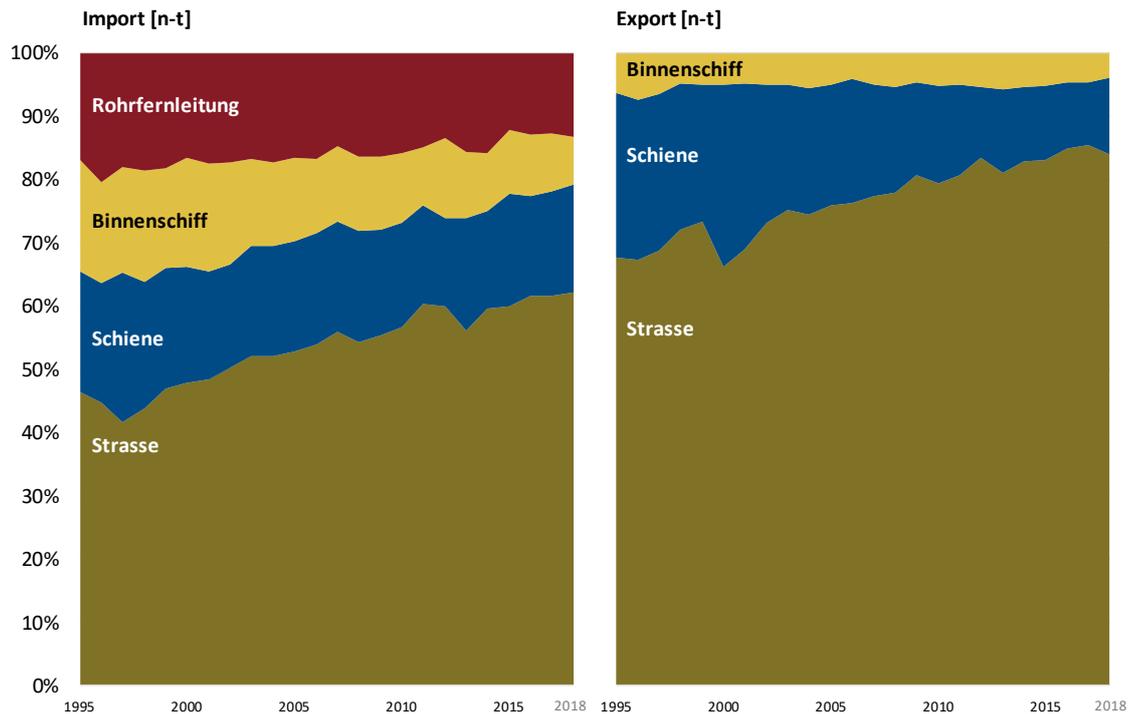


Abbildung 14: Modal Split bezüglich Güterverkehrsaufkommen für Import und Export.

Quellen: (BFS, 2019e, 2019a, 2019k; EZV, 2020; Schweizerische Rheinhäfen, 2020).

Die dominanten Importgüter sind die Energieträger, die einen Viertel des Aufkommens ausmachen. Knapp über die Hälfte davon werden über Rohrfernleitungen importiert, während ein Viertel auf der Schiene transportiert wird. Mit 44.3% stellen die Energieträger zudem den grössten Anteil der Schienengüterimporte. Seit 2014 hat dieser Anteil um +6.0 Prozentpunkte zugenommen.

Die mittlere Transportweite beträgt 2018 auf der Strasse 84.4 Kilometer und im Wagenladungsverkehr (WLV) 117.9 Kilometer. Im unbegleiteten kombinierten Verkehr (UKV) sind die mittleren Transportweiten aufgrund der grenznahen Lage der Terminals (Basel, Rekingen, Aarau) mit 53.2 Kilometer deutlich kürzer.²

² Im Vergleich zum Jahr 2014 (Retrospektive der VP 2040), haben die mittleren Transportweiten auf der Strasse (82.8 Kilometer im Jahr 2014) und im UKV (52.4 Kilometer im Jahr 2014) leicht zugenommen, während im WLV eine deutliche Abnahme zu verzeichnen ist (123.6 Kilometer im Jahr 2014).

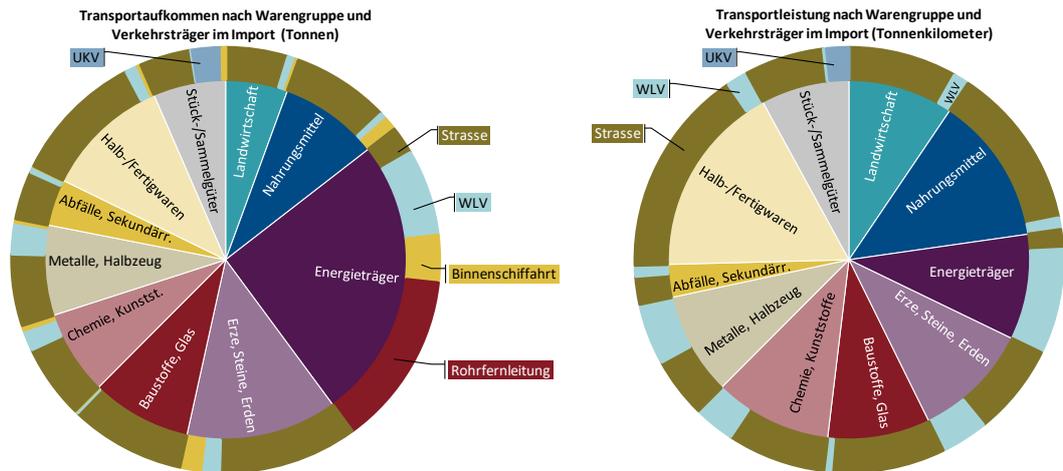


Abbildung 15: Transportaufkommen und -leistung nach Warengruppen und Verkehrsträger im Import (2018)
Der äussere (grau/weiße) Ring gibt den Anteil der Verkehrsträger an; Quellen: eigene Berechnungen auf Basis (BFS, 2019e, 2019a, 2019k; Schweizerische Rheinhäfen, 2020).

Bei der Verkehrsleistung des Exports zeigt sich vor allem eine Dominanz der Halb- und Fertigwaren. Während ihr Anteil am Aufkommen gemessen mit 17.6% nicht besonders hervorsteicht, erzeugen sie mit 32.1% einen beträchtlichen Anteil der Verkehrsleistung. Weitere bedeutende Warengruppen beim Export stellen die Nahrungsmittel sowie Abfälle und Sekundärrohstoffe.

Die gesamtmodale mittlere Transportweite im Export ist mit 83.8 Kilometer ungefähr gleich wie im Importgüterverkehr. Auffällige Unterschiede sind im Schienenverkehr festzustellen. Beim WLV beträgt die mittlere Transportweite beim Export 170.8 Kilometer und beim UKV 60.8 Kilometer.³

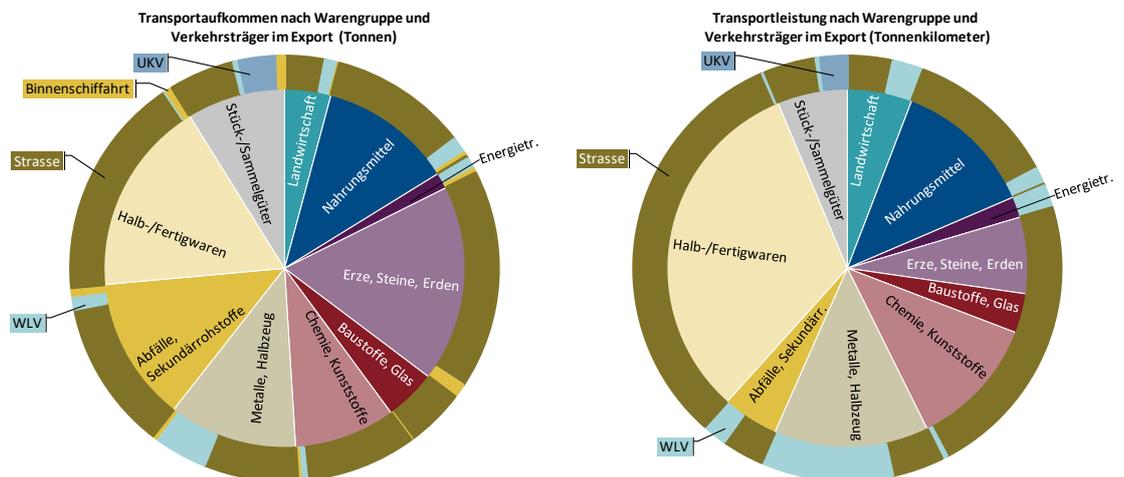


Abbildung 16: Transportaufkommen und -leistung nach Warengruppen und Verkehrsträger im Export (2018)
Der äussere (grau/weiße) Ring gibt den Anteil der Verkehrsträger an; Quellen: eigene Berechnungen auf Basis (BFS, 2019e, 2019a, 2019k; Schweizerische Rheinhäfen, 2020)

³ Die mit dem WLV transportierten Landwirtschaftsgüter sowie Metalle und Halbzeug weisen mit 209.9 Kilometer respektive 212.9 Kilometer besonders hohe mittlere Transportweiten auf. Im Vergleich zum Jahr 2014 (Retrospektive der VP 2040), haben diese sehr stark zugenommen. Die Transportweite der Landwirtschaftsgüter betrug 2014 178.3 Kilometer und diejenige der Metalle und Halbzeuge 180.8 Kilometer.

Transitverkehr

Im Transitverkehr zeigt sich hinsichtlich der eingesetzten Verkehrsmittel ein deutlich anderes Bild als bei den anderen Verkehrsarten. Die politischen Massnahmen zur Verkehrsverlagerung (u.a. LSV, Nachtfahrverbot) und das Infrastrukturprojekt NEAT zeigen hier eine klare Wirkung.

Der Schienenverkehr (WLV, UKV und ROLA) dominiert den Modal Split des Aufkommens im Jahr 2018 mit einem Anteil von 79.4% deutlich. Während der gesamte Schienenanteil (WLV, UKV und ROLA) bis 2009 rückläufig war und gegenüber 2000 um -8.9 Prozentpunkte abgenommen hat, erfolgte 2010 eine Trendwende. Seither erfolgt ein relativer Bedeutungsverlust des Strassenverkehrs und nimmt der Anteil des Schienengüterverkehrs um durchschnittlich +1.9 Prozentpunkte pro Jahr zu. Sehr stark zugenommen hat der Anteil UKV (+4.6 Prozentpunkte pro Jahr). Der Strassengüterverkehr hat seit 2000 in absoluten Zahlen zwar zugenommen (+19.4%), im Gegensatz zu den anderen Verkehrsarten hat dessen Anteil am Transitgüterverkehr jedoch zugunsten der Schiene abgenommen.

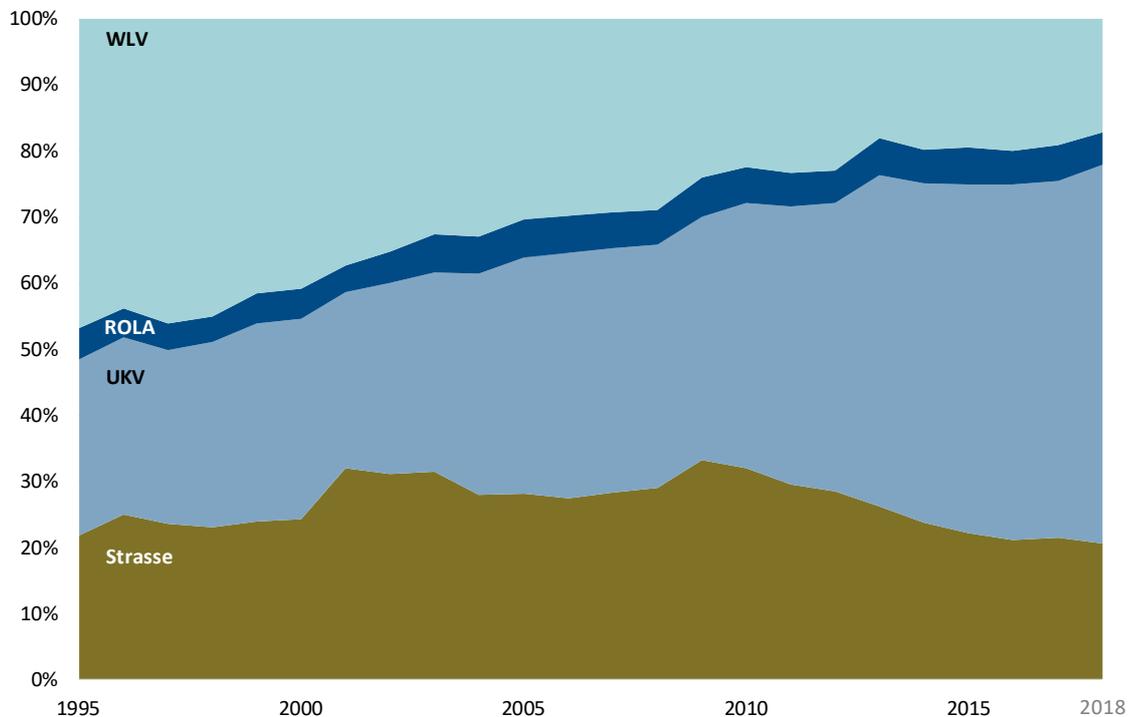


Abbildung 17: Modal Split im Transitgüterverkehr. Basis: Verkehrsaufkommen in n-t; Quellen: (BFS, 2019a, 2019k; Eurostat, 2020a; EZV, 2020; Schweizerische Rheinhäfen, 2020).

Die Dominanz der Schiene im Transitverkehr widerspiegelt sich ebenfalls mit Blick auf den gesamten über den Alpenbogen B abgewickelten italienischen Aussenhandel.⁴ 50.3% (2018) der auf der Schiene über den Alpenbogen B transportierten Güter kommen über die schweizerischen Alpenübergänge von oder nach Italien. Der schweizerische Anteil an den über die Strasse transportierten Gütern beträgt hingegen nur 5.9%.

⁴ Beim Alpenbogen B handelt es sich um eine geographische Linie entlang dem Hauptkamm der Alpen. Er verläuft von Ventimiglia bis zum Brenner und anschliessend in südliche Richtung entlang der italienischen und österreichischen Grenze bis Tarvisio.

Insgesamt hat das Güteraufkommen des über den Alpenbogen B abgewickelten italienischen Aussenhandels seit 2000 um +19.4% zugelegt. Die auf der Schiene transportierte Gütermenge ist mit +23.9% etwas stärker angestiegen als die auf der Strasse transportierte Menge (+17.5%).

Seit 2010 lässt sich sowohl auf der Strasse wie auch auf der Schiene eine Verlagerung der Anteile zugunsten der österreichischen Übergänge feststellen. Während die schweizerischen und französischen Anteile der auf dem Schienenweg über den Alpenbogen B transportierten Güter abgenommen haben, hat der österreichische Anteil zugelegt. Auf der Strasse fällt diese Entwicklung deutlich stärker aus. Hier haben die Anteile der Schweiz und von Frankreich um -3.6 Prozentpunkte respektive -1.9 Prozentpunkte abgenommen, während der österreichische Anteil um +5.5 Prozentpunkte zugenommen hat. Die starke Abnahme des schweizerischen Anteils an auf der Strasse über den Alpenbogen B transportierten Gütern ist sogar mit einer absoluten Abnahme von -31.8% einhergegangen.

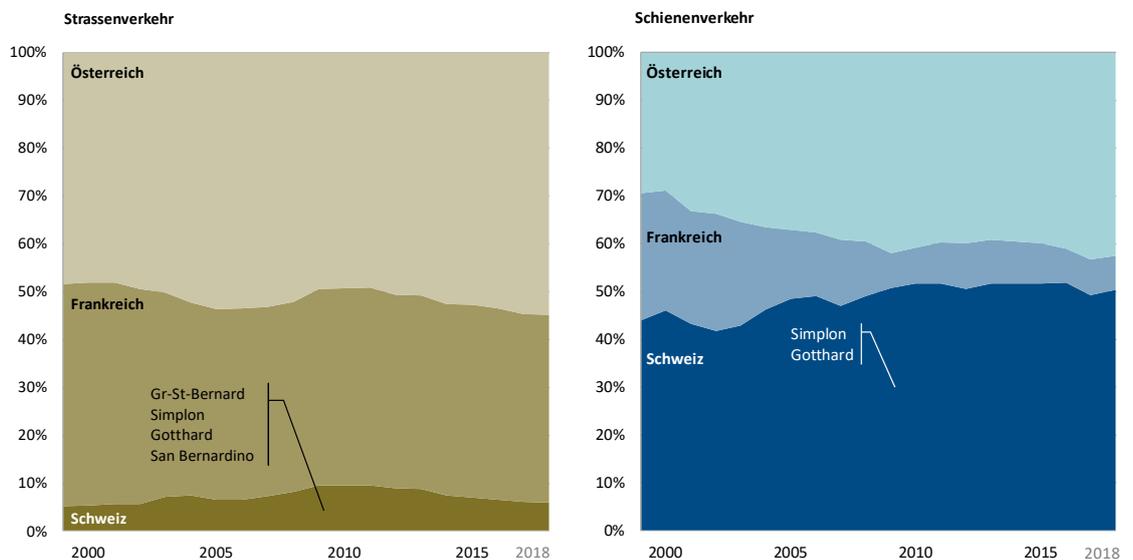


Abbildung 18: Länderspezifische Anteile an der Aussenhandelsmenge Italiens nach Verkehrsträger Basis: Berücksichtigt wurde der italienische Aussenhandel im Alpenbogen B mit den Ländern der EU-28. Daten erst ab 1999 verfügbar; Quellen Transitverkehr: (BFS, 2019a; BAV, 2020a).

Aufgrund der bevorzugten Warengefässe im Transitverkehr besteht bezüglich der Güterstruktur eine grosse Unschärfe. Der Transitverkehr wird auf der Schiene stark vom kombinierten Verkehr und auf der Strasse von Sattelzügen dominiert. Mit den dort eingesetzten Containern, Wechselbehältern und Sattelaufliegern ist eine genaue Erfassung der Transportgüter nicht möglich. Dies ist ein Grund für den ausserordentlich hohen Anteil an Stück- und Sammelgütern bei dieser Verkehrsart. Viele transportierte Güter werden pauschal unter dieser Warengruppe gefasst.

Die Zahlen des italienischen Aussenhandels können hierbei etwas Abhilfe verschaffen. Durch den Abzug der See- und Lufttransporte bleiben vorwiegend die über die Alpen transportierten Güter übrig. Während hier nicht zwischen den schweizerischen und ausländischen Alpenübergängen unterschieden werden kann, lässt sich somit dennoch die Güterstruktur, welche sich hinter dem grossen Anteil an Stück- und Sammelgütern verbergen, erkennen (siehe hierzu Abbildung 19, rechte Seite). Aufkommensbezogen sind die Warengruppen Metalle und Halbzeug, Chemie und Kunststoffe, Energieträger, Nahrungsmittel sowie Halb- und Fertigwaren besonders stark vertreten.

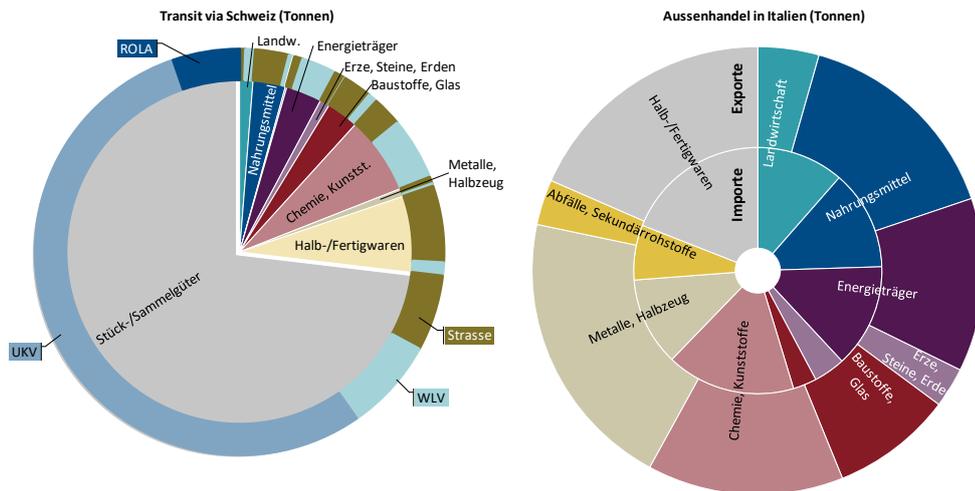


Abbildung 19: Aufkommensbezogene Anteile der Warengruppen und Modi zum Transitverkehr (2018)
Basis: Aussenhandel Italien: nur Landesverkehrsträger; Quellen: eigene Berechnungen auf Basis (BFS, 2019a, 2019k; Eurostat, 2020a; EZV, 2020; Schweizerische Rheinhäfen, 2020).

Transportintensitäten

Die Transportintensitäten beim Güterverkehr leiten sich aus dem Verhältnis zwischen Aufkommen (Tonnen) beziehungsweise der Leistung (Tonnenkilometer) zu den korrespondierenden wirtschaftlichen Grössen (in CHF) ab. Die aufkommensbezogenen Transportintensitäten werden für die vier Verkehrsarten beschrieben und in Abbildung 20 als Index dargestellt. Beim Binnenverkehr wird das BIP⁵, beim grenzüberschreitenden Verkehr die Importe beziehungsweise die Exporte und beim Transit der Aussenhandel (jeweils in CHF) zur Berechnung der Transportintensitäten verwendet.

Eine abnehmende Transportintensität kann mit einer Entkoppelung zwischen wirtschaftlichen Aktivitäten und Gütermengen erklärt werden. Am stärksten abgenommen hat die Transportintensität bei den Verkehrsarten Import und Export. Bei den grenzüberschreitenden Transporten hat sich der Güterstruktureffekt besonders niedergeschlagen. Der Anteil an hochwertigen Gütern stieg weiter an, während immer weniger gewichtsintensive Güter transportiert wurden. So hat die Transportintensität beim Export zwischen 2000 und 2009 um über -22.2% (-2.7% pro Jahr) abgenommen, während der Import um -9.6% (-1.1% pro Jahr) gesunken ist. Die geringste Abnahme hat der von Massengütern dominierte Binnenverkehr mit -6.5% (-0.7% pro Jahr) erfahren.

⁵ Die Transportintensitäten im Binnenverkehr wurden vom Bruttoinlandsprodukt abzüglich des Aussenhandelsaldos (minus Export und Import) hergeleitet.

Bis auf den Transitverkehr⁶, lässt sich bis 2010 bei allen Verkehrsarten eine Abnahme der Transportintensität feststellen, was auf eine Entkopplung der wirtschaftlichen Leistung vom Güterverkehrsvolumen schliessen lässt.

Die auffälligste Veränderung lässt sich beim Export feststellen. Nach einer stetigen Abnahme stagniert die Transportintensität des Exports seit 2012. Die Abnahme der Transportintensität beim Import hat sich seit 2010 beschleunigt (-1.9% pro Jahr), während sich die Abnahme beim Binnenverkehr erneut verlangsamt hat (-0.3% pro Jahr).

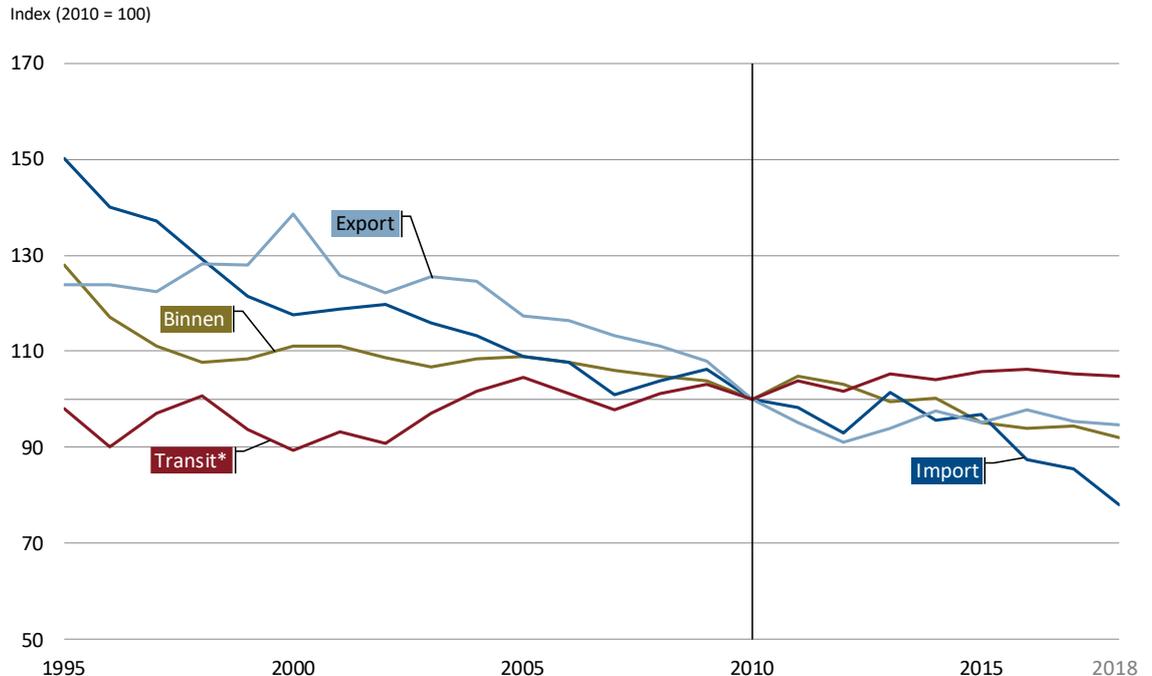


Abbildung 20: Aufkommensbezogenen Transportintensitäten in der Retrospektive in Tonnen/CHF⁷.

Quellen Transportintensitäten: (BFS, 2019e, 2019a, 2019k, 2020f; Eurostat, 2020b, 2020a; EZV, 2020; Schweizerische Rheinhäfen, 2020).

Auslastungen und Beladungsgrade

Die Entwicklung der mittleren Beladungsgrade der letzten Jahre zeigt deutlich, dass die durch die Einführung der LSVA im Jahr 2001 angestrebte Effizienzsteigerung bei den schweren Nutzfahrzeugen (SNF) erreicht wurde. Zwischen 2000 und 2009 hat die mittlere Beladung bei SNF im Transitverkehr um +129.3% zugenommen, beim Import und Export um +43.0% respektive +53.5%. Im Jahr 2010 scheint dieser Zuwachs jedoch beendet zu sein. Lediglich beim Export hat die Auslastung um +2.5% pro Jahr weiterhin zugenommen. Beim Import- und Transitverkehr wurden wieder leichte Abnahmen (-0.2% pro Jahr resp. -0.4% pro Jahr) verzeichnet. Die Auslastung des Binnenverkehrs hat hingegen auf tiefem Niveau um +1.1% pro Jahr zugenommen.

Bei den leichten Lieferfahrzeugen lässt sich seit 2000 kontinuierlich eine leichte Abnahme der Auslastung von -1.4% pro Jahr beobachten. Diese Entwicklung ist allerdings angesichts der schwachen Datengrundlage mit Vorsicht zu interpretieren (BFS, 2000, 2019c).

⁶ Die Transportintensität im Transitverkehr kann nur bedingt abgeleitet werden, da dies über die italienische Aussenhandelsmenge erfolgen muss. Hierbei ist der Routenwahleffekt zu berücksichtigen, welche die abgeleitete Transportintensität nur bedingt aussagekräftig macht.

⁷ Transit*: Ableitung der Intensität im Transitverkehr ist aufgrund von Routenwahleffekten nur bedingt möglich. Die Ableitung erfolgt über den italienischen Aussenhandel in Tonnen/Euro.

Aufgrund der Datenlage ist eine detailliertere Aufschlüsselung im Schienengüterverkehr nicht möglich. Zudem müsste für die Bestimmung der Auslastung die Länge der Zugkompositionen und die maximalen Zuggewichte bekannt sein. Die Retrospektivreihe der mittleren Beladung pro Zug ist somit in diesem Kontext nur bedingt aussagekräftig. Dennoch können ausgewählte Erkenntnisse festgehalten werden: Im Schienengüterverkehr hat die mittlere Beladung der Züge seit 1995 langsam zugenommen. Die Zunahme hat hauptsächlich zwischen 2000 und 2009 stattgefunden. In diesem Zeitraum hat die mittlere Beladung der Züge um insgesamt +11.2% (+1.2% pro Jahr) zugelegt. Seit 2010 hat die Beladung um insgesamt -0.2% leicht abgenommen, was aber vorwiegend auf die hohe Dynamik des Wachstums des UKV zurückzuführen ist.

Hierfür gibt es verschiedene Gründe. Zum einen ist die Erhöhung der Auslastung weitgehend ausgereizt und es besteht bei gewissen Gütern ein unveränderbarer Anteil an Leerfahrten (z.B. Chemie und Lebensmittel), weil z.B. das Waschen des Transportbehälters vermieden werden soll. Auf der anderen Seite wirkt hier der Güterstruktureffekt, wonach immer mehr Volumengüter transportiert werden, bei denen das Volumen und nicht das Gewicht limitierend wirken.

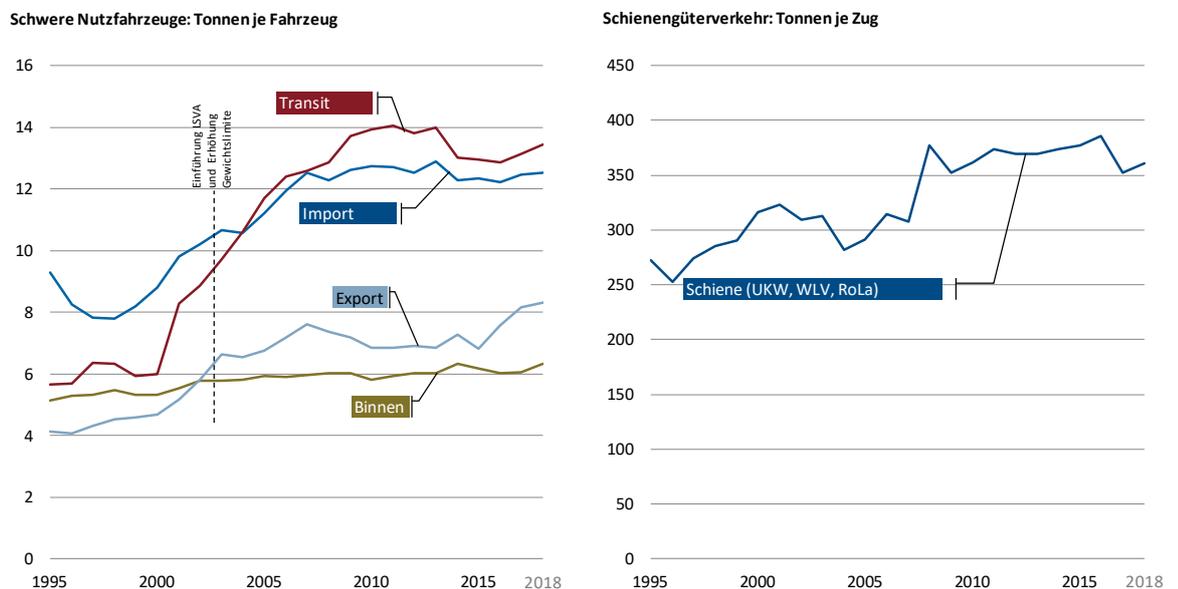


Abbildung 21: Beladungen im Strassen- und Schienengüterverkehr in der Retrospektive.

Schwere Nutzfahrzeuge: Auf Basis Fahrzeugkilometer berechnet; Schienengüterverkehr: Aufgrund der Datenlage auf Basis der Zugkilometer und nicht auf Basis einzelner Züge berechnet. Quellen Auslastungen und Beladungsgrade: (BFS, 2019f).

Energiepreise

Die Energiepreise waren in den letzten Jahren grossen Schwankungen unterworfen. Auffällig ist die leicht gegenläufige Entwicklung der Strompreise⁸, welche zwischen 2000 und 2018 um insgesamt -2.0% leicht abgenommen haben und der Preise für fossile Treibstoffe, welche zwischen +16.4% (Benzin) und +20.8% (Diesel) zugenommen haben. Zudem gibt es grössere Unterschiede in der Preisentwicklung zwischen 2000-2009 und 2010-2018. Zwischen 2000 und 2009 hat der Strompreis um -1.6% pro Jahr und insgesamt um -13.2% abgenommen, wobei die Abnahme eigentlich zwischen 2000 und 2007 stattgefunden hat. Der Preis für Diesel hat hingegen zwischen 2000 und 2009 um +1.2% pro Jahr respektive insgesamt um +11.1% zugenommen, wobei der Peak des Dieselpreises im Jahr 2008 besonders hervorsteicht.

Seit 2008 nimmt der Strompreis wieder zu. Zwischen 2010 und 2018 betrug das jährliche Wachstum +0.9% pro Jahr und der Strompreis lag 2018 nur leicht unter demjenigen des Jahres 2000. Der Dieselpreis hat sich seit 2010 sehr volatil entwickelt. Insgesamt hat er aber in diesem Zeitraum um +1.2% zugenommen.

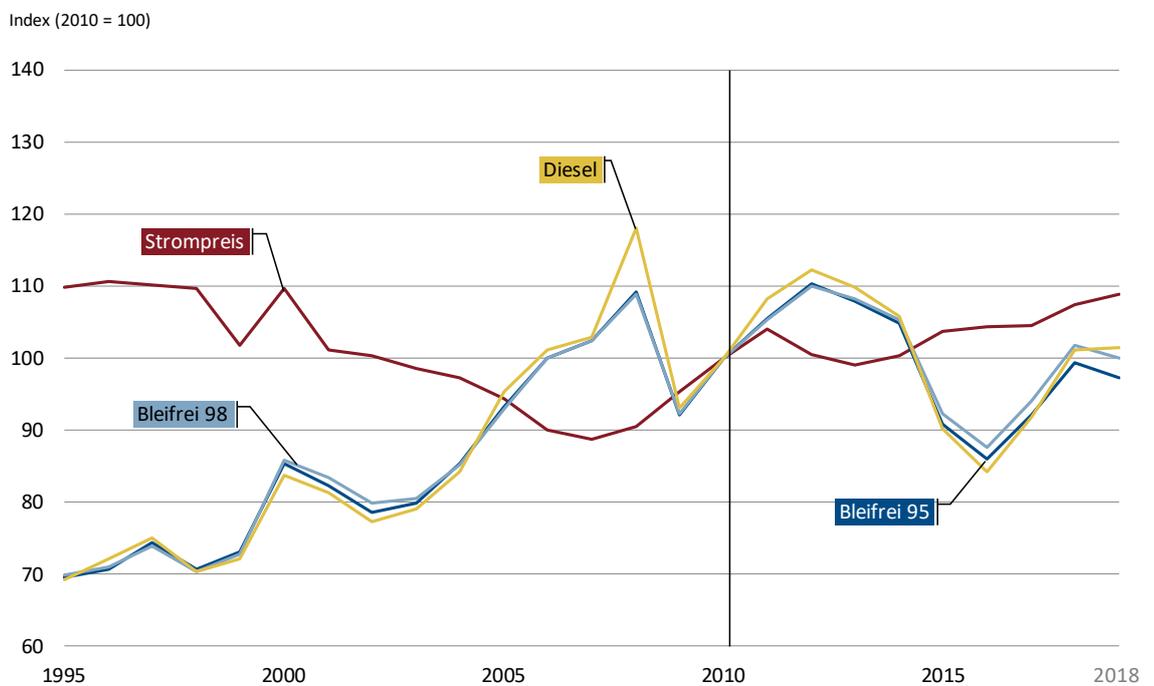


Abbildung 22: Entwicklung der Energiepreise. Strompreis: Gemittelter Strompreis der Verbrauchstypen I -VII
Quellen Energiepreise: (BFS, 2020b)

⁸ Die Entwicklung des Strompreises wurde aus dem Mittelwert der Preise von den Verbrauchstypen I -VII abgeleitet.

2.4. Personenverkehr

Die retrospektive Analyse des Personenverkehrs fokussiert auf die Entwicklungen der wichtigsten verkehrlichen Kenngrössen zwischen 1995 und 2018. Es wird den Fragen nachgegangen, wie sich das Verkehrsgeschehen der Schweiz insgesamt entwickelt und sich das Mobilitätsverhalten im Betrachtungszeitraum verändert hat.

Verkehrsangebot

Das Verkehrsangebot hat in den letzten 20 Jahren insgesamt zugenommen. In Abbildung 23 ist der stetige Anstieg der Indexkurven der einzelnen Verkehrsträger zu erkennen. Seit 2010 hat das Angebot jedoch deutlich weniger stark zugenommen als in den 10 Jahren zuvor. Während der Zuwachs der Nationalstrassen von +1.0% pro Jahr (2000-2009), auf +0.5% pro Jahr (2010-2018) zurückgegangen ist, ist der Zuwachs der Kurskilometer im schienengebundenen Fern- und Regionalverkehr von +2.8% pro Jahr auf +0.9% pro Jahr noch stärker gefallen.

Bei genauerer Betrachtung des Wachstums des Nationalstrassennetzes fällt auf, dass das Wachstum vor allem zwischen 1995 und 2003 stattgefunden hat. In dieser Zeit hat die Länge der Nationalstrassen um insgesamt +14.2% (+1.7% pro Jahr) zugenommen. Bereits ab 2004 nimmt das Angebot der Nationalstrasse deutlich langsamer zu und ist bis 2018 nur noch um +7.2% (0.5% pro Jahr) gewachsen.

Beim Schienenverkehrsangebot sind die Angebotssprünge infolge grösserer Ausbauprojekte in den Jahren 2005 (Bahn 2000 1. Etappe), 2009 (Eröffnung des Lötschberg-Basistunnels) sowie 2016 (Eröffnung des Gotthard-Basistunnels) auffällig. Wichtige Treiber des Angebotszuwachses auf der Schiene seit 2010 sind die Ausbauten im Rahmen der neuen HGV-Anschlüsse und der NEAT, sowie die Inbetriebnahme erster Projekte im Rahmen der zukünftigen Entwicklung der Bahninfrastruktur (ZEB) und des Ausbauschnittes AS2025.

Die Angebote von Bus und Tram sind ebenfalls merklich gewachsen. Das Busangebot nimmt seit 2000 stetig zu, während beim Tram vor allem in den Jahren 2010 bis 2012 ein starker Zuwachs stattgefunden hat. Zwischen 2010 und 2018 ist ein Zuwachs von +19.7% (+2.3% pro Jahr) zu beobachten. Zwischen 2000 und 2009 nahm das Tramangebot als Vergleich lediglich um +5.1% (+0.6% pro Jahr) zu. Im selben Zeitraum hat das Angebot der Trolleybusse abgenommen.

Im Flugverkehr reagiert das Angebot deutlich dynamischer auf Nachfragedruck als bei den anderen Verkehrsträgern, so dass sich das Swissair-Grounding 2001 sehr deutlich zeigt: zwischen den Jahren 2000 und 2004 nehmen die Flugbewegungen an den Flughäfen in der Schweiz um -23.3% (-6.4% pro Jahr) ab. Die Anzahl Flugbewegungen nehmen erst seit 2006 wieder zu, jedoch deutlich langsamer als in der Zeit vor dem Grounding. Zwischen 2006 und 2018 haben die Flugbewegungen wieder um +15.6% (+1.2% pro Jahr) zugenommen.

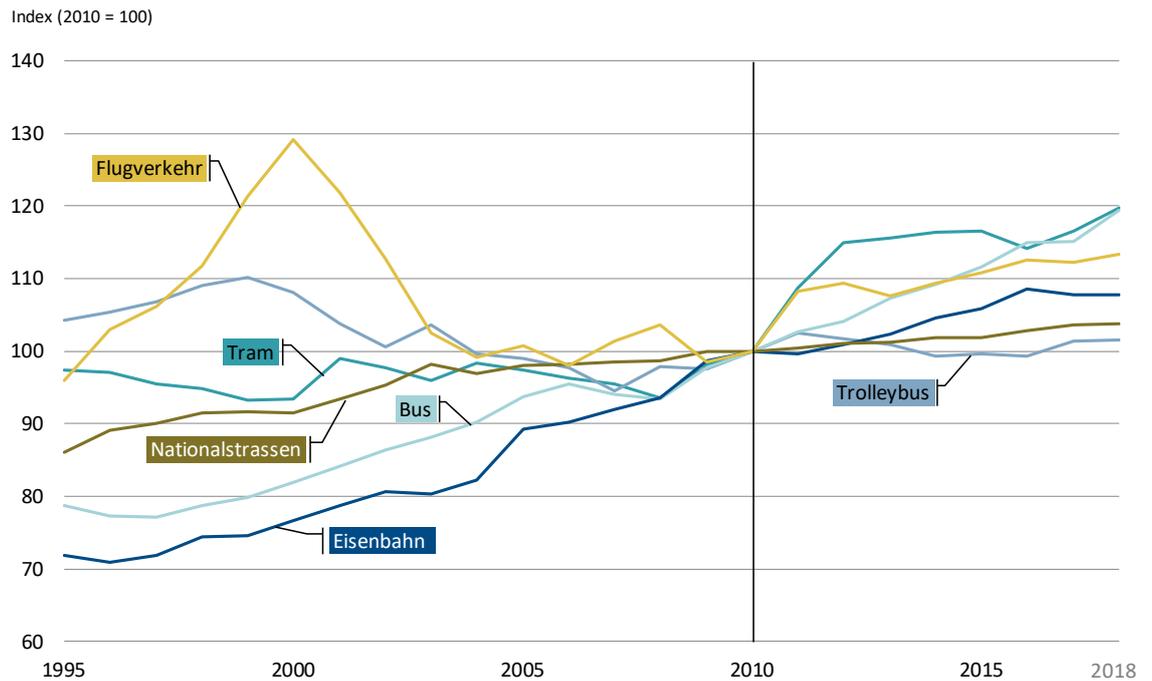


Abbildung 23: Verkehrsangebot des Personenverkehrs in der Retrospektive.

Basis: ÖV: Zugs- resp. Kurs-km; Strasse: Netzlänge Nationalstrassen (km); Flug: Anzahl Flugbewegungen; Quellen Verkehrsangebot: (BFS, 2019k, 2020e, 2020c)

Verkehrsleistung

Die Gesamtverkehrsleistung hat in den letzten 30 Jahren stark und kontinuierlich zugenommen, zeigt zwischen 2010 und 2018 jedoch eine generelle Verlangsamung auf. Während die gesamte Verkehrsleistung zwischen 2000 und 2009 um +16.7% (1.7% pro Jahr) zugenommen hat, betrug das Wachstum zwischen 2010 und 2018 +11.1%. Zum Vergleich: Im Zeitraum 2000-2009 nahm die Bevölkerung um 8% zu, von 2010-2018 um 9%. In der Vergangenheit wuchs die Verkehrsleistung also überproportional zum Bevölkerungswachstum (siehe Abbildung 25). Das höhere Verkehrswachstum der Periode 2000-2009 ist vor allem auf einen starken Wachstumsschub des MIV infolge des ersten Einbruchs des LIK MIV zwischen 2007 und 2010 zurückzuführen (siehe Kapitel 2.1). In diesem Zeitraum betrug die jährliche Steigerungsrate der Gesamtverkehrsleistung bis zu +3.1% pro Jahr. Seit 2011 liegt die Steigerungsrate mit durchschnittlich +1.4% pro Jahr etwas tiefer. Waren es aber vor 2010 neben dem MIV auch die Zuwächse bei ÖV und Fusswegen, so ist in der Entwicklung ab 2010 ein überproportionales Bedeutungswachstum des Veloverkehrs zu erkennen.

Mit fast 80% ist der weitaus grösste Teil der Verkehrsleistung auf den MIV zurückzuführen, weshalb sich der Wachstumsschub im MIV zwischen 2007 und 2010 derart deutlich auf die Entwicklung der Gesamtverkehrsleistung ausgewirkt hat. Seit 2011 hat sich das Wachstum des MIV wieder verlangsamt und ist seither mit einer jährlichen Steigerungsrate von durchschnittlich +1.5% pro Jahr konstant verlaufen. Insgesamt hat die Verkehrsleistung des MIV seit 2000 um +28.6% zugenommen.

Beim ÖV hat sich in den vergangenen 10 Jahren eine Verlangsamung des Wachstums abgezeichnet. Der Zeitraum 2000-2009 war von einer sehr starken Zunahme der ÖV-Verkehrsleistung geprägt. Allein in diesem Zeitraum hat die Verkehrsleistung um +39.5% (+3.8% pro Jahr) zugenommen. Seit 2010 hat die Verkehrsleistung nur noch um +8.2% (+1.0% pro Jahr) zugenommen. Die jährlichen Wachstumsraten des ÖV verhalten sich sehr volatil (zwischen -0.9% und +6.9% pro Jahr). Dies ist unter anderem auf die starke Abhängigkeit von

grösseren Infrastrukturprojekten zurückzuführen. Die Sprünge in der Verkehrsleistung des ÖV in den Jahren 2005 (Bahn 2000, 1. Etappe) und 2009 (Lötschberg-Basistunnel) sind in Verbindung zu setzen mit den Angebots- und Infrastrukturausbauten.

Im Vergleich zur Entwicklung des Verkehrsangebots zeigt sich, dass im schienengebundenen Fern- und Regionalverkehr der Zuwachs der Verkehrsleistung bis 2009 mit +47.2% (+4.4% pro Jahr) deutlich höher war als der Angebotszuwachs. Seit 2010 verläuft der Zuwachs der Verkehrsleistung mit +7.4% (+0.9% pro Jahr) parallel zum Angebotszuwachs. Die Gründe erscheinen vielfältig: in den Spitzenstunden werden auf ausgewählten Korridoren die Sitzplatzkapazitäten ausgeschöpft und Komforteinbussen stellen sich ein; im Zeitraum erfolgte zudem eine Spreizung des LIK zwischen MIV und ÖV, die die Nutzung des Personenwagens stützt.

Der Vergleich der Perioden 2000-2009 und 2010-2018 zeigt eine starke Veränderung bei der Entwicklung des Fuss- und Veloverkehrs auf. Während der Fussverkehr nahezu stagnierte, nahm der Veloverkehr nach einem Rückgang zwischen 2000 und 2005 hinsichtlich der zurückgelegten Personenkilometer deutlich zu. Das Velo ist von allen Verkehrsmitteln (ohne Flug) seit 2010 am stärksten und am schnellsten gewachsen. Die Personenkilometer Velo haben in dieser Periode um +19.1% (+2.2% pro Jahr) zugenommen. Die Gründe hierfür sind vielseitig. Die hohe Auslastung im ÖV und im MIV führen dazu, dass Personen vermehrt auf das Velo ausweichen. Zudem haben die Zunahme des Umwelt- und Gesundheitsbewusstseins sowie die wachsende Popularität des E-Bike in den letzten Jahren zu einer Steigerung der Attraktivität des Velos geführt. Dennoch werden weiterhin doppelt so viele Personenkilometer zu Fuss zurückgelegt als mit dem Velo.

Die Passagierzahlen im Flugverkehr haben sehr stark zugenommen. Das Aufkommen an Schweizer Flughäfen hat vor allem seit 2010 sehr stark zugelegt und die Anzahl Passagiere sind in diesem Zeitraum um +47.5% (+5.0% pro Jahr) gestiegen. Wesentliche Einflussfaktoren sind die sinkenden Preise aufgrund des hohen Preisdrucks sowie das Aufkommen von Billigfluglinien, welche für Verbindungen innerhalb von Europa eine sehr attraktive Alternative zum Schienenverkehr bieten.

Beim Vergleich der Flugverkehrsleistung mit dem Flugverkehrsangebot (Anzahl Flugbewegungen) zeigt sich eine auffällige Diskrepanz. So sind die Verkehrsleistungen (Passagierzahlen) seit dem Swissair-Grounding 2001 deutlich stärker angestiegen als die Anzahl Flugbewegungen. Dies ist auf erhöhte Flugzeugkapazitäten und Sitzplatzauslastungen zurückzuführen.

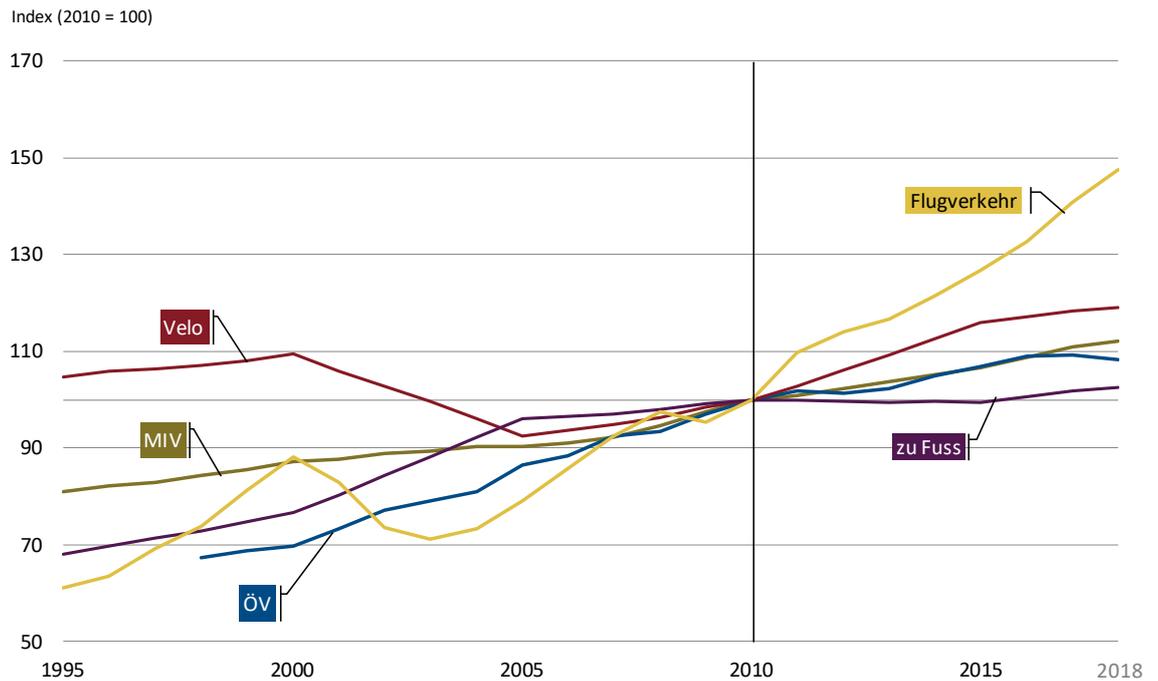


Abbildung 24: Verkehrsleistung nach Modi im Personenverkehr Basis: MIV: Personenwagen; Motor- und Motorfahräder, ohne Privatscars; ÖV: Tram, Trolleybusse, Autobusse, Eisenbahnen, Spezialbahnen; Flug: Passagierzahlen; Quellen Verkehrsleistung: (BFS, 2019h, 2019k, 2020c).

Die Gesamtverkehrsleistung hat zwischen 2000 und 2018 mit +1.6% pro Jahr stärker zugenommen als die Bevölkerung (+1.0% pro Jahr). Die durchschnittliche Jahresmobilität pro Person hat im Zeitraum zugenommen, wobei sich das Wachstum ab 2010 mit +0.6% pro Jahr im Vergleich zu 2000 bis 2009 (+0.9% pro Jahr) etwas verlangsamt hat.

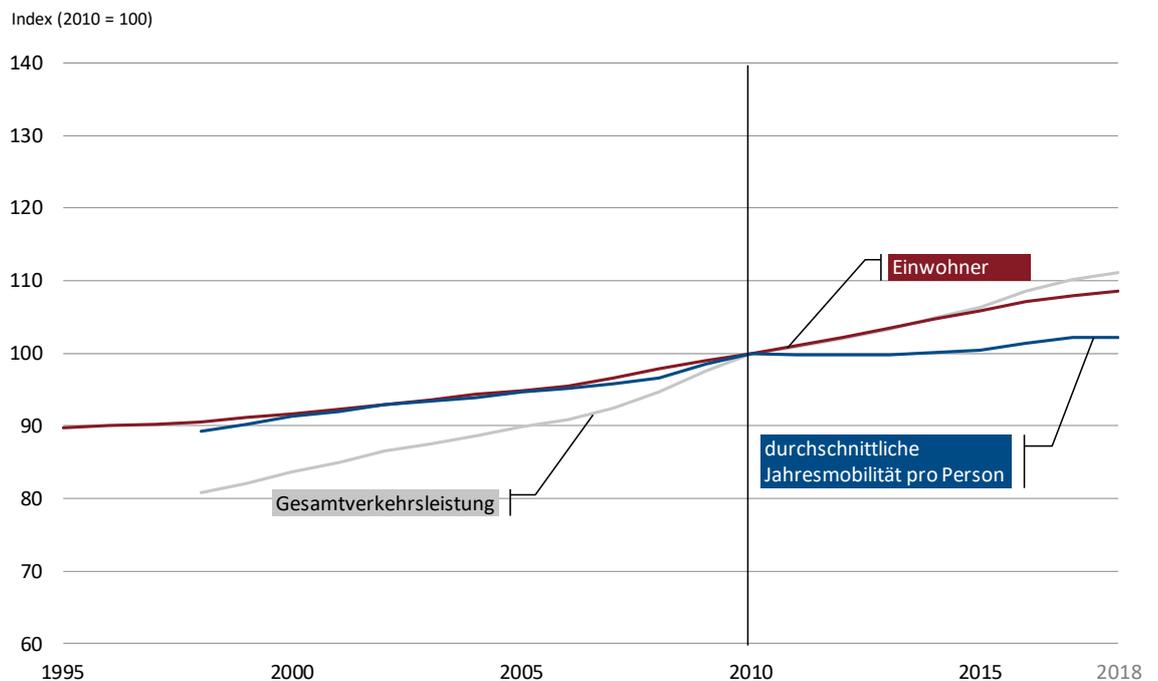


Abbildung 25: Gesamtverkehrsleistung und Bevölkerungsentwicklung Quellen: (BFS, 2019h, 2019j)

Verkehrsanteile (Modal Split)

Die oben beschriebenen Entwicklungen der einzelnen Verkehrsmittel spiegeln sich auch im Modal Split wider. Zwischen 2000 und 2009 nahm bezüglich Verkehrsleistung der Anteil des ÖV vor allem auf Kosten des MIV um 3.2 Prozentpunkte zu. Seither hat der ÖV-Anteil wieder zugunsten des MIV leicht abgenommen (-0.5 Prozentpunkte). Beim Fuss- und Veloverkehr kann eine Verschiebung zugunsten des Veloverkehrs ab 2010 beobachtet werden. Die kürzeren Reisedistanzen und höheren Aufkommensraten beim Fuss- und Veloverkehr führen zu einer ganz anderen Verteilung beim aufkommensbezogenen Modal Split. Die leistungsschwachen Verkehrsmittel des Fuss- und Veloverkehrs haben hier deutlich grössere Anteile als beim leistungsbezogenen Modal Split.

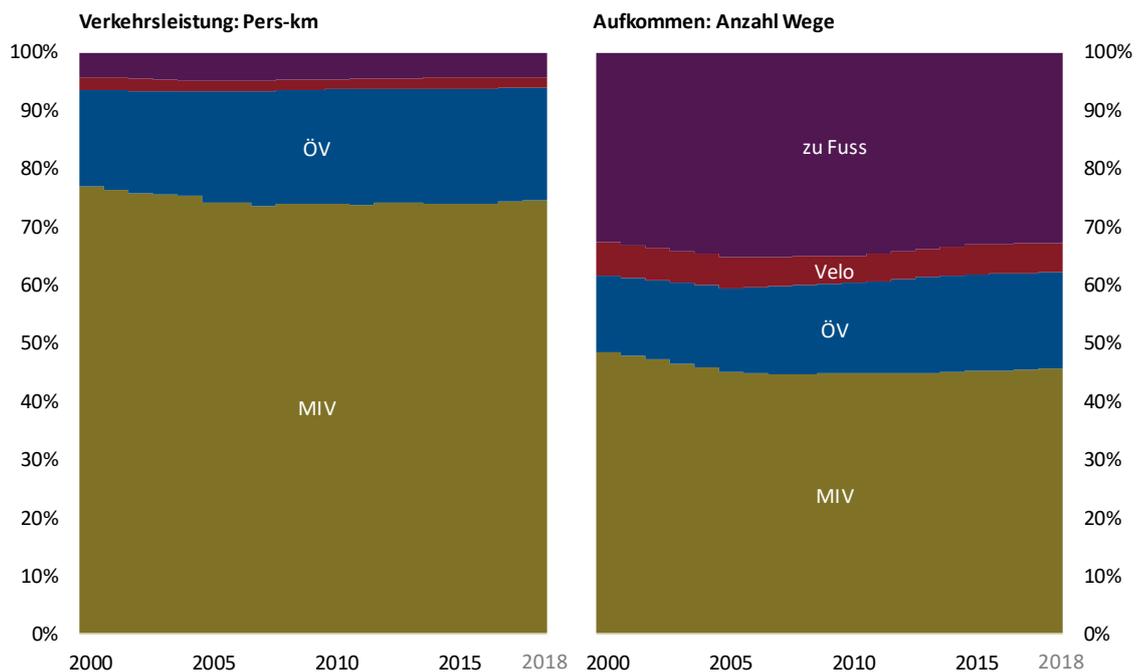


Abbildung 26: Modal Split im Personenverkehr in der Retrospektive
Quellen Verkehrsanteile: (BFS, 2019h, 2019k).

Mobilitätskennziffern

Grundlagen zur Berechnung von Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung sowie für die Verkehrsmodellierung wichtige Kennziffern sind die Anzahl zurückgelegter Wege pro Tag und die Fahrtweiten (Kilometer pro Tag). Deren retrospektive Entwicklung kann anhand des Mikrozensus Mobilität und Verkehr, welcher seit 1994 alle 5 Jahre erhoben wird, fahrtzweckspezifisch nachvollzogen werden. Die meisten Wege und die grössten Distanzen werden für Freizeitwecke zurückgelegt. Insgesamt hat die individuelle Verkehrsleistung seit 1994 zugenommen.

Bei näherer Betrachtung zeigt sich, dass die Anzahl Wege pro Tag für die einzelnen Zwecke – von kleinen Schwankungen abgesehen – relativ stabil geblieben ist. Die zurückgelegten Distanzen hingegen (Kilometer pro Tag), haben tendenziell zugenommen. Diese Entwicklung ist je nach Zweck unterschiedlich stark.

Bei den Freizeitwegen kann bezüglich der Anzahl Wege und der zurückgelegten Distanz ein gegenläufiger Trend beobachtet werden. Die Anzahl Wege pro Tag sind seit 1994 um -3.3% gesunken, während die Distanzen um +2.8% zugenommen haben. Es werden also weniger,

aber dafür längere Freizeitwege gemacht. Gründe für diese Entwicklung liegen zum einen in einem veränderten Tagesablauf und Aktivitätenprogramm sowie in einer Substitution von alltäglicher Freizeit durch Tagesreisen ins Ausland (ARE, 2013).

Die Anzahl Wege für Ausbildung und Arbeit, sowie für Einkauf sind bei unterschiedlicher Volatilität einigermaßen konstant geblieben. Die zurückgelegten Distanzen hingegen haben vor allem bei den Ausbildungs- und Arbeitswegen mit 41.6% und bei den Einkaufswegen um 19.0% deutlich zugenommen.

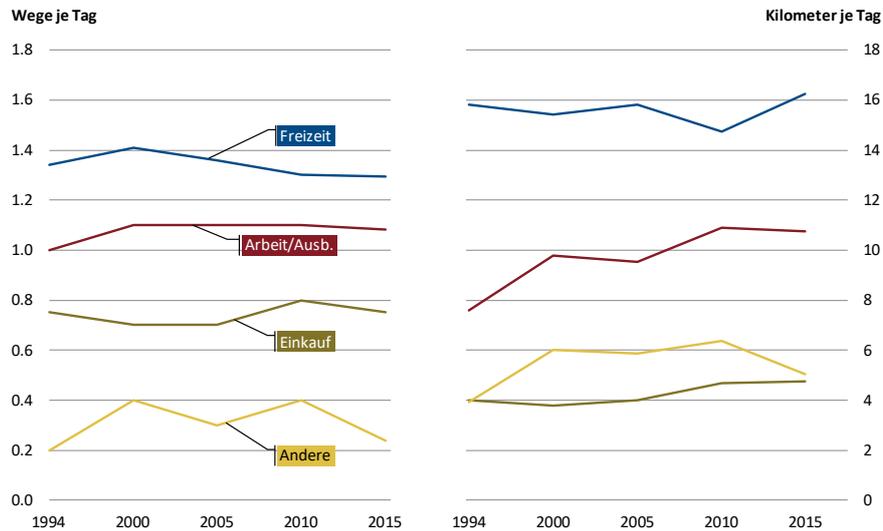


Abbildung 27: Anzahl Wege und Tagesdistanzen nach Verkehrszwecken

Quellen Mobilitätskennziffern: (BFS/ARE, 2017b) (Erhebungsjahre 1994, 2000, 2005, 2010, 2015, Zwischenjahre interpoliert).

Bei der mittleren täglichen Distanz nach Verkehrsmitteln weist der ÖV hohe Zuwächse aus. Der MIV ist seit 2000 unverändert. Beim Fuss- und Veloverkehr sind seit 2000 uneinheitliche Entwicklungen mit absolut geringen Abweichungen festzustellen.

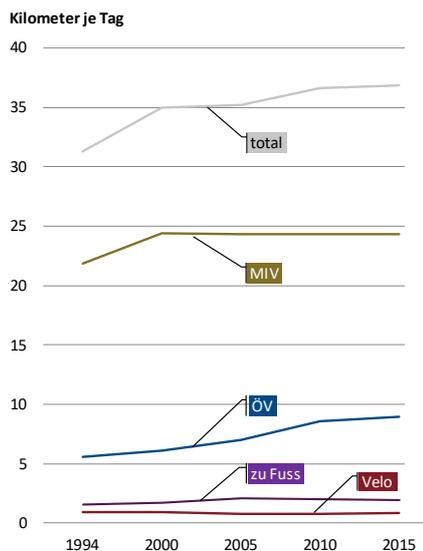


Abbildung 28: Tagesdistanzen nach Verkehrsmittel

Quellen Mobilitätskennziffern: (BFS/ARE, 2017b) (Erhebungsjahre 1994, 2000, 2005, 2010, 2015, Zwischenjahre interpoliert).

Unterschiedliches Mobilitätsverhalten nach Altersgruppen

Die voranschreitende demographische Alterung wird weiterhin zu einer massgeblichen Veränderung der Bevölkerungsstruktur in der Schweiz und somit zu einem Bedeutungswandel der einzelnen Verkehrsträger führen. Ältere Personen sind weniger oft unterwegs als Berufstätige und altersspezifische Trends (z.B. Bedeutungsverlust des Autos für jüngere Personen, Attraktivitätssteigerung des Velos für ältere Personen wegen E-Bikes) führen zu einer unterschiedlichen Entwicklung der Verkehrsmittelwahl nach Altersklasse.

Bei den unter 25-jährigen Personen hat die mit dem ÖV und zu Fuss zurückgelegte Distanz seit 2000 deutlich zugenommen. Während die Zunahme des ÖV 2010 bis 2015 stagniert ist, hält das Wachstum der zu Fuss zurückgelegten Distanz weiter an und ist sogar noch stärker gewachsen. Das Velo zeigt hinsichtlich der zurückgelegten Distanz keinen eindeutigen Trend. Der MIV ist, abgesehen von einer leichten Zunahme im Jahr 2005, über den gesamten Betrachtungszeitraum stabil geblieben.

Bei der stärker durch die Berufstätigkeit charakterisierten Altersklasse zwischen 25 und 65 Jahre hat in allen Verkehrsmitteln die zurückgelegte Distanz zugenommen. Die stärkste Zunahme ist im ÖV und im Fussverkehr zu beobachten. Die Zunahme der im MIV zurückgelegten Distanz ist verhältnismässig klein.

Auch bei der ältesten Bevölkerungsgruppe haben über alle Verkehrsmittel gesehen die täglich zurückgelegten Distanzen zugenommen. Anders als bei den anderen Altersklassen hat die mit dem Velo zurückgelegte Distanz sehr stark zugenommen. Auch der MIV, welcher bei den anderen Altersklassen stabil geblieben ist oder nur leicht zugenommen hat, hat bei den über 65-jährigen stark zugelegt.

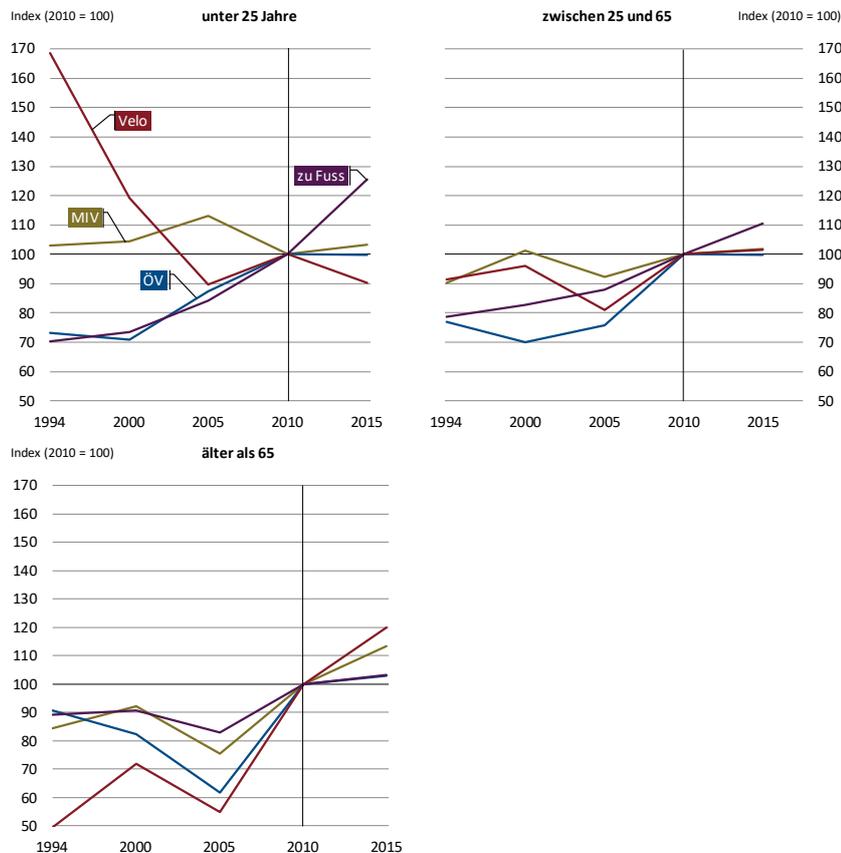


Abbildung 29: Tagesdistanzen nach Altersgruppen und Verkehrsmittel

Quellen Alterung: (BFS/ARE, 2017b) (Erhebungsjahre 1994, 2000, 2005, 2010, 2015, Zwischenjahre interpoliert).

Besetzungsgrade (PW)

Für die Auslastung des Strassennetzes ist es von grosser Bedeutung, wie sich die Anzahl Personen pro Fahrzeug verändert. Bei steigendem Besetzungsgrad wird eine geringere Anzahl Fahrzeuge benötigt, um eine identische Anzahl Personen zu befördern.

Insgesamt sind die Besetzungsgrade nach einem leichten Rückgang seit 2000 relativ konstant geblieben. Bei den Zwecken Ausbildung, Einkauf und Freizeit ist seit 2000 zwar eine leichte Tendenz zu höheren Besetzungsgraden feststellbar, die absolute Veränderung ist jedoch sehr gering. Der Arbeitsverkehr hat 2015 mit 1.10 den tiefsten und der Freizeitverkehr mit 1.57 Personen pro Fahrzeug den höchsten Besetzungsgrad.

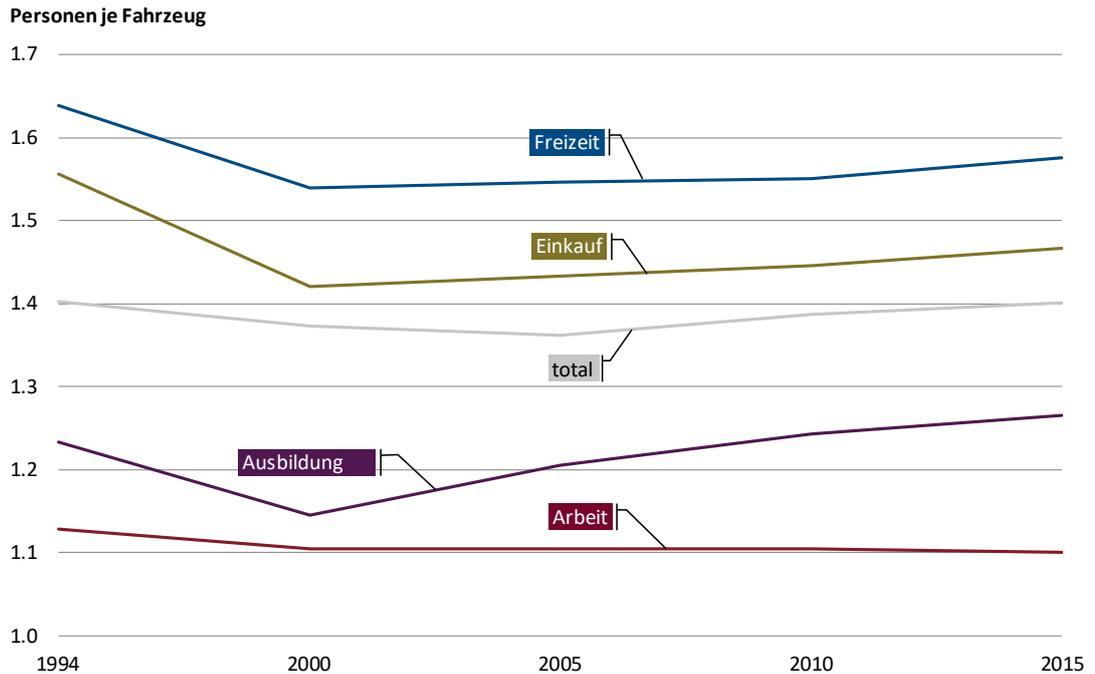


Abbildung 30: PW-Besetzungsgrade (gemittelt über die Woche) nach Verkehrszwecken

Quellen Besetzungsgrade: (BFS/ARE, 2017b) (Erhebungsjahre 1994, 2000, 2005, 2010, 2015, Zwischenjahre interpoliert).

Mobilitätswerkzeugbesitz

Der Mobilitätswerkzeugbesitz stellt eine wichtige Grundvoraussetzung für nachgelagerte Mobilitätsentscheidungen dar. Der Besitz von PW, Führerschein, Halbtax und Generalabonnement kann hierbei als Indikator genutzt werden. Die Verfügbarkeit dieser Mobilitätswerkzeuge (Mobilitätswerkzeugbesitz) hat in der Schweiz insgesamt stärker als die Bevölkerungszahl zugenommen, wobei sich die jährlichen Wachstumsraten volatil verhalten.

In absoluten Zahlen hat der PW-Bestand zwischen 2000 und 2018 von 3.5 Mio. um +29.8% (+2.9% pro Jahr) auf 4.6 Millionen zugenommen. Der Motorisierungsgrad (Anzahl PW gemessen an der Gesamtbevölkerung) lag somit im Jahr 2000 bei 0.49 und im Jahr 2018 bei 0.54 Fahrzeuge pro Person. In den Jahren 2008 und 2009 sind die Auswirkungen der Finanzkrise sichtbar. Der Motorisierungsgrad geht in diesen Jahren mit -0.6% pro Jahr leicht zurück. Seit 2010 nimmt die Verfügbarkeit wieder zu, auch wenn seither eine Verlangsamung des Wachstums im Vergleich zur Periode vor der Finanzkrise zu erkennen ist (Steigerungsrate von +0.5% pro Jahr).

Der Führerscheinbesitz hat ebenfalls seit 2000 zugenommen. Kamen im Jahr 2000 0.63 Führerscheine auf eine Person, waren es 2015 bereits 0.67. Die Entwicklung verläuft im Gleichschritt mit dem Motorisierungsgrad. Während der Motorisierungsgrad vom Fahrzeugbesitz abgeleitet wird, ist für das Mobilitätsverhalten und die Verkehrsmittelwahl die Verfügbarkeit des Fahrzeugs entscheidend. Die Verfügbarkeit ist zwar nicht zwingend vom Besitz eines Fahrzeugs abhängig (z.B. Sharing Angebote), der zunehmende Motorisierungsgrad ist dennoch ein guter Indikator für eine zunehmende Verfügbarkeit des Autos in der Bevölkerung.

Der Besitz von ÖV-Abos hat über den gesamten Zeitraum (2000-2018) betrachtet deutlich zugenommen. Im Jahr 2000 haben 195'400 Personen ein Generalabonnement (GA) besessen. Zwischen 2000 und 2018 hat diese Anzahl um +148.0% auf 484'000 zugenommen. Auch die Anzahl Personen mit einem Halbtax-Abonnement (HT) hat sich in diesem Zeitraum verdoppelt (2000: 1'240'000). Die Besitzrate hat aufgrund des Bevölkerungswachstums etwas weniger stark zugenommen und ist beim GA von 0.03 auf 0.05 (+4.2% pro Jahr respektive beim HT 0.17 auf 0.29 (+3.1% pro Jahr) angestiegen.

Anders als beim PW-Besitz zeichnet sich beim Besitz von ÖV-Abos seit 2011 eine sehr deutliche Stagnation, bis hin zu einer Abnahme der Besitzrate ab. Abgesehen von jährlichen Schwankungen sind die Steigerungsraten seit 2000 kontinuierlich gesunken, sodass sie 2015 nur noch +1.1% pro Jahr (GA) beziehungsweise -4.1% pro Jahr (HT) betragen. Diese Entwicklung geht mit der Entwicklung der Verkehrsleistung im ÖV einher.

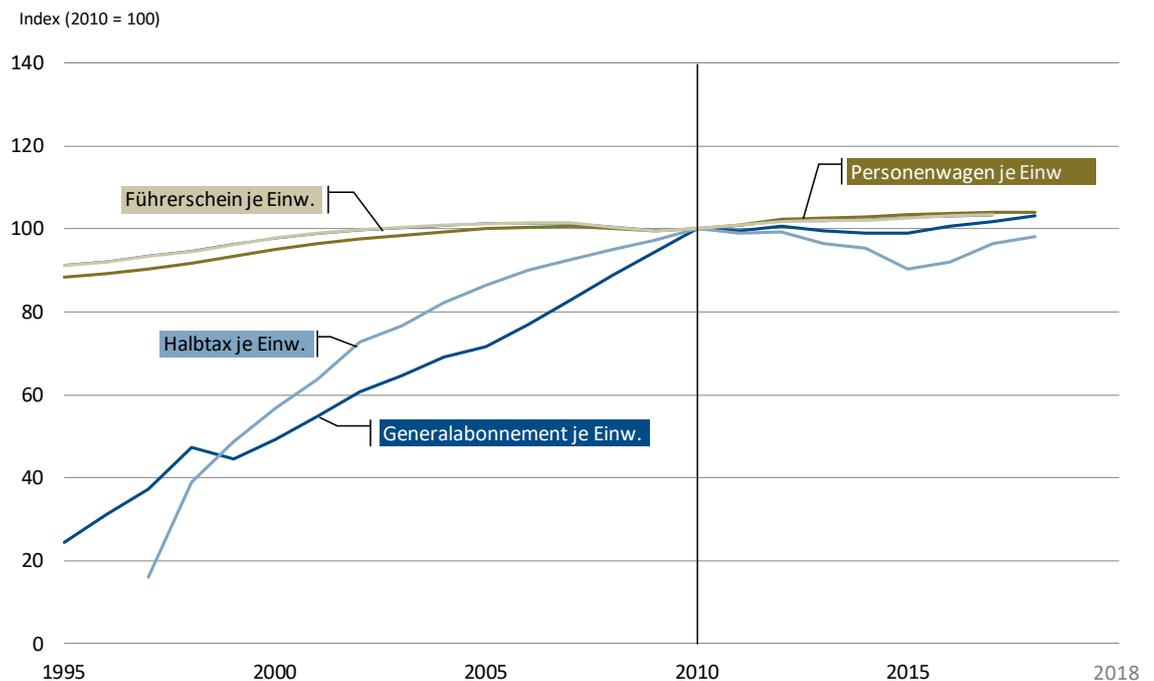


Abbildung 31: Motorisierungsgrad und Besitz von ÖV-Abonnements in der Retrospektive Basis: Personenwagen: PW ohne Kleinbusse, Privatscars, Motor- und Motorfahrräder; Führerscheinbesitz: in Gesamtbevölkerung auf Basis des MZMV berechnet.

Quellen Mobilitätswerkzeuge: (BFS/ARE, 2017b; BFS, 2019j, 2020d; SBB, 2020a).

2.5. Synthese Retrospektive Entwicklung

Das Betrachten der retrospektiven Entwicklung von Raumentwicklung sowie Güter- und Personenverkehr gibt einen Überblick über die Entwicklungstendenzen der letzten Jahre. Es ist dabei deutlich zu erkennen, dass die Intensitäten im Verkehr massgeblich zunehmen.

Die wachsenden Einwohnerzahlen und die zunehmenden wirtschaftlichen Aktivitäten (inkl. Verknüpfungen mit dem Ausland) führen zu einem stetigen Anstieg im Güter- und Personenverkehrsaufkommen. Aber auch das individuelle Verkehrsverhalten hat sich über die letzten Jahre verändert: So steigt die durchschnittliche Jahresmobilität konstant an, ist aber weniger auf sich verändernde Intensitäten von einzelnen Wegezwecken, als vielmehr auf einen stetigen Anstieg der Wegelängen sowie auf eine differenzierte Entwicklung zwischen den einzelnen Personen- und Altersgruppen zurückzuführen.

Auch in seiner modalen Zusammensetzung ändert sich der Verkehr über die letzten Jahre. Im Transit-Güterverkehr zeigt sich beispielsweise eine Reduktion des Transports auf der Strasse zugunsten des Schienentransports (vor allem UKV). Im Personenverkehr konnte der ÖV seinen Anteil an der Verkehrsleistung insgesamt steigern. Zudem ist ein Bedeutungsgewinn des Veloverkehrs als ein sich etablierender Trend zu erkennen (E-Bike, Gesundheitsbewusstsein).

Durch das Zusammentragen und Analysieren der Retrospektive wird es im Folgenden möglich, gleichlaufende oder reverse Entwicklungen in der Raumentwicklung sowie im Güter- und Personenverkehr mit Blick auf die Zukunft (Prospektive) zu identifizieren. Die aufgezeigten Daten und Informationen dienen somit als Ausgangsgrössen für die Bestimmung der Potenziale in den verschiedenen Szenarien und Jahrescheiben und stellen durch eine Fortschreibung ihrer Entwicklungen eine belastbare Prognose sicher.

2.6. Vergleich VP 2040 mit 2010-2018

2016 wurden die VP 2040 publiziert. Ein Vergleich und Verständnis der Differenzen zwischen den real beobachteten Entwicklungen und den Resultaten der damaligen Perspektivarbeiten sind eine Grundlage für die VP 2050.

Im Folgenden wird daher die retrospektive Entwicklung zwischen 2010 und 2018 mit den Resultaten der VP 2040 für ausgewählte Indikatoren verglichen. Grundlage für diesen Vergleich ist dabei das Referenzszenario der VP 2040. Es werden Modellinputdaten und Berechnungsergebnisse für die Themen Sozioökonomie, Güterverkehr und Personenverkehr betrachtet. Da in der Bearbeitung der VP 2040 kein Flächennutzungsmodell zur Verfügung stand, erfolgt keine Betrachtung von Aspekten der Raumentwicklung.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die im Vergleich betrachteten Grössen.

Tabelle 1: Betrachtete Grössen für den Vergleich VP 2040 mit Entwicklung 2010-2018

Grösse	Thema
Demografie	Sozioökonomie
Wirtschaft	Sozioökonomie
Preise und Mobilitätskosten	Sozioökonomie
Güteraufkommen	Güterverkehr
Verkehrsarten	Güterverkehr
Verkehrsleistung	Güterverkehr
Mobilitätswerkzeugbesitz	Personenverkehr
Verkehrsleistung	Personenverkehr
Aussenverkehre	Personenverkehr

In den VP 2040 wurde der Personenverkehr mit dem (alten) NPVM (Basisjahr 2010) gerechnet. Für die Prognosen wurden jeweils in 10-Jahresschritten (2020, 2030 und 2040) mit gemäss den einzelnen Szenarien neu definierten und aufbereiteten Inputdaten Berechnungen

durchgeführt. Die Quantifizierung von Aufkommen und Verkehrsleistung im Güterverkehr erfolgte mit der «Aggregierte Methode Güterverkehr» (AMG).

Da in den VP 2040 in 10-Jahresschritten gerechnet wurde (2010, 2020, 2030, 2040), handelt es sich bei den 2018er Werten der VP (Inputdaten und Modellergebnisse) jeweils um Werte abgeleitet aus der linearen Interpolation zwischen 2010 und 2020.

Sozioökonomie

Demografie

In den VP 2040 wurden die BFS-Bevölkerungsszenarien (publiziert 2015) als Grundlage für die zukünftige Bevölkerungsentwicklung verwendet. Im Referenz-Bevölkerungsszenario «Mittel» wurde dabei für den Zeitraum 2015 bis 2018 ein durchschnittliches jährliches Wachstum von +1.1% pro Jahr unterstellt.

Tatsächlich ist die Wohnbevölkerung der Schweiz in diesem Zeitraum um +0.9% pro Jahr, also leicht weniger dynamisch, gewachsen. Der Hauptgrund hierfür war die nicht mehr so dynamische Nettozuwanderung in den Jahren 2017 und 2018. Das mittlere BFS-Szenario hatte eine jährliche Nettozuwanderung von 60 Tausend Personen unterstellt. Im Jahr 2017 lag die Nettozuwanderung jedoch nur noch bei rund 45'000 Personen, im Jahr 2018 bei rund 40'000 Personen. Der Rückgang der Nettozuwanderung in den Jahren 2017 und 2018 war dabei vor allem auf eine vermehrte Abwanderung zurückzuführen. Aus dieser Abweichung lässt sich eine geringfügige Überschätzung der Gesamtaufkommen in den VP 2040 für den Zeitraum nach 2015 ableiten.

Wirtschaft

Die Grundlage für die Wirtschaftsprognosen in den VP 2040 lieferten die BIP-Prognosen des SECO. In den VP 2040 war man von einem Schweizer BIP-Wachstum von +1.5% pro Jahr bis zum Jahr 2020 ausgegangen. Damit wurde das Wirtschaftswachstum für den Zeitraum 2016 bis 2019 leicht unterschätzt. Insgesamt lag das BIP-Wachstum bei rund +1.8% pro Jahr in diesem Zeitraum (BFS, 2020f).

Die Schweizer Wirtschaft hat sich somit schneller als erwartet vom «Frankenschock» des Jahres 2015 erholt. Ein wichtiger Wachstumsmotor war die seit längerem boomende Chemie- / Pharmaindustrie, welche deutlich weniger vom Wechselkurs abhängt als andere Branchen (BAK, 2019). Auch die positive Entwicklung der globalen Konjunktur, die sich in den Jahren 2017 und 2018 deutlich beschleunigt hatte, bewirkte dieses höhere Wachstum. Dieser Aufschwung war jedoch von kurzer Dauer und 2019 war sowohl auf globaler Ebene als auch in der Schweiz eine Abschwächung der Wachstumsraten zu verzeichnen.

Preise und Mobilitätskosten

Im Referenzszenario der VP 2040 wurde eine paritätische Entwicklung und ein gleichbleibendes Kostenverhältnis MIV - ÖV angenommen. Hauptgründe für diese Annahmen waren eine erwartete zunehmende Internalisierung externer Kosten sowie die Zunahme von Infrastrukturkosten im ÖV.

Die Entwicklung ab 2010 ist jedoch sehr anders verlaufen. Seit 2011 haben die Preise für den MIV jährlich abgenommen, sodass sich die Preisschere zwischen MIV und ÖV geöffnet hat. Der LIK für den MIV hat seit 2010 um -10.8% (-1.7% pro Jahr) abgenommen, während die Preise im ÖV um über +18% (+2.2% pro Jahr) zugenommen haben. Die Preise im ÖV haben somit 2010 stärker zugenommen als in der Vorperiode.

Das in den VP 2040 hinterlegte Preisverhältnis konnte somit in den vergangenen Jahren nicht beobachtet werden. Als wichtige Stellgrösse führt die abweichende Annahme zum Preisverhältnis zu einer Überschätzung der ÖV- und einer Unterschätzung der MIV-Entwicklung.

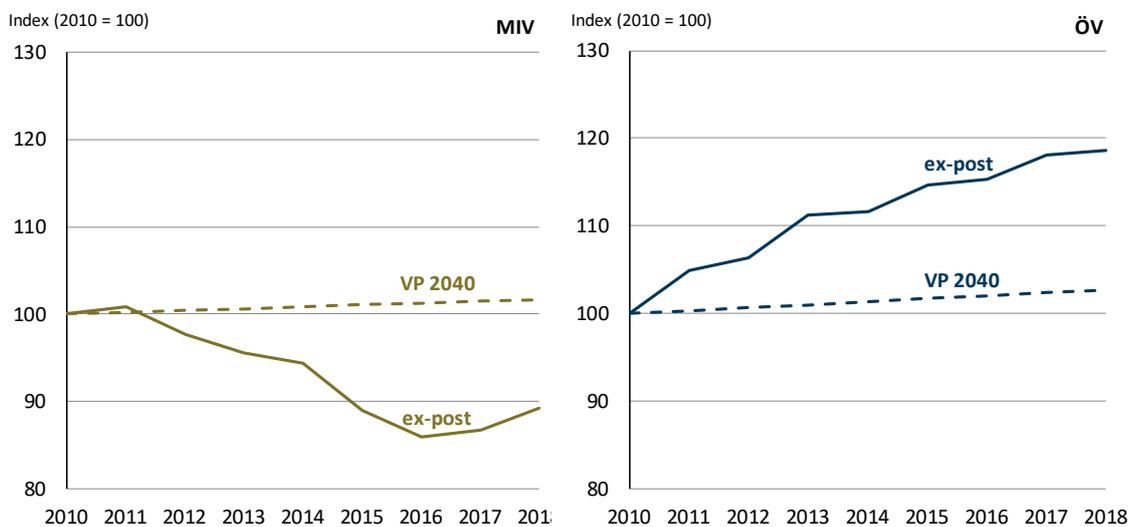


Abbildung 32: Vergleich Preisentwicklung MIV und ÖV zwischen VP 2040 und Retrospektive.

Basis: Preisentwicklung VP 2040 auf Basis km-Kosten (Referenzszenario);

Quellen Preise und Mobilitätskosten: (ARE, 2016a; BFS, 2020b).

Güterverkehr

Die Aufkommensentwicklung wurde in den VP 2040 Prognosen leicht überschätzt. Das Güterverkehrsaufkommen nach der globalen Finanzkrise (2008 / 2009) ist deutlich schwächer angestiegen als in den Perioden davor. Aus dieser Vergangenheitsdynamik (1995 bis 2008) wurde auch die Aufkommensentwicklung in den VP 2040 überschätzt. Die Aufkommensstärkste Warengruppe «Erze, Steine und Erden» wurde in den VP 2040 mit einem jährlichen Wachstum von 1.8%p.a. prognostiziert. Tatsächlich ist diese Warengruppe nur um 0.3%p.a. gewachsen. Auch für die Warengruppen «Metalle und Halbzeug» sowie «Baustoffe und Glas» wurden in den VP 2040 jeweils Wachstumsraten von rund 2% p.a. berechnet. In Wirklichkeit lagen sie zwischen 2010 und 2018 bei 0.3%p.a. beziehungsweise bei 0.6% p.a.

Diese Überschätzung der Wachstumsraten bei der Aufkommensprognose schlägt sich in den VP 2040 auch in den Verkehrsleistungsprognosen nieder. Im Zeitraum von 1995 bis 2008 (vor der globalen Finanzkrise) ist die Verkehrsleistung im Mittel um 2.6%p.a. angestiegen. Nach der Krise – seit 2009 – zeigt sich noch ein jährliches Wachstum von 0.7% p.a. (2009 bis 2018) und damit deutlich schwächer als im Zeitraum vor der Krise. Bei der Verkehrsleistung wurde erst im Jahr 2018 das Niveau von 2008 wieder erreicht, und nicht wie in den VP 2040 prognostiziert bereits im Jahr 2013.

Güteraufkommen

In den VP 2040 wurde eine Zunahme des Güteraufkommens zwischen von 2010 bis 2018 um +11.0% vorausgesagt. Effektiv hat sich das Güteraufkommen jedoch weniger stark entwickelt als angenommen, das gesamte Marktvolumen ist zwischen 2010 und 2018 nur um +4.8% gewachsen.

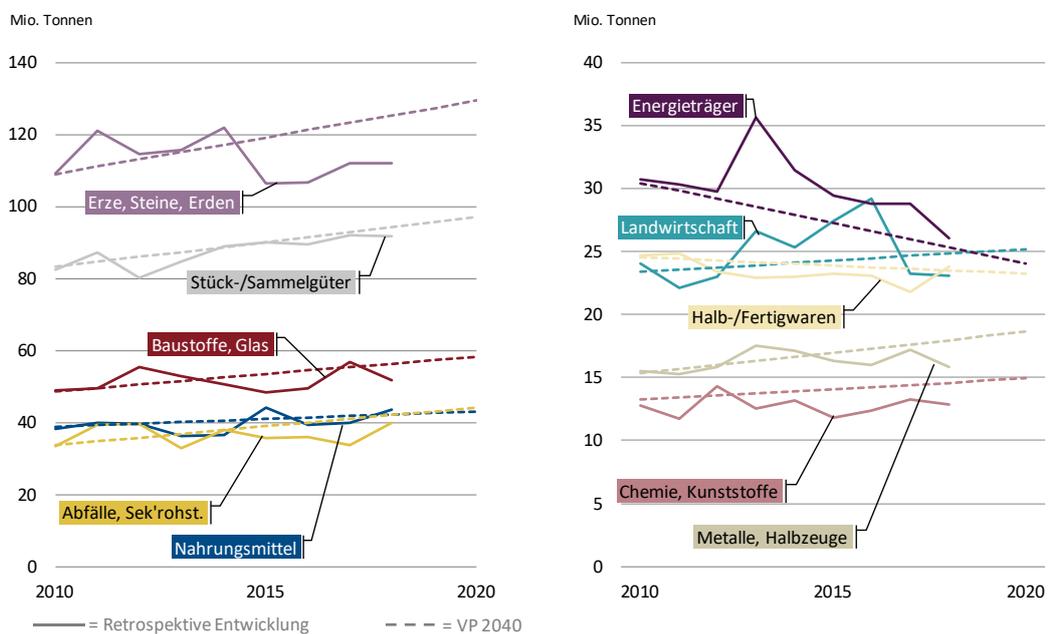


Abbildung 33: Vergleich der Güteraufkommen nach Warengruppe zwischen VP 2040 und Retrospektive Basis: Aufkommen in Tonnen; Quellen Güteraufkommen: (ARE, 2016a; BFS, 2019a, 2019h; EZV, 2020; Schweizerische Rheinhäfen, 2020)

Beim Aufkommen wurden starke Zuwächse bei den Abfällen (+2.8% p.a.), Metalle und Halbzeuge (+2.0% p.a.), Baustoffen und Glas (+1.9% p.a.) sowie bei der Warengruppe Erze, Steinen und Erden (+1.8% p.a.) erwartet. Effektiv fand bei den Abfällen mit einem Wachstum von 2.2% p.a. (2010 bis 2018) tatsächlich ein starkes Wachstum statt, bei den anderen Warengruppen wurde das Wachstum jedoch teilweise deutlich überschätzt. Eine Abnahme wurde bei den beiden Warengruppen Energieträger (-2.3% p.a.) sowie bei den Halb- und Fertigwaren (-0.5% p.a.) erwartet und diese ist auch in dieser Grössenordnung eingetroffen.

Mengenmässig die stärkste Abweichung gibt es bei der Warengruppe «Erze, Steine, Erden», welche nur um +0.3% pro Jahr zugenommen haben (Erwartung VP 2040: +1.8% p.a.). Diese Abweichung hat wesentlich zur Diskrepanz zwischen den VP 2040 und der tatsächlichen Entwicklung des Güteraufkommens beigetragen.

Verkehrsarten

Die VP 2040 zeigt aufgrund der Interpolation 2010-2020 eine ausgeglichene Entwicklung der Verkehrsarten hinsichtlich des Güterverkehrsaufkommens auf. Die tatsächliche Entwicklung ist seit 2010 höchst dynamisch und volatil ausgefallen, mit teils den VP 2040 entsprechenden, teils divergenten Tendenzen. Eindeutige Schlussfolgerungen aus dieser kurzen Betrachtungsperiode werden dadurch erschwert. In den VP 2040 wurde das geringste Wachstum hinsichtlich des Aufkommens mit +0.9% pro Jahr beim Import und das stärkste mit +1.4% pro Jahr beim Binnenverkehr erwartet. In der retrospektiven Betrachtung wurde das langsame Wachstum des Imports mit einer leichten Abnahme von -0.2% pro Jahr sogar unterschritten, während der Export in Wirklichkeit mit +2.8% pro Jahr stärker zugenommen hat als in den VP 2040 prognostiziert.

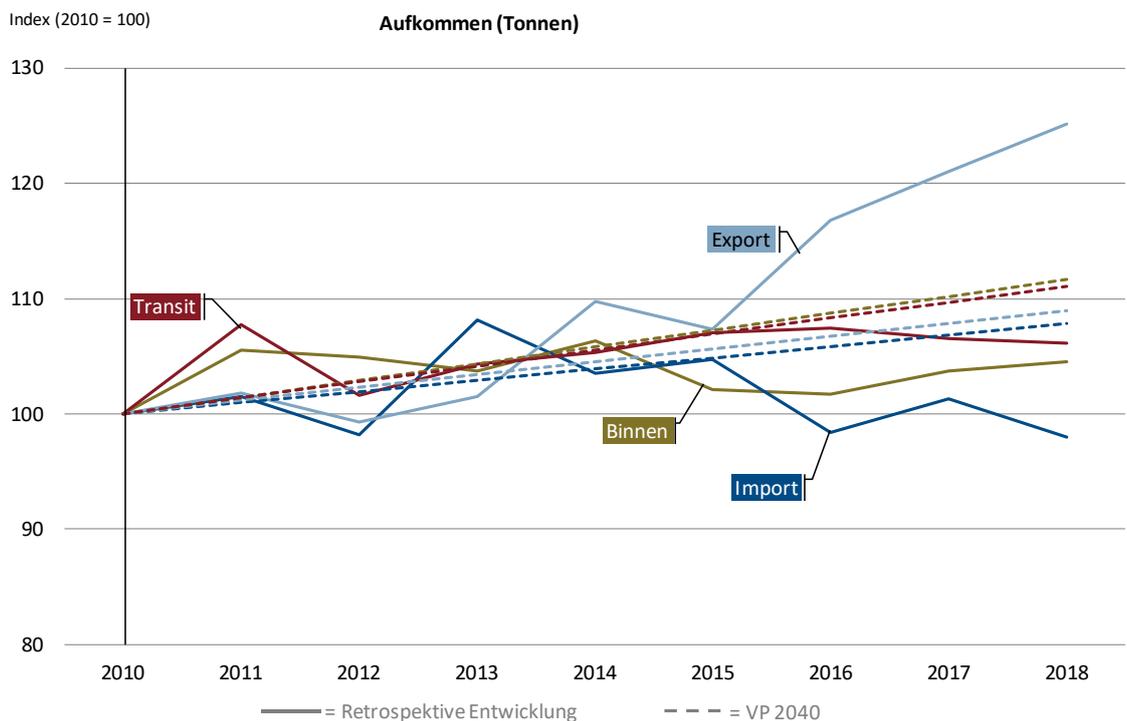


Abbildung 34: Vergleich Aufkommen nach Verkehrsarten zwischen VP 2040 und Retrospektive
Basis: VP 2040 Referenzszenario; Quellen Verkehrsarten: (ARE, 2016a; BFS, 2019e, 2019a, 2019k; EZV, 2020; Schweizerische Rheinhäfen, 2020).

Verkehrsleistung

Die Verkehrsleistungsprognosen aus den VP 2040 entsprechen der tatsächlichen Entwicklung seit 2010 und der Verteilung auf die Verkehrsträger Strasse und Schiene relativ gut (Abbildung 35). Die aktuelle Verkehrsleistung liegt sowohl im Strassen- wie auch im Schienengüterverkehr leicht unter den für 2018 interpolierten Berechnungsergebnissen der VP 2040.

Die VP 2040 ergaben für den Zeitraum zwischen 2010 und 2018 einen Anstieg der Gesamtverkehrsleistung im Güterverkehr von +9.9%. Das tatsächliche Wachstum entsprach nur +4.6%. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate fiel somit in Wirklichkeit mit +0.6% pro Jahr deutlich tiefer aus als in den VP 2040, wo sie mit +1.2% pro Jahr dem jährlichen Wachstum der Periode 2000-2009 entspricht.⁹

In den VP 2040 nimmt der Strassengüterverkehr hinsichtlich der Verkehrsleistung zwischen 2010 und 2018 bei einer jährlichen Wachstumsrate von +1.1% pro Jahr um 9.2% zu. Das tatsächliche Wachstum der Verkehrsleistung beträgt mit einer jährlichen Wachstumsrate von +0.6% und einer Gesamtzunahme von 4.9% etwa die Hälfte davon.

Die Verkehrsleistung im Schienengüterverkehr nimmt in den VP 2040 im selben Zeitraum mit einer jährlichen Wachstumsrate von +1.3% um 11.1% zu. Das tatsächliche Wachstum liegt mit +0.5% pro Jahr und einer gesamten Zunahme von +4.2% auch im Schienenverkehr deutlich unter den Ergebnissen der VP 2040.

Bei der Betrachtung der Verteilung der Verkehrsleistung auf die beiden Verkehrsträger Strasse und Schiene (Modal Split) ist die Abweichung zwischen den VP 2040 und dem tatsächlichen Verhältnis mit einer Abweichung von 0.6 Prozentpunkten klein. Die Resultate der VP 2040 stimmen diesbezüglich gut mit der tatsächlichen Entwicklung überein.

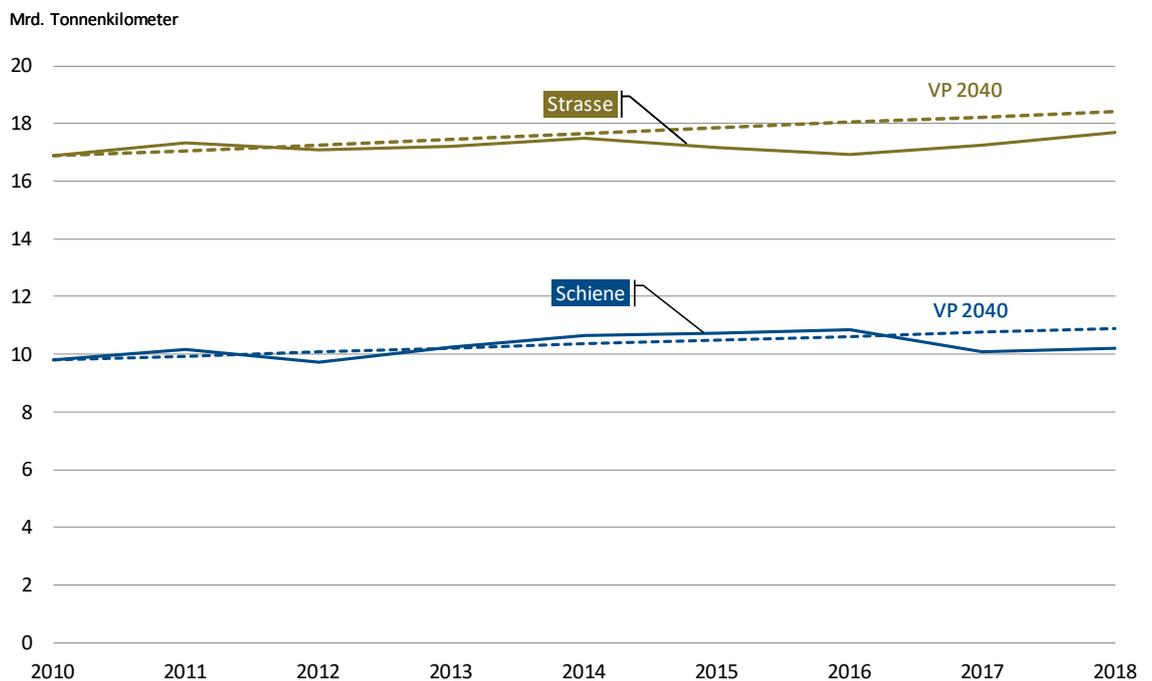


Abbildung 35: Vergleich Entwicklung Verkehrsleistung nach Verkehrsträger zwischen VP 2040 und Retrospektive Basis: VP 2040 Referenzszenario. Quellen Verkehrsleistung: (ARE, 2016a; BFS, 2019e, 2019a, 2019k; EZV, 2020; Schweizerische Rheinhäfen, 2020).

⁹ Gemessen am CAGR. Im Zeitraum 2000-2009 war das jährliche Wachstum der Verkehrsleistung 1.2% pro Jahr.

Personenverkehr

Mobilitätswerkzeugbesitz

In den VP 2040 nimmt die Verfügbarkeit aller Mobilitätswerkzeuge zu. Für die ÖV-bezogenen Mobilitätswerkzeuge (GA und HT) wurde ein prozentual stärkeres Wachstum angenommen als für die PW. Die tatsächliche Entwicklung seit 2010 zeigt ein anderes Bild. Die ÖV-bezogenen Werkzeuge haben weniger stark zugenommen als vorausgesagt, während die Besitzrate des HT seit 2010 sogar leicht gesunken ist. Der Mobilitätswerkzeugbesitz ist eine wichtige Erklärungsgrösse der Verkehrsentwicklung. Aus der Unterschätzung des PW-Besitzes sowie der Überschätzung der ÖV-Abonnemente in den VP leitet sich somit ein weiterer Grund ab, der die in den VP abweichende Prognose der Leistungsentwicklung erklärt.

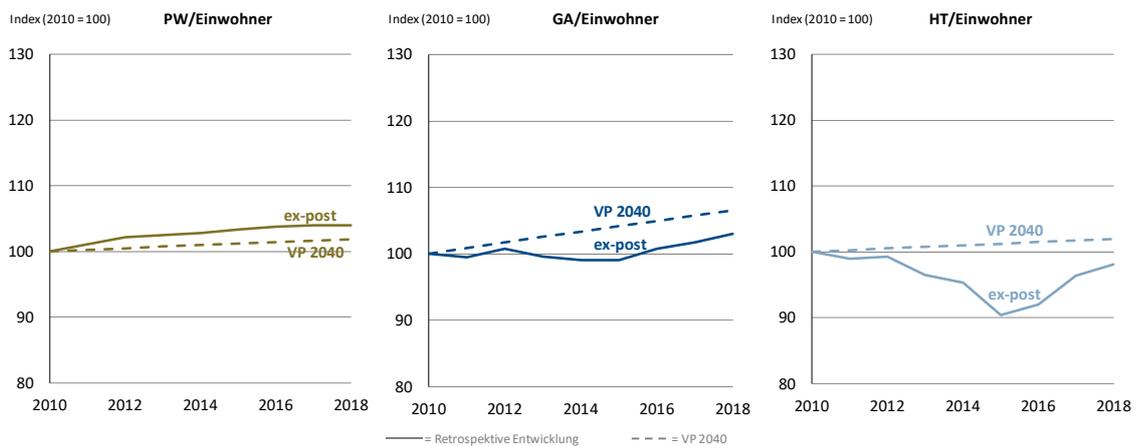


Abbildung 36: Vergleich Entwicklung Mobilitätswerkzeugbesitz zwischen VP 2040 und Retrospektive

Basis: PW: Personenwagen ohne Kleinbusse, Privatscars, Motor- und Motorfahräder; GA/HT: Besitz in der Gesamtbevölkerung auf Basis des MZMV berechnet; VP 2040 Referenzszenario.

Quellen Mobilitätswerkzeugbesitz: ARE, 2016a; BFS/ARE, 2017; BFS, 2019i, 2020d; SBB, 2020a)

Verkehrsleistung

In Summe entspricht die Entwicklung der Verkehrsleistung in den VP 2040 etwa der tatsächlichen Entwicklung zwischen 2010 und 2018, auch wenn die Gesamtverkehrsleistung etwas unterschätzt wurde. Die Gesamtverkehrsleistung im Jahr 2018 ist mit 132.7 Milliarden Personenkilometer um 6% höher ausgefallen als in den VP 2040 mit 125.2 Milliarden Personenkilometern. Teilweise unterliegen die jährlichen Leistungswerte stärkeren Schwankungen, so hat sich der ÖV hinsichtlich der Verkehrsleistung in den vergangenen 9 Jahren sehr volatil entwickelt. Es sei darauf hingewiesen, dass die hier als «tatsächliche Entwicklung» bezeichneten Leistungswerte gemäss des BFS ebenfalls Unschärfen ausweisen.

In Bezug auf die einzelnen Verkehrsmittel zeigen sich hinsichtlich der Verkehrsleistung klare Unterschiede zwischen der VP 2040 und der beobachteten Entwicklung. Die Personenkilometer im MIV wurden unterschätzt, während die des ÖV sowie Fuss- und Veloverkehrs leicht überschätzt wurden.

Die grösste Diskrepanz besteht beim MIV. Ein Grund hierfür sind auch nachträglich revidierte Leistungskennwerte des BFS, sodass sich die Abweichung zwischen VP 2040 und BFS beim MIV um 2 Milliarden Personenkilometer erhöhte (vergleiche hierzu die gepunktete Linie in Abbildung 37). Während im Referenzszenario eine jährliche Zunahme von +0.7% pro Jahr berechnet wurde, hat der MIV seit 2010 um durchschnittlich +1.4% pro Jahr zugenommen.¹⁰

¹⁰ Gemessen am CAGR.

So hat die Verkehrsleistung des MIV anstatt der in den VP 2040 berechneten Zunahme von +5.4% bis 2018, mit +12.1% deutlich stärker zugenommen. Neben der Statistikrevision liegt der Hauptgrund in der Preisentwicklung ab 2010, die für den MIV real eine Vergünstigung in der Nutzung gegenüber des ÖV bedeutete, während in den VP keine Änderung des Kostenverhältnisses unterstellt wurde.

Mrd. Personenkilometer

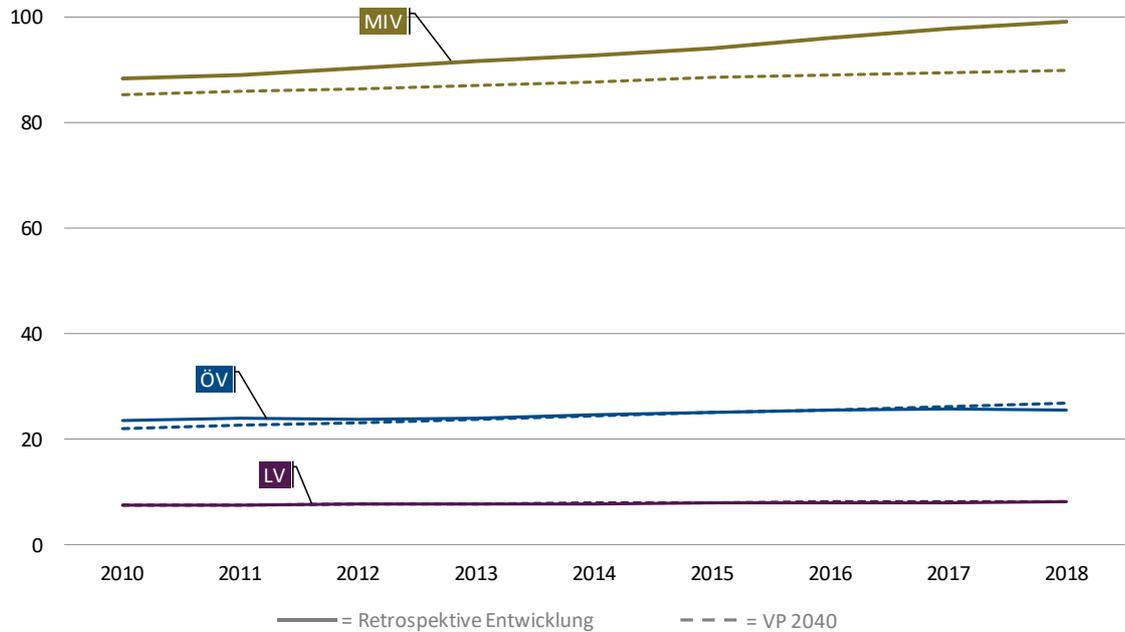


Abbildung 37: Vergleich Entwicklung Verkehrsleistung zwischen VP 2040 und Retrospektive

Basis: MIV: Personenwagen; Motor- und Motorfahräder, ohne Privatscars; ÖV: Tram, Trolleybusse, Autobusse, Eisenbahnen, Spezialbahnen; LV: Fuss- und Veloverkehr. VP 2040 Referenzszenario; Quellen Verkehrsleistung: (ARE, 2016a; BFS, 2019h, 2019k).

Die Entwicklung der tatsächlichen ÖV-Verkehrsleistung liegt mit +8.2% unter den Modellergebnissen des Referenzszenarios (2010 bis 2018 +21.1%). Der Fuss- und Veloverkehr hat anstatt +9.2% (VP 2040) um +7.1% zugenommen. Die zwischen VP 2040 und Realität abweichende Entwicklung der Verkehrsleistung zeigt auch Wirkungen auf den Modal Split: Tatsächlich nahm nach einer längeren Abnahmephase der Modal Split-Anteil des MIV ab 2010 wieder zu.

Aussenverkehre

Die Aussenverkehrsmenge wurde in den VP 2040 vor allem basierend auf den prognostizierten Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklungen berechnet. Durch die Anwendung von relations- und verkehrsmittelspezifischen Hochrechnungsfaktoren konnten die europäischen Prognosen zur Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung berücksichtigt werden. Für den Personenverkehr wurde die BIP-Entwicklung vernachlässigt, da hier vor allem die Bevölkerungsentwicklung massgeblich ist.

Ein Vergleich von prognostizierten und tatsächlichen Verkehrsmengen im Aussenverkehr lässt sich durch ein Gegenüberstellen von Modellzahlen aus den VP 2040 mit den entsprechenden Zählwerten erzielen. Aufgrund der Datenlage wurde der Vergleich für das Jahr 2015 durchgeführt. Die Modellwerte wurden aus den Jahren 2010 und 2020 interpoliert. Es wurden nur Autobahnübergänge berücksichtigt.

Die Entwicklung der Aussenverkehre wurde insgesamt unterschätzt. Die Autobahnübergänge wiesen gemäss den Zählstellen eine Gesamtbelastung von 240'000 Fahrzeugen auf. Der interpolierte Modellwert aus den VP 2040 beträgt 176'000 und liegt somit ungefähr ein Viertel tiefer als die Zählwerte. Die Abweichungen bewegen sich zwischen 20 - 78%. Die grösste Abweichung besteht in Kreuzlingen.¹¹ Relativ genaue Übereinstimmungen gibt es in Rheinfelden mit einer Abweichung von 5.7% und bei Basel Grenzbrücke mit einer Abweichung von 11.6%. Die Abweichungen sind mit Vorsicht zu interpretieren: Neben einer generellen Unterschätzung seitens der VP sind die Zählwerte mit gewissen Unschärfen der Erfassung verbunden, zudem basiert der vorgenommene Abgleich nur auf wenigen Vergleichspunkten.

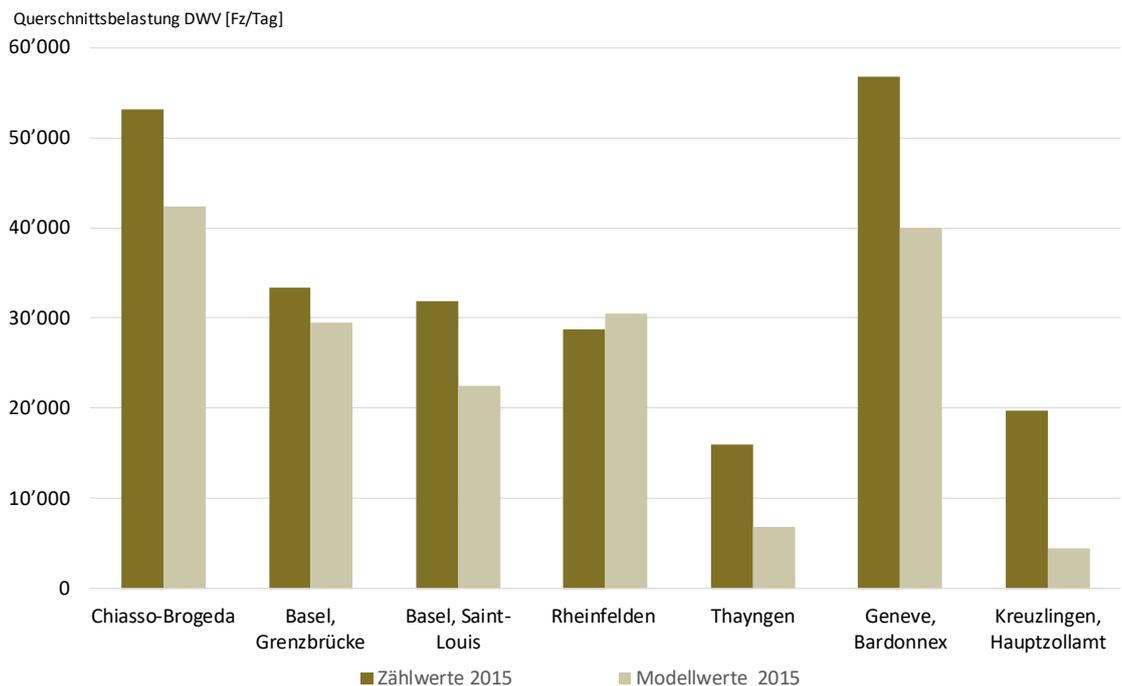


Abbildung 38: Querschnittsbelastungen an den Personenverkehr Grenzübergängen

Basis: Zählwerte DWV für das Jahr 2015, Genève Bardonnex: Zählwerte für Februar-August vorhanden. Hochrechnung wurde vom vollständigen Erhebungsjahr 2011 hergeleitet.

Chiasso Brogeda: März 2015 – Februar 2016. Modellwerte 2015 von 2010 und 2020 interpoliert.

Quellen Aussenverkehre: (ARE, 2016a; ASTRA, 2018a; BAST, 2018; SVZ BW, 2019)

¹¹ Im Modell weist der Grenzübergang auf der parallel verlaufenden Nationalstrasse eine höhere Belastung auf als der hier betrachtete Autobahnübergang.

Schlussfolgerungen

Der Vergleich zwischen den Ergebnissen der VP 2040 und der beobachteten Entwicklung für den Zeitraum 2010-2018 erlaubt es, Gründe für Abweichungen zu erkennen und verdeutlicht die Herausforderungen eines solchen Vergleichs. Vergleichsdaten (Erhebungen, Zählungen, Statistiken) sind nicht immer in aller Detailtiefe vorhanden und mit Unschärfen verbunden. Kategorien und Segmente der Modelle passen nicht genau zu den Differenzierungen beobachteter Daten. Die per Interpolation aus den nur für Zeitscheiben vorliegenden Modelldaten der VP 2040 passen per se nicht zu realen, teils sehr volatilen Entwicklungen. Gleichwohl erlaubt der vorgenommene Abgleich für den Zeitraum 2010-2018 die Ableitung zentraler Erkenntnisse:

- Die VP 2040 überschätzt minim die Bevölkerungsentwicklung und unterschätzt minim die Wirtschaftsentwicklung.
- Real wurde im Zeitraum die Nutzung des PW günstiger, die Nutzung des ÖV teurer. Die VP 2040 gingen hier von einer paritätischen Kostenentwicklung aus.
- In Analogie dazu unterschätzten die VP 2040 die Entwicklung des PW-Besitzes und überschätzten die Entwicklung des ÖV-Abonnementsbesitzes.
- Die Entwicklung des Aussenverkehrs war real dynamischer, als in den VP 2040 angenommen (wobei sich der Befund hier auf die Auswertung weniger Autobahnzählstellen stützt).
- Die Entwicklung von Aufkommen und Leistung im Güterverkehr wurde in den VP 2040 überschätzt. Dabei wurden spezifische Entwicklungen von Warengruppen miteinander sehr präzise antizipiert, teilweise aber auch deutlich überschätzt.
- Die Annahme stärker steigender Transportkosten im Strassengüterverkehr in den VP 2040 konnte nicht beobachtet werden. Höhere Kosten als angenommen zeigten sich im Schienengüterverkehr.

Die genannten Punkte begründen massgeblich, die zwischen 2010 und 2018 festgestellten Abweichungen zwischen VP 2040 und beobachteter Entwicklung. Für die VP 2050 leiten sich daraus Anforderungen an die Modelle ab sowie die diesen zu Grunde gelegten Annahmen. Im Personenverkehr werden durch die Neuerstellung des NPVM und des aktuelleren Basisjahrs (2017) diese Aspekte adressiert: Die sehr dynamische Entwicklung des Strassenverkehrs nach 2010 ist durch die Kalibration des NPVM auf Verkehrsdaten 2017 berücksichtigt. Die VP 2050 setzen somit auf einem höheren – und beobachteten – Niveau im Strassenverkehr auf. Über den höheren Detailgrad des NPVM ergibt sich die Möglichkeit bzw. die Notwendigkeit, die Annahmen zu z.B. der Entwicklung der Mobilitätskosten differenzierter zu setzen und zu begründen. Dies schliesst nicht aus, dass weiterhin Annahmen mit Blick auf ein verkehrspolitisches Ziel gesetzt werden, zwingt aber zu einer differenzierten Auseinandersetzung mit den die Mobilitätskosten beeinflussenden Faktoren. Im Güterverkehr ändern die Modellstrukturen der AMG nur wenig gegenüber den VP 2040, das Modell profitiert jedoch deutlich von der längeren Retrospektivreihe an Verkehrsdaten, welche den Ausgangspunkt für die Prognosen bilden. Die Ergebnisse der VP 2050 sehen folglich auch eine gegenüber den VP 2040 weniger dynamische Entwicklung für die Zukunft.

Letztlich können methodische und datenbedingte Verbesserungen der Modelle nicht aufheben, dass das Setzen der Annahmen in den Szenarien für die Ergebnisse entscheidend bleibt. Mit den VP 2050 wird versucht dem Rechnung zu tragen, indem Annahmen detailliert und transparent dargelegt sind. Es muss nachvollziehbar sein, wenn zur Vergangenheitsentwicklung abweichende Annahmen für die Zukunft, die Ergebnisse massgeblich beeinflussen. Verkehrspolitisch ambitionierte Szenarien, wie sie auch Teil der VP 2050 sind, verpflichten die Politik die hinterlegten Annahmen durch Programme und Massnahmen zu stützen. Erfolgt dies nicht oder in nur reduziertem Umfang, sind Abweichungen zwischen prognostizierten und effektiv eingetretenen Entwicklungen unvermeidbar.

2.7. Umgang mit Covid-19

Seit Anfang 2020 wirken die mit der Covid-19-Pandemie verbundenen Massnahmen und Verhaltensreaktionen auch stark im Mobilitätssektor. Die Erarbeitung der VP 2050 fand angesichts dessen in einer speziellen Zeit statt. In den VP wird die langfristige Entwicklung der Mobilität bis 2050 analysiert. Eine genaue Quantifizierung der besonderen verkehrlichen Situation in 2020 ist nicht möglich und angesichts der Langfristorientierung des Projekts nicht sinnvoll.

Neben der Unbekanntheit über die sich einstellenden «bleibenden Effekte», lässt sich das vollständige Mass an Beeinflussungen von Verhalten und Mobilität noch nicht abschliessend empirisch belegen, da zur Zeit der Bearbeitung die Pandemie und somit die Beeinflussungen nicht abgeschlossen sind. So ist zum Beispiel aktuell unklar, inwiefern die mit COVID verbundenen Massnahmen im ÖV (Maskenpflicht, Sicherheitsgefühl) langfristig die Nutzung des ÖV beeinflussen. Für die VP wird davon ausgegangen, dass diesbezüglich keine dauerhaften Effekte im Sinne einer reduzierten ÖV-Nutzung wirken.

In den VP wird das Jahr 2020, als erstes Stützjahr auf dem «Weg» hin zu 2050, somit de facto ohne COVID-Einfluss abgebildet. Dazu wurde z.B. auch die BIP-Entwicklung gemäss KPMG/Ecoplan, 2020 zwischen 2017 und 2028 interpoliert, um auch seitens Wirtschaft quasi COVID-bereinigte Zeitscheiben für 2020 und 2025 abbilden zu können. Dem liegt zudem die Annahme zu Grunde, dass sich bis zum nächsten Stützzeitpunkt 2025 die Mobilitätskennzahlen (Wege pro Tag, Modalsplit, zurückgelegte Distanzen) wieder auf einem unter «normalen» Rahmenbedingungen zu erwartendem Niveau befinden. Das Jahr 2020 wurde somit zwar modelliert, wird in den Ergebnissen aber nicht dargestellt.

Einfluss nehmen die Auswirkungen der Pandemie auf die Setzung ausgewählter Annahmen, insbesondere hinsichtlich einer vermehrten Nutzung von Homeoffice oder dem Einsatz von Videokonferenzen (als Ersatz physischer Meetings) sowie einer dynamischen Entwicklung des Online-Handels.

3. Prospektive Entwicklung

Aufbauend auf der in Kapitel 2 dargestellten retrospektiven Entwicklung lassen sich Aussagen für die zukünftige Entwicklung ableiten. Dabei werden die Entwicklungen bezüglich Sozioökonomie, Raumentwicklung, Güterverkehr und Personenverkehr differenziert betrachtet und jeweils nach «**Etablierte Trends**» und «**Neue Trends**» unterteilt.

Bei den etablierten Trends liegt der Fokus auf bereits in der Vergangenheit beobachteten Entwicklungen, die oft empirisch erfasst sind und bereits in der Retrospektive eingeführt wurden. Als Quelle hierfür liegt eine Vielzahl an prognostischen Studien und Forschungsarbeiten vor, welche eine Fortschreibung der etablierten Trends und Entwicklungen thematisieren.

Unter «Neuen Trends» (synonym wird im Folgenden auch von «neuer Mobilität» gesprochen) werden Verhaltensweisen, Technologien und Marktmechanismen subsummiert, welche durch die Digitalisierung, Automatisierung und gesellschaftlichen Veränderungen auf die künftige Mobilität wirken. Die Basistechnologien dazu stellen häufig das Internet und die mobile Verfügbarkeit von Daten dar. In der Unterhaltungsbranche ist dies beispielsweise schon Gegenwart, namentlich in der Musik-, Film- und Print-Welt, wo der Konsum vom Kauf von Hardware und Trägermedien durch den Kauf von Inhalten über Streaming-Dienste abgelöst wurde (ASTRA, 2020a).

Als Schlüsseltechnologien (Main Technologies) dieser neuen Mobilität gelten automatisierte Strassenfahrzeuge, automatisierte Luftfahrzeuge, neuartige Verkehrssysteme und -infrastrukturen, nachhaltige Antriebstechnologien, Augmented und Virtual Reality sowie 3D-Druck (ASTRA, 2020b). Diese basieren auf den Basistechnologien (Enabling Technologies) künstliche Intelligenz, Vernetzung, Blockchain, Robotik, Batterie-Technologien sowie revolutionären User-Devices. Voraussetzung für viele der genannten Schlüsseltechnologien ist eine zukunftsgerichtete Telekommunikationsinfrastruktur über flächendeckende Mobilfunktechnologien (5G und höher), drahtgebundene Hochbreitbandnetze und die Möglichkeit neue Mobilfunkstandards implementieren zu können.

Die prospektiven Entwicklungen der neuen Mobilität unterscheiden sich von denjenigen der etablierten Trends dadurch, dass sie keine retrospektiven Entwicklungen als Referenz für eine Abschätzung der zukünftigen Entwicklungen bieten. Die Entwicklungen stehen erst am Anfang. Teilweise konnten sie als Nischenanwendung für sogenannte Early Adopters (Frühwender) bereits eine bescheidene Marktverbreitung erreichen, oft sind aber erst Pilotprojekte oder Prototypen vorhanden.

In diesem Sinn bauen die Aussagen zu prospektiven Entwicklungen der neuen Mobilität mehrheitlich auf Angaben aus Studien, Forschungsarbeiten und damit verbundenen Potenzialabschätzungen auf. In diesen sind Trends und Entwicklungen meist grob und unscharf skizziert. Die prospektiven Entwicklungen der neuen Mobilität können deshalb nicht auf Basis von fundierten Datensätzen repräsentiert werden.

Bei der Szenarienbildung fließen sowohl die prospektiven Entwicklungen der etablierten Trends wie auch diejenigen der neuen Trends ein.

3.1. Sozioökonomie

Etablierte Trends

Unter den etablierten Trends in der Sozioökonomie finden sich das Bevölkerungswachstum, die Verringerung der durchschnittlichen Haushaltsgrössen sowie die Entwicklung von Wirtschaft und Arbeitsplätzen.

Bevölkerungsentwicklung

Die vom BFS 2020 aktualisierten Bevölkerungsszenarien zeigen allesamt eine weitere Zunahme der Bevölkerung der Schweiz. Im Referenzszenario nimmt die Bevölkerung der Schweiz von 8.7 Millionen im Jahr 2020 auf 10.4 Millionen im Jahr 2050 zu. Die 10-Millionengrenze wird im Jahr 2040 überschritten. Eine zunehmende Anzahl Sterbefälle der alternden Bevölkerung, eine leichte Zunahme der Geburtenziffer sowie eine Abnahme des Wanderungssaldos führen dazu, dass sich das Bevölkerungswachstum ab ca. 2030 bis 2050 zunehmend verlangsamt. Während das Wachstum zwischen 2020 und 2030 durchschnittlich +0.8% pro Jahr beträgt, sinkt es in den folgenden zwei Jahrzehnten auf +0.6% pro Jahr respektive +0.4% pro Jahr (BFS, 2020a).

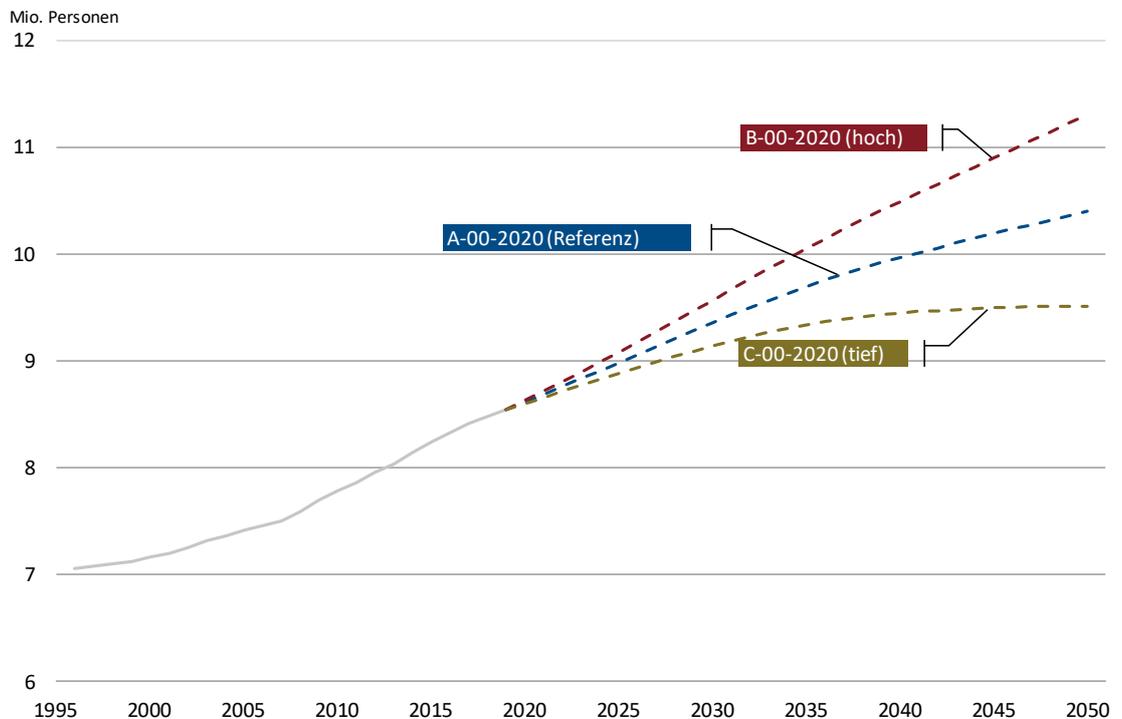


Abbildung 39: Bevölkerungsentwicklung nach Szenarien bis 2050

Quelle: (BFS, 2019j, 2020a)

Im Szenario hoch (B-00-2020) führen eine weiterhin sehr gute Wirtschaftslage, gekoppelt mit ggü. dem Szenario Referenz deutlich zunehmenden Migrationsströmen, einer erhöhten Geburtenziffer sowie einer Abnahme von gesundheitsschädigenden Verhaltensweisen zu einem deutlich stärkeren Bevölkerungswachstum. Dieses Szenario geht von einer Zunahme zwischen 2020-2050 um durchschnittlich +0.9% pro Jahr aus. Die Bevölkerung beträgt somit im Jahr 2050 11.3 Millionen. Im Szenario tief (C-00-2020) ist das Wirtschaftswachstum tiefer als in den anderen Szenarien. Längerfristig geht der Wanderungssaldo aufgrund des schwachen Wachstums zurück und die Geburtenziffer nimmt leicht ab. Die Bevölkerung nimmt hier zwischen 2020-2050 um durchschnittlich +0.3% pro Jahr zu und beträgt im Jahr 2050 9.5 Millionen (BFS, 2020a).

Die demografische Alterung setzt sich in allen drei Szenarien fort. Im Referenzszenario steigt der Anteil der über 65-jährigen Personen von 18.9% im Jahr 2020 auf 25.6% im Jahr 2050. Im Szenario tief (C-00-2020) beträgt ihr Anteil 26.4% und im hohen Szenario (B-00-2020) 24.9%. Die Alterung ist aufgrund der Babyboomer Generation, welche das Pensionsalter erreicht zwischen 2020 und 2030 besonders stark ausgeprägt. Der Anteil der Kinder und Jugendlichen unter 20 Jahren, sowie der Anteil der 20-64-jährigen nehmen bis 2050 im Gegensatz zur älteren Generation ab (BFS, 2020a).

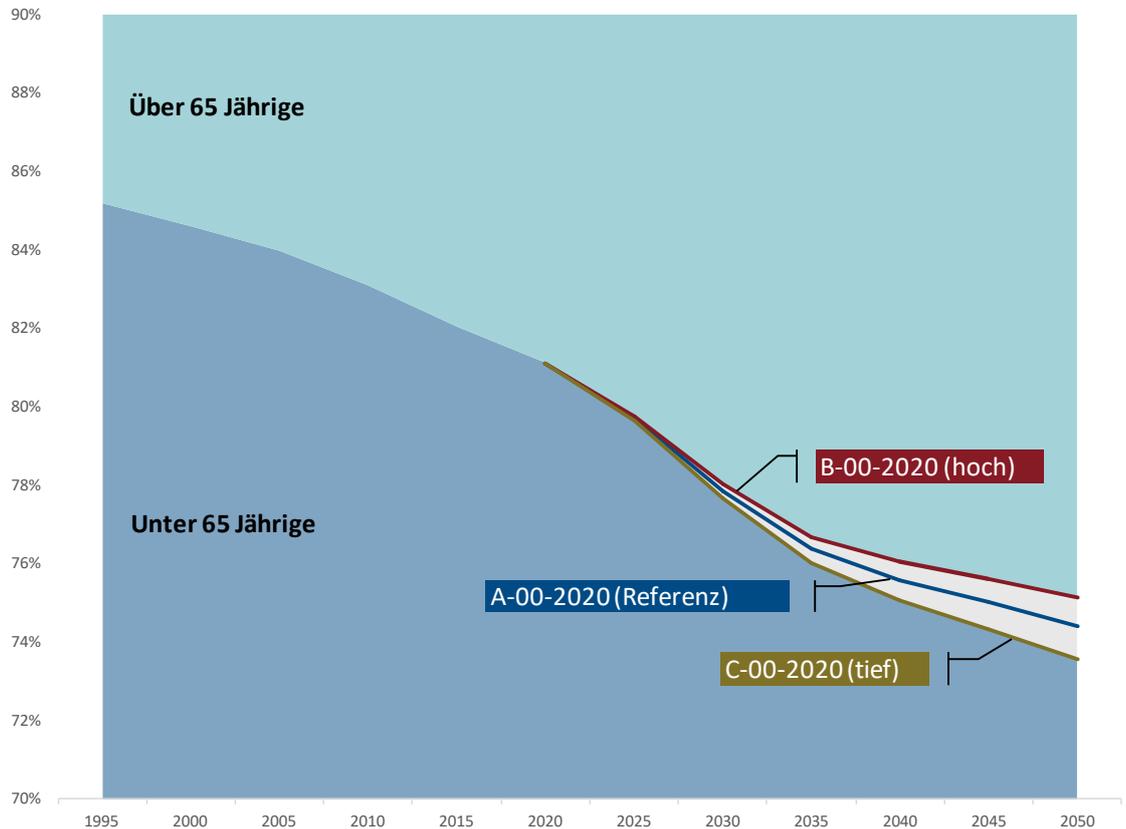


Abbildung 40: Entwicklung der Bevölkerungsanteile über und unter 65 Jahren bis 2050
Quelle: (BFS, 2019j, 2020a)

Im für die VP relevanten Referenzszenario bleibt der Erwerbsquotient, also der Anteil der Erwerbspersonen an der Bevölkerung der der 15-64-jährigen, beinahe unverändert gegenüber 2020. Die Erwerbsbevölkerung steigt aufgrund des Bevölkerungswachstums sowohl bei Frauen wie auch bei Männern weiter an. Hinsichtlich der Erwerbsbevölkerung zeigen sich jedoch unterschiedliche Entwicklungen bei Frauen und Männern. Aufgrund der Tendenz zu höheren Beschäftigungsgraden bei Frauen und der vermehrten Teilzeitarbeit bei Männern, steigt die Erwerbsbevölkerung (gemessen in Vollzeitäquivalenten) bei Frauen mit +17.1% deutlich stärker an als bei Männern (+7.0%) (BFS, 2020a).

Die Bevölkerung wird sich gemäss Referenzszenario mit einem Wachstum von über 25% bis 2050 vor allem in den Einzugsgebieten von Zürich und Genf konzentrieren. Generell wird bei allen Kantonen ausser Graubünden und Tessin eine Zunahme der Bevölkerung erwartet (BFS, 2020a).

Verringerung der durchschnittlichen Haushaltsgrösse

Im Verlauf der letzten 40 Jahre ist die durchschnittliche Haushaltsgrösse in der Schweiz kleiner geworden. Dieser Trend hat sich in den letzten 5 Jahren fortgesetzt und die durchschnittliche Haushaltsgrösse ist von 2.25 (2013) auf 2.23 Personen (2018) gesunken (BFS, 2019j).

Für den bereits länger anhaltenden Trends gibt es verschiedene Gründe. Insbesondere ist dies auf sich verändernde Lebensstile wie z. B. spätere Eheschliessungen und Geburt der Kinder, die gleichgeschlechtliche Ehe, Fernbeziehungen oder auf bewusst gewollte kinderlose Ehen zurückzuführen (Schneider, 2012). Die Anzahl 1-Personen Haushalte hat sich seit 1970 mehr als verdoppelt (BFS, 2017). Das Referenzszenario der Haushaltsszenarien schreibt die Entwicklung zu verkleinerten Haushaltsgrössen fort.¹² 2050 wird von einer durchschnittlichen Haushaltsgrösse von 2.15 ausgegangen (BFS, 2021a). Für die VP spielt die Entwicklung der Haushaltsgrössen indirekt eine Rolle: Im FLNM werden Standortentscheide simuliert, um die zukünftige Verteilung der Bevölkerung im Raum zu ermitteln. Bei diesen Entscheiden spielt die Haushaltsgrösse eine Rolle. In der Anwendung der Verkehrsmodelle spielt die Haushaltsgrösse dann keine direkte Rolle mehr, sondern die Anzahl Personen und deren Eigenschaften (Alter, Mobilitätswerkzeugbesitz, etc.).

Wirtschaft und Arbeitsplätze

Die zukünftige Entwicklung von Wirtschaft und Arbeitsplätzen stützt sich auf die Ergebnisse der Branchenszenarien 2017-2060 (KPMG/Ecoplan, 2020), die im Auftrag von ARE, BFE und SECO in 2020 aktualisiert wurden. In den Arbeiten werden modellbasiert Szenarien quantifiziert. Das dazu eingesetzte, regionalisierte Gleichgewichtsmodell nutzt Daten als Inputs, welche die Wirtschaftsstruktur (die Input-Output-Tabellen des BFS) und künftige makroökonomische Entwicklungen beschreiben (Szenarien zur BIP-Entwicklung des SECO). Die Ergebnisse umfassen Angaben zur Beschäftigung, zur Wertschöpfung und zum Produktionsvolumen für 46 Branchen, und zwar für jedes Jahr im Zeitraum 2017 bis 2060 sowie aufgeschlüsselt nach 101 Arbeitsmarktregionen und Kantonen.

Abbildung 41 zeigt die Entwicklung der Beschäftigung nach 21 Branchen zwischen 2017 und 2060. Der Übergang zu einer postindustriellen Wirtschaft ist eindeutig festzustellen, da die Dienstleistungssektoren wachsen, während der primäre und sekundäre Sektor Arbeitsplätze verliert.

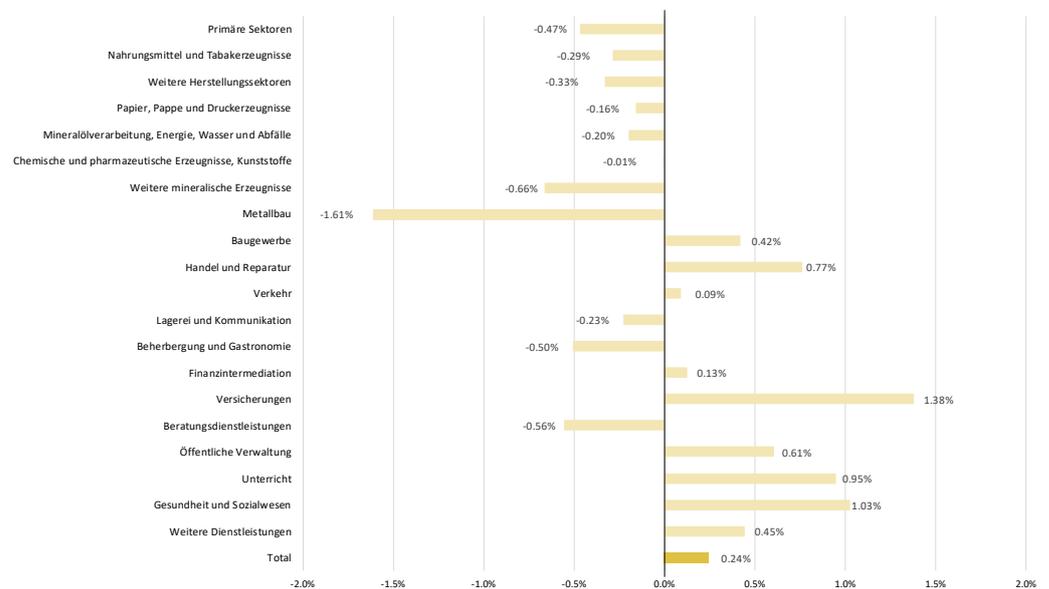


Abbildung 41: Entwicklungsrate der Beschäftigung in Vollzeitäquivalenten zwischen 2017-2050 nach 21 Branchen; Referenzszenario, Quelle: KPMG/Ecoplan, 2020.

¹² Während das Referenzszenario und das Szenario tief von einer Abnahme der Haushaltsgrössen ausgehen, geht das Szenario hoch von einer leichten Zunahme aus.

Ergänzend zum Referenzszenario wurden drei weitere Szenarien ausgearbeitet. Im Szenario «Ecolo» wird ein stärkeres Umweltbewusstsein in allen Bereichen der Wirtschaft und der Gesellschaft zunehmend berücksichtigt. Im Szenario «Techno» entwickeln sich die Digitalisierung und die Automatisierung in den Unternehmen und in der Gesellschaft rascher zum Standard. Das Szenario «Combo» ist eine Kombination von Ecolo und Techno. Die Wirtschaft, gemessen in realem BIP in Mrd. CHF, entwickelt sich daher unterschiedlich zwischen den Szenarien, wie in Abbildung 42 dargestellt. Während das Referenzszenario ein reales BIP-Wachstum zwischen 2017 und 2060 von +77% vorsieht, fällt das BIP-Wachstum im Szenario Ecolo etwas geringer aus.

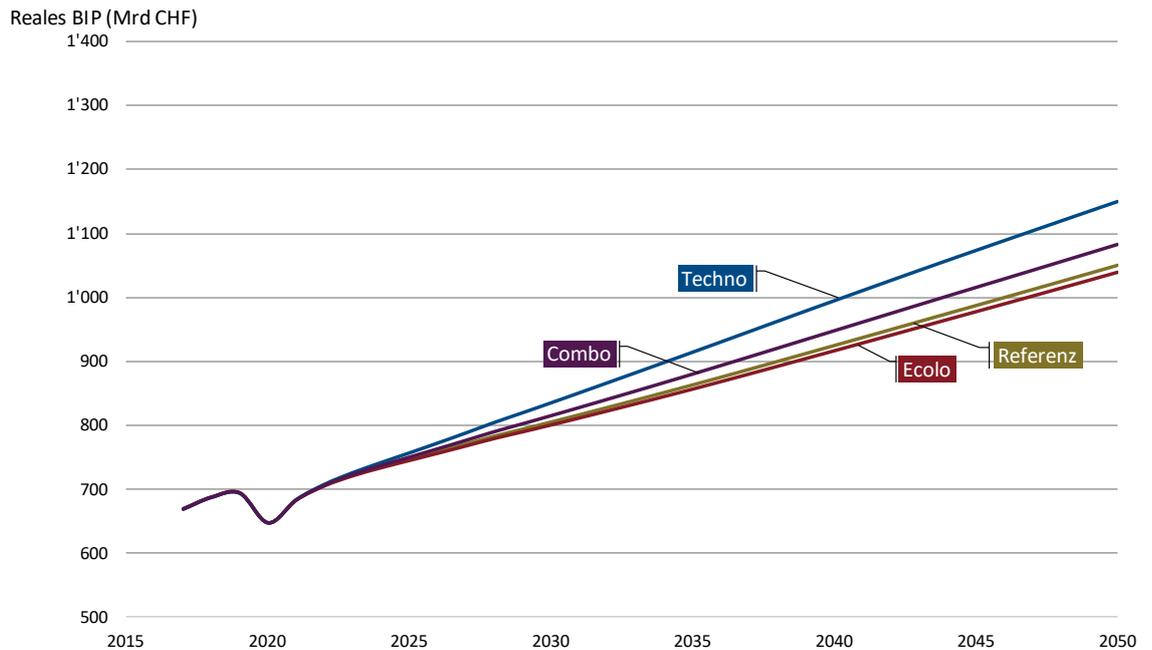


Abbildung 42: Reales Bruttoinlandprodukt 2017-2050 in Milliarden CHF nach Szenarien, Quelle: KPMG/Ecoplan, 2020

Die Ergebnisse der Branchenszenarien finden über die Vorgaben zur Entwicklung der Beschäftigten und Bruttowertschöpfung nach Branchen Eingang in die Analysen des Flächennutzungsmodells sowie die Modelle des Personen- und Güterverkehrs.

Neue Trends

Unter den «neuen Trends» in der Soziökonomie finden sich die neuen Arbeits- und Ausbildungsformen sowie die Sharing Economy.

Neue Arbeits- und Ausbildungsformen (inkl. Home-Office)

Die heutige Mobilität ist stark geprägt vom Arbeits- und Freizeitverkehr. Das vorherrschende Arbeitsmodell entsprach bis vor kurzem, d.h. vor der COVID-19-Pandemie, dem eines festen Arbeitsplatzes. Da Einkaufs- und Freizeitwege häufig im Anschluss an die Arbeit realisiert werden, haben Veränderungen im Bereich der Arbeitsformen nicht nur einen bedeutenden, sondern auch einen komplexen Einfluss auf die Mobilität. Über 40% aller Beschäftigten in der Schweiz hätte bereits heute die Möglichkeit, ihre Arbeit mobil zu verrichten, da Unternehmen vermehrt auf flexible Arbeitsplatzmodelle setzen (Rutzer and Niggli, 2020). Bereits vor COVID-19 arbeiteten 28% der Erwerbstätigen mindestens einen halben Tag pro Woche von zu Hause aus. Von den restlichen 72% würde ein Drittel dies in Zukunft auch gerne tun (Deloitte, 2016). Es kann davon ausgegangen werden, dass sich die Entwicklung des Home-Office aufgrund von COVID-19 etabliert und beschleunigt. Während des Lockdowns im Jahr 2020 betrug dieser Anteil 48% und nach dem Lockdown 34% (Deloitte, 2020). Zudem haben

sich in den letzten Jahren Co-Working Spaces in der Schweiz etabliert. Gab es in der Schweiz im Jahr 2013 10 Co-Working Spaces mit 500 Mitgliedern, ist die Anzahl an Standorten bis ins Jahr 2018 auf 185 mit 12'000 Mitgliedern angestiegen (Patt, 2019).

Durch eine flexiblere Gestaltung des Arbeits- bzw. Schultags sind zeitliche Verkehrsverlagerungen möglich. Wird vermehrt zu Hause gearbeitet, fallen Wege effektiv weg und für die weiteren Wege am Tag ergeben sich Veränderungen, evtl. in Verbindung mit einer anderen Verkehrsmittelwahl. Dies kann zu einer Entlastung der Spitzenstunden und folglich zu einer gleichmässigeren Nutzung der Verkehrsinfrastruktur und des Angebots im öffentlichen Verkehr führen (Dennisen *et al.*, 2016). Gleichwohl resultieren auf der Strasse aus geringeren Verkehrsmengen Reisezeitgewinne, die zumindest anteilig wieder Mehrverkehr auslösen (im Sinne des in diesem Zusammenhang in der Praxis bekannten Rebound-Effekts). Durch eine geringere Nachfrage in den Spitzenstunden wären weniger HVZ-Angebote im ÖV notwendig, was ein Kosteneinsparpotenzial bedeuten würde (Ecoplan, 2015). Angesichts der durch COVID-19 ausgelösten Dynamik und der Bedeutung v.a. des Homeoffice auf das Verkehrsaufkommen und die Auslastung zu Spitzenstunden, sind die in den VP dazu getroffenen Annahmen von hoher Relevanz.

Sharing Economy

Das Teilen statt Besitzen hat sich in den vergangenen Jahren langsam, aber stetig entwickelt. Durch die Digitalisierung finden Sharing-Plattformen¹³ in der Mobilität eine zunehmende Verbreitung, vornehmlich in den Städten. Shared Mobility-Angebote werden vor allem durch jüngere Personen (18-34) in urbanen Räumen genutzt. Im Vergleich zu anderen Regionen wird dabei der Anstieg in Europa, aufgrund des gut ausgebauten ÖV und der politischen Stärke der Autoindustrie, eher langsamer erwartet (Morgan Stanley, 2016). In der Schweiz sind die Angebote bisher wenig verbreitet. Grund dafür sind unter anderem die im internationalen Vergleich kleinen Städte, die Topographie, die gute Angebotsqualität im ÖV sowie die hohe Verfügbarkeit von Personenwagen. Jedoch besteht auch in der Schweiz ein Wachstumspotenzial für Sharing-Angebote, wobei beim Car-Sharing ein jährliches Umsatzwachstumspotenzial von 30% prognostiziert wird (ASTRA, 2018b). Zudem besteht eine Herausforderung darin, Sharing-Angebote in den öffentlichen Verkehr zu integrieren, um dessen Angebot zu ergänzen und keiner zusätzlichen Konkurrenz auszusetzen (ASTRA, 2018b).

¹³ In der Schweiz präsente Sharing Plattformen wie z.B. Mobility, PubliBike, Lime, Bond.

3.2. Raumentwicklung

Die Raumentwicklung wird die Verkehrsentwicklung massgeblich beeinflussen. Durch das anhaltende Bevölkerungswachstum und die begrenzte Ressource «Boden» wird eine gelenkte Raumentwicklung in den kommenden Jahrzehnten von grosser Bedeutung sein.

Etablierte Trends

Als etablierter Grundsatz in der Raumentwicklung ist davon auszugehen, dass die Verdichtung nach innen in den nächsten 30 Jahren einen massgeblichen Einfluss auf die Raumentwicklung entfaltet.

Verdichtung nach innen

Im Jahr 2013 trat das neue Raumplanungsgesetz (RPG) in Kraft. Die Förderung der Siedlungsentwicklung nach innen und Verhinderung von weiterer Zersiedelung ist ein zentrales Ziel des RPG. In den kantonalen Richtplänen werden die Siedlungsflächen klar definiert und die korrekte Bauzonendimensionierung sichergestellt. In den ländlichen Gebieten wird die Siedlungsausdehnung durch die Umsetzung der Zweitwohnungsinitiative zusätzlich limitiert. Die 2001 eingeführte Agglomerationspolitik des Bundes fördert eine kohärente Raumentwicklung in der Schweiz. Diese Stossrichtung wird mit der neuen Agglomerationspolitik 2016+ bestärkt und fortgesetzt. Die Siedlungsentwicklung nach innen sowie die Abstimmung von Siedlung und Verkehr zur besseren Erschliessung und Nutzung der Verkehrsinfrastrukturen sind wichtige Pfeiler dieser Politik und die Agglomerationsprogramme zentrale Instrumente zu ihrer Umsetzung (Ecoplan, 2016). Gemeinsam mit der Politik für die ländlichen Räume und Berggebiete wird die Umsetzung des Raumkonzepts Schweiz vorangetrieben und die Raumentwicklung der Schweiz aktiv gelenkt (Schweizerischer Bundesrat, 2015).

Gemäss ihren auf die Raumkonzepte abgestützten Richtplanungen nehmen die Kantone über die Dimensionierung der Bauzonen direkt auf das Siedlungswachstum Einfluss. Dadurch kann die Verdichtung der „Stadtlandschaft“ sowie der „Zwischenlandschaft“ gefördert und das unkontrollierte Siedlungswachstum in den ländlicheren Gebieten zurückgebunden werden. Raumplanerische Ziele sind die Schaffung einer urbanen Qualität in den Siedlungsräumen und der Schutz der Landschaft im Agglomerationsraum.

Neue Trends

Zusammenhänge zwischen der neuen Mobilität und der Raumentwicklung werden in den Parkplatzangeboten und -Kosten sowie der inneren Verdichtung der Städte / Stadt der kurzen Wege gesehen.

Innere Verdichtung der Städte / Stadt der kurzen Wege

Die grossen urbanen Zentren in der Schweiz wie Zürich, Basel, Genf, Lausanne oder Bern weisen in den Kernstädten und in ihrem unmittelbaren Umfeld hohe Wachstumsraten der Bevölkerung auf. Dank florierender Wirtschaft und einer konsequenten Politik zur Stärkung der Lebensqualität haben die grossen Städte in den letzten zwei Jahrzehnten an Attraktivität gewonnen, was den Zuzug in die Stadt gefördert hat. Im Gegensatz zur Situation in den 1990er Jahren sind die grossen Städte wieder wichtige Standorte für internationale und lokale Unternehmen geworden. Öffentlicher Verkehr, ein wachsendes Angebot an Kindertagesstätten sowie Kultur und vielfältige Einkaufs- und Freizeitmöglichkeiten haben das urbane Umfeld so attraktiv gemacht, dass es die Menschen in die Städte zieht. Trotz Bereitstellung zusätzlichen Wohnraums konnte die starke Nachfrage in den urbanen Zentren nicht befriedigt werden, während in den periphereren Gebieten Leerstände zu verzeichnen sind. Nicht nur die grossen Städte, sondern auch kleinere Zentren wie Zug oder Lugano sind zu spezialisierten Global Cities geworden, deren Unternehmen und Hochschulen in der international vernetzten Welt eine bedeutende Rolle spielen. Dank attraktiven Unternehmenssteuern geht es den Finanz-

haushalten dieser Städte gut, was ihnen Investitionsspielräume für künftige Bedürfnisse eröffnet. Folge davon sind aber hohe Lebenshaltungskosten und – im speziellen – stark gestiegene Wohnungsmieten. Es ist zur Gentrifizierung einzelner beliebter Quartiere gekommen. Gemeint ist damit die stetige Erneuerung der bestehenden Bausubstanz und Massnahmen zur Attraktivitätssteigerung des öffentlichen Raums, was in der Folge zu höheren Mieten führt, die sich die angestammte Bewohnerschaft oft nicht mehr leisten kann. Dadurch verändert sich die städtische Bevölkerungsstruktur in Richtung höherer Einkommensklassen.

Im ländlich geprägten Raum mit mittleren und kleineren Ortschaften sowie kleineren Städten, etwa im Mittelland oder im Südtessin sind Zersiedlungerscheinungen weiter sichtbar. Die grosse Herausforderung in diesen noch weitgehend ländlich geprägten Räumen besteht in der Eindämmung einer weiteren Zersiedlung. Ähnliche Situationen mit den gleichen Schwachstellen sind auch im Unterwallis zu beobachten.

Bei der geforderten Innenentwicklung und den damit zusammenhängenden Fragen zu Flächenkonkurrenzen und urbanen Freiräumen treffen Veränderungsdynamiken mit ganz unterschiedlichen Taktungen zusammen: einerseits dynamische ökonomische und soziale Prozesse, andererseits eine eher träge Gebäude- und Infrastruktur, die nur punktuell und längerfristig verändert werden kann.

Eine hohe Siedlungsdichte ermöglicht Ladengeschäften, Gastronomie- und Freizeiteinrichtungen ein höheres Kundenpotenzial. Entsprechend siedeln sich in dichtbesiedelten Gebieten viele Einrichtungen des täglichen Bedarfs an, die von der Bevölkerung zu Fuss oder mit dem Velo erreicht werden können (ASTRA, 2019e). Dies kann in den Städten und Agglomerationen dann auch zu einer Reduktion des MIV-Anteils führen (Stölzle *et al.*, 2015). Attraktive Städte und eine Verdichtung der Zentren sind wichtige Elemente zur Zielerreichung einer ressourcenschonenden und nachhaltigen Mobilität. In den VP wird über die Anwendung des FLNM ein je Szenario unterschiedlicher Grad an Konzentration oder Zersiedelung abgebildet.

3.3. Güterverkehr

Da die Güterverkehrsnachfrage aus dem Bedarf der Wirtschaft und den Konsumenten abgeleitet ist, schlagen sich Entwicklungen und Trends in diesen beiden Bereichen unmittelbar in der Güterverkehrsnachfrage nieder.

Etablierte Trends

Güterstruktureffekt

Zu den etablierten Trends gehört die schon seit Jahrzehnten unter dem Begriff Güterstruktureffekt bekannte Entwicklung. Ursächlich für diese Entwicklung in der Vergangenheit war die Verlagerung der Schwerindustrie aus Europa Richtung Osten (zunächst Osteuropa, später nach Fernost). Dies bedeutete, dass der Transport von schwerem Massengut (Rohstoffe und Vorprodukte) sehr stark zurückging. Der Güterstruktureffekt betrifft v.a. den Transitverkehr durch die Schweiz von/nach Italien.

Aufgrund des hohen Anteils der Wasser- und Kernenergie in der Schweiz spielt der Transport von fossilen Energieträgern (Kohle und Mineralölprodukten) im Vergleich zu anderen Ländern nur eine geringe Rolle, die zudem in Zukunft weiter abnehmen wird (BFE, 2020).

Der massenhafte Transport von Steinen und Erden im Binnenverkehr der Schweiz spielt aufgrund der oftmals dispersen Verteilung der Nachfrage bis auf einzelne Grossbaustellen kaum eine Rolle. Zwar weist diese Warengruppe aufgrund des hohen Gewichts ein hohes Aufkommen (in Tonnen gemessen) auf, die Verkehrsleistungen erreichen hingegen aufgrund der kurzen durchschnittlichen Transportweiten weniger hohe Werte. Sinngemäss gilt dieses Argument auch für den massenhaften Transport von landwirtschaftlichen Produkten und Futtermitteln.

Die skizzierten Entwicklungen des Güterstruktureffektes weg von den «typischen» Massengütern hin zu kleinen Los- und Sendungsgrössen ist auch für die hochwertigen Güter seit längerem beobachtbar. Eine fortschreitende reduzierte Lagerhaltung aus Kostengründen bei Produktionsbetrieben und dem Gross- und Einzelhandel führt zwangsläufig zu immer kleineren Sendungen mit immer höheren Anforderungen an die Qualität, Zuverlässigkeit und Flexibilität des Transports. Diese Anforderungen an den Transport sind derzeit praktisch nur Fahrzeugen des Strassengüterverkehrs zu erfüllen, in Zukunft könnten automatisierte Verkehrsmittel unterschiedlicher Gefässgrössen diese ergänzen.

Infrastrukturentwicklung

Bis auf Umschlagsknoten (Terminals des UKV, Railports für den Wagenladungsverkehr und Gleisanschlüsse zur Bedienung von Produktionsbetrieben und Lägern) nutzen Personen- und Güterverkehr dieselbe Schieneninfrastruktur. Dies führt zu Nutzungskonkurrenz, bei der es darauf ankommt, die bestehenden Infrastrukturen möglichst effizient zu nutzen. Dieses Ziel soll durch eine verstärkte Digitalisierung erreicht werden. Diese Digitalisierung wirkt in zwei Richtungen: beispielsweise soll die konventionelle Signaltechnik durch digitale Zugmanagementsysteme ersetzt werden und somit die Streckenkapazität durch kürzere Zugfolgezeiten des Schienengüterverkehrs erhöht werden. Darüber hinaus kann durch eine verbesserte digitale Disposition von Lokomotiven und Wagen (insbesondere die Leerwagengestellung) die Planung und der Betrieb verbessert werden, was letztlich ebenfalls zu höheren Kapazitäten führt.

Eine alleinige Erhöhung der Streckenkapazitäten ist eine notwendige, aber nicht hinreichende Bedingung: Auch in UKV Terminals und Railports verhilft die Digitalisierung zu einer höheren Effizienz des Gesamtsystems. So werden Wartezeiten durch verspätete Zugsankünfte vermieden, die Bereitstellung der Ladeeinheiten und Wagen verlässlich vorhergesagt und auf diese Art und Weise der Strassenvor- und -nachlauf optimiert. Die Digitalisierung der Terminals ist auch eine Voraussetzung, für die Automatisierung der Abläufe (beispielsweise automatisierte Umschlagsgeräte in UKV Terminals und Railports).

Letztlich geht es darum, durch eine Vielzahl von Digitalisierungsmassnahmen die Systemgeschwindigkeit des Schienengüterverkehrs zu erhöhen, die Kosten zu reduzieren und so die Wettbewerbsfähigkeit des Schienengüterverkehrs zu verbessern. Dies wurde so in der AMG umgesetzt (vgl. auch Kap 4.4).

Kombinierter Verkehr (KV)

Der unbegleitete KV (UKV) hat gerade im Alpen transit innerhalb der letzten Dekade von 14 Mio. Tonnen (2010) auf 21 Mio. Tonnen (2018) um mehr als 50% zugenommen. Wohingegen die Strasse sich von 14 Mio. Tonnen auf rund 12 Mio. Tonnen um 17% verringert hat. Somit ist der UKV der Wachstumstreiber im Schienengüterverkehr. Die RoLa ist mit rund 3 Mio. Tonnen im selben Zeitraum konstant geblieben.

Der kombinierte Verkehr kann eine Antwort auf den Trend zu kleineren Sendungsgrössen - auch auf kürzeren Distanzen - sein, was sich am - im Vergleich zu anderen europäischen Ländern - hohen Anteil des schweizerischen Binnen-KV zeigt. Allerdings stösst dieser häufig an Kostengrenzen, weil die Kosten des Umschlags und des Vor- und Nachlaufs die Kosten des kurzen Hauptlaufs übersteigen und damit die Gesamtkette nicht wettbewerbsfähig ist gegenüber dem durchgehenden Lkw-Transport.

E-Commerce

In der Schweiz sind gemäss Wölfle and Leimstoll, 2019 im Bereich E-Commerce klare Trends mit wichtigen Implikationen für den Güterverkehr zu identifizieren. Insgesamt stiegen die Ausgaben im Onlinehandel bereits vor COVID-19 stark an, während die Erträge des stationären Detailhandels rückläufig sind. Seit 2012 haben die Ausgaben im Onlinehandel um über 160% zugenommen. Nach den neusten Daten der Fachhochschule Nordwestschweiz (Wölfle and Leimstoll, 2021) stieg der Wert der im Online- und Distanzhandel bestellten Waren 2020 um 25.8% auf 13.3 Mrd. CHF, was eine Verdreifachung des Wachstums gegenüber den Vorjahren bedeutet. Hier sind sich die allermeisten Experten einig, dass auch nach der Pandemie die Umsätze des Onlinehandels nicht wieder auf das Niveau vor der Pandemie sinken werden.

Des Weiteren zeigt sich in diesem Sektor ein überproportionales Wachstum von ausländischen Anbietern. Die Frankenstärke hat auf die Attraktivität von Online Shopping im Ausland einen wichtigen Einfluss (Wölfle and Leimstoll, 2019). Auch dieser Trend ist ein wichtiger

Treiber der Zunahme der kleinen Sendungsgrössen, die zu deutlich mehr Verkehr mit kleineren Fahrzeugen (Lieferwagen) führen. Bisher nicht eindeutig geklärt ist, ob der E-Commerce mit gebündelten Sendungen im Vergleich zum «klassischen» Einkauf im stationären Einzelhandel mit Privat-PW umweltschädlicher oder sogar umweltfreundlicher ist (Kägi *et al.*, 2020).

Neue Trends

Fragmentierung der letzten Meile

Bereits bei der Beschreibung der etablierten Trends wurde die stetige Zunahme des Online-Handels diskutiert, der sich auch in den nächsten Jahren fortsetzen wird. Die COVID-19-Pandemie hat diesen Trend nochmals deutlich verstärkt.

Eine im Rahmen eines Forschungsprojektes (Rapp und Interface, 2018) in der Schweiz durchgeführte Umfrage hat aufgezeigt, dass aufgrund des anhaltenden Drucks auf die Logistikbranche die Herausforderungen (steigern der Effizienz der Güterverteilung, besseres Nutzen von Logistikflächen, Senken des Energieverbrauchs und klimaschädlicher Emissionen) durch die Einführung neuer Technologien und Prozesse verstärkt werden. Die KEP-Dienstleister erwarten Zugangsbeschränkungen zu Innenstädten und Wohngebieten für «alte» Dieselfahrzeuge. Daher wird eine Fragmentierung der letzten Meile erwartet. Dies bedeutet, Micro-Hubs und Pick-up Points könnten gebündelt, mit grösseren Fahrzeugen bedient und von dort aus die Haustürlieferung entweder mit Cargovelos emissionsfrei durchgeführt werden, oder der Endempfänger holt seine Sendung in einem dichten Netz von fussläufigen Pick-up Points um seine Wohnung ab.

Cargo Sous Terrain (CST)

Cargo Sous Terrain ist ein Konzept für ein unterirdisches Logistiksystem zur Ergänzung des heutigen Logistiknetzes auf Strasse und Schiene. Es verläuft in einem Tunnel, der verschiedene Umladestationen (Hubs) verbindet. Die Hubs sind an einem Feinverteilssystem angeschlossen, welches die City-Logistik mit dem Einsatz von emissionsfreien und automatisiert fahrenden Fahrzeugen übernimmt. Für den Erfolg von Cargo Sous Terrain sind eine günstige Bauweise mit einem hohen Standardisierungsgrad und niedrigen Betriebskosten nötig (Infras, 2016). Da CST privat betrieben werden soll, hängen der Erfolg und auch die Implementierung stark davon ab, wie viel Risiko Investoren auf sich nehmen wollen. Für die VP wurde entschieden, CST nicht als Element in die Szenarien aufzunehmen. Trotz der mit dem System verbundenen Vorteile ist eine Realisierung im analysierten Zeithorizont bis 2050 unsicher. Eine konkrete Ausgestaltung hinsichtlich der Hubs und der Feinverteilssysteme in den Städten kann im Detail und im Rahmen der VP nicht antizipiert werden – dies wäre aber für eine räumliche Modellierung der Wirkungen eine notwendige Voraussetzung.

Automatisiertes Fahren

Die Logistikbranche wird im Bereich des automatisierten Fahrens ein grosser Treiber sein. Insbesondere auf Betriebsgeländen (z.B. in Lagerhäusern) bietet sich ein Prototypeneinsatz an, da dort weniger strenge gesetzliche Vorgaben gelten. Später sind automatisierte Fahrzeuge in der Logistik bei Linientransporten realistisch, d.h. bei regelmässigen Fahrten zwischen denselben Quellen und Zielen, wie es im gebündelten Verkehr zwischen grossen Hubs die Regel ist. Bei den Linientransporten könnten Systeme wie das assistierte Autobahnfahren und Lkw-Konvois (Platooning) eingesetzt werden. Letzteres allerdings in der Schweiz nur sehr eingeschränkt, da auf Nationalstrassen mit hoher Dichte an Ein- und Ausfahrten und Tunnels, ein Auffächern des Platoons erforderlich wäre, der unter den geltenden Strassenvorschriften nicht zielführend ist (ASTRA, 2017a). Wenn somit die Technologie des automatisierten Fahrens in Zukunft zwar zu erwarten ist, dürften die damit verbundenen verkehrlichen Vorteile, z. B. Kapazitätsgewinne auf der Nationalstrasse, eher verhalten ausfallen.

Automatisierte Paketzustellung

Eine automatisierte Paketzustellung ist bei der Belieferung der letzten Meile denkbar. Versuche mit autonomen Zustellrobotern und Drohnen zur Zustellung in abgelegenen Gebieten haben gezeigt, dass solche Zustellformen technisch möglich sind. Ob sie allerdings wirtschaftlich durchführbar sind und noch offene rechtliche und Haftungsfragen gelöst werden können, ist derzeit fraglich. Um eine durchgehende automatisierte Zustellung erreichen zu können, wären überdies die Übergabepunkte zu standardisieren. Analog zu den Briefkästen für die Briefpost übernehmen bei der automatisierten Zustellung standardisierte Boxen die Funktion des Übergabepunkts. Damit könnten auch weitergehende Vorgänge des täglichen Bedarfs (Entsorgung, Einkäufe) über automatisierte Zustellungen abgewickelt werden (ASTRA, 2019c).

Innovationen beim Schienengüterverkehr

Um das Potenzial der Schiene besser auszuschöpfen beziehungsweise die Verlagerung von Transporten auf die Schiene zu begünstigen sind Innovationen beim Schienengüterverkehr notwendig. Das heutige Güterwagenmaterial ist auf eine technische und wirtschaftliche Lebensdauer von ca. 30 Jahren ausgelegt. Das Durchschnittsalter des Güterwagenbestandes beispielsweise der Deutschen Bahn (DB) wird im Jahr 2024 mehr als 32 Jahre betragen¹⁴.

Beim Strassengüterverkehr ist dieser Zyklus deutlich kürzer (im schweren Lkw-Segment ca. 5 Jahre). Entsprechend konnten in den letzten Jahren mehr Innovationen im Strassengüterverkehr implementiert werden als im Schienengüterverkehr. Dieser Innovationsrückstand beim Schienengüterverkehr kann mit verschiedenen Ansätzen aufgeholt werden:

- Einrichtung von Telematik-Schnittstellen zum Austausch von Informationen mit dem Logistikunternehmen/Kunden durch Ausrüstung der Güterwagen mit aktiver oder passiver Tracking- und Tracing-Hardware.
- Neue, leisere Laufwerke für eine Reduktion von Lärmemissionen, bei gleichzeitiger Reduzierung der Wartungskosten.
- Neue Wagen insbesondere in modularer Bauweise und neue Behälterkonzepte, um die Flexibilität im Güterwageneinsatz zu erhöhen und letztlich einen geringeren Wagenbestand vorzuhalten.

Alle Innovationen sind nicht nur aus einer technischen Sicht, sondern auch aus wirtschaftlicher Sicht zu betrachten. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit sind dabei die Gesamtkosten während der ganzen Lebensdauer eines Wagens.

Die Güterzugbildung hat sich seit Jahrzehnten nicht geändert. Hier passiert heutzutage noch vieles manuell (z.B. Lok und Wagen aneinander kuppeln, Wagenlisten erstellen, Bremsproben, Zugdaten aufnehmen, etc.). Entsprechend besteht hier mit Hilfe von Automatisierung und Digitalisierung ein grosses Potenzial für Effizienzsteigerungen. Folgende Schwerpunkte sind hierbei zu nennen:

- Die Einrichtung einer digitalen automatischen Kupplung ist eine zentrale Herausforderung des Sektors für eine Automatisierung.
- Die Automatisierung von Betriebsabläufen (beispielsweise die automatische Bremsprobe) kann den Güterverkehr wirtschaftlicher machen.
- Die Einführung einer elektro-pneumatischen Bremse soll zu besseren Bremsleistungen insbesondere von langen Güterzügen führen.

¹⁴ Anfrage der Grünen im deutschen Bundestag aus dem Jahr 2020 zitiert aus: [Güterwagen der Deutschen Bahn werden immer älter](https://www.verkehrsrundschau.de) | Verkehrsrundschau.de, abgerufen am 20.10.2021

Die Verlagerung des alpenquerenden Transitgüterverkehrs auf die Schiene gehört zu den Kernelementen der schweizerischen Verkehrspolitik. Aber auch im inländischen Verkehr bestehen Verlagerungspotenziale. Die grössten Hemmnisse stellen die fehlende einfache Organisationsstruktur (Leistungen aus einer Hand), die schwierigen zeitlichen Rahmenbedingungen (Abfahrtszeiten, Häufigkeit der Verbindungen) und die höheren Kosten gegenüber dem reinen Strassentransport dar. Eine Untersuchung unter Beteiligung der Prognos AG (ASTRA, 2017b) hat gezeigt, dass die heute am Markt verfügbaren Innovationen unterschiedlich grosse Verlagerungspotenziale aufweisen. Eine dieser Innovation, die heute wieder intensiv diskutiert wird, die Digitale Automatische Kupplung (DAK) und Bremsprobe wird die kilometerabhängigen und zeitabhängigen Kosten reduzieren und durch die Erhöhung der Zuggewichte zu Kapazitätsausweitungen führen¹⁵. Um das bestehende Verlagerungspotenzial bestmöglich und nachhaltig zu nutzen, sind weitergehende Innovationen, Anreize oder ein komplett neuer Systemansatz notwendig (ASTRA, 2017b).

In den letzten Jahren gab es Innovationen, um das Potenzial der nicht kranbaren Sattelanhänger für den KV zu heben (bspw. CargoBeamer, Modalohr, NIKRASA). Bisher sind diese Innovationen jedoch nicht über Insellösungen hinausgekommen.

¹⁵ Siehe auch: <https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/publikationen/medienmitteilungen.msg-id-85282.html>, abgerufen am 20.10.2021

3.4. Personenverkehr

Die Verkehrsentwicklung der vergangenen zwei Jahrzehnte war einerseits von Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum, und andererseits von einer Vielzahl weiterer Trends mit Wirkung auf das Verkehrsverhalten geprägt. Es ist davon auszugehen, dass diese Trends die Verkehrsentwicklung auch in Zukunft prägen.

Etablierte Trends

Unter den etablierten Trends im Personenverkehr befinden sich der verzögerte Führerscheinbesitz, die Zunahme autofreier Haushalte, die Förderung des Fuss- und Veloverkehrs, das E-Bike sowie die Internalisierung externer Kosten.

Verzögerter Führerscheinbesitz

Generell zeigen Studien in hochentwickelten Industrie- und Dienstleistungsnationen eine Stagnierung der Bedeutung des Autos in den letzten Jahren (Buehler *et al.*, 2016) auf. Dies gilt hinsichtlich des Führerscheinbesitzes auch für die Schweiz. Diese Entwicklung ist vor allem auf ein sich veränderndes Mobilitätsverhalten bei jungen Erwachsenen zurückzuführen und zeigt sich unter anderem in einem verlangsamten Wachstum oder sogar einem Rückgang der Besitzraten von Fahrzeug und Führerschein in dieser Altersgruppe (Puhe and Schippl, 2014). In der Schweiz kann ein Rückgang des Führerscheinbesitzes bei den 18-24-Jährigen seit 1994 beobachtet werden, wobei die Besitzrate 2015 wieder leicht angestiegen ist (Ciari and Axhausen, 2015). Über alle Altersgruppen hinweg hat der Führerscheinbesitz seit 1994 zugenommen, was hauptsächlich auf die Personengruppe der über 65-Jährigen zurückzuführen ist. Hatte im Jahr 1994 noch weniger als 50% dieser Gruppe einen Führerschein, besaßen im Jahr 2015 knapp 70% einen Führerschein (BFS/ARE, 2017b). In Zukunft kann davon ausgegangen werden, dass der Führerscheinbesitz bei der Personengruppe 60-79 Jahren konstant hoch bleiben wird, währenddessen sinkt bei der jungen Generation die Bedeutung des Führerscheinbesitzes (Dennisen *et al.*, 2016). Kerntreiber der Entwicklung, dass junge Leute weniger Führerscheine und somit ein Auto selbst nutzen können, sind neue und verbesserte alternative Mobilitätsformen, das Aufkommen Smartphone-basierter Mobilitätsdienstleistungen sowie der Bedeutungsverlust des Autos als Statussymbol (Puhe and Schippl, 2014). In der Schweiz fördert der gut ausgebaute öffentliche Verkehr diesen Trend zusätzlich (Rérat, 2018).

Zunahme autofreier Haushalte

Seit 2005 ist in der Schweiz der Anteil der autofreien Haushalte gestiegen (BFS/ARE, 2017b). Vor allem in den Städten hat der Anteil autofreier Haushalte zwischen 2000 und 2015 zum Teil um 10% zugenommen. Dies bestätigt (Buehler *et al.*, 2016), wonach in den grossen Städten in der Deutschschweiz eine Zunahme an autofreien Haushalten stattgefunden hat. Dies ist vor dem Hintergrund interessant, da im gleichen Zeitraum die Gesamtanzahl an Personenwagen stetig gestiegen ist.

Während der Motorisierungsgrad (Personenwagen pro 1'000 Einwohner) der Schweiz in den letzten Jahren noch immer gestiegen ist, kann seit 1995 eine Verlangsamung des Wachstums beobachtet werden. Extrapoliert man diesen Trend, so erreicht der Motorisierungsgrad 2030 seinen Höhepunkt (BFS, 2019j, 2020d). Laut der Studie (Kuhnimhof *et al.*, 2012), in welcher Daten aus Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Japan und den USA ausgewertet wurden, ist die sinkende Autonutzung bei jungen Erwachsenen ein Treiber dieser Entwicklung. Die in der Schweiz beobachtbare Tendenz sinkender Wachstumsraten kann ein Indikator für eine gewisse Sättigung der Motorisierung sein.

Förderung Fuss- und Veloverkehr

In Städten und Agglomerationen ist der Raum für den Ausbau von flächenintensiven Verkehrsmitteln knapp. Eine Möglichkeit, die steigenden Verkehrsmengen trotzdem zu bewältigen, ist die gezielte Förderung von platzsparenden Verkehrsmitteln. Im internationalen Vergleich hat die Schweiz bereits einen hohen Anteil des Fuss- und Veloverkehrs (gemessen am Anteil Wege pro Tag) (Buehler *et al.*, 2016). Der Vergleich mit einigen niederländischen und norddeutschen Städten mit Veloanteilen von bis zu 30% am Wegeaufkommen zeigt allerdings, dass hinsichtlich des Fuss- und Veloverkehrs in der Schweiz noch viel Potenzial steckt (UVEK, 2018). Dieses Potenzial ist in den vergangenen Jahren zunehmend in den Fokus der Verkehrspolitik gerückt.

Die Studie von Buehler zeigt am Beispiel von fünf zentraleuropäischen Städten (u.a. Zürich) auf, dass bereits seit den 70er und 80er Jahren politische und planerische Massnahmen (Fussgängerzonen, Massnahmen zur Verkehrsberuhigung, Strassenbeleuchtung etc.) zur Förderung des Fuss- und Veloverkehrs implementiert werden (Buehler *et al.*, 2016).

Die Städteinitiativen haben 2010 erneut ein klares politisches und gesellschaftliches Zeichen für die weitere Förderung des Fuss- und Veloverkehrs gesetzt (umverkehR, 2020), verschiedene Städte und Agglomerationen verfolgen heute gezielte Strategien zur Förderung des Veloverkehrs (Velokonferenz Schweiz, 2015, UVEK, 2018). Zu den wichtigsten Fördermassnahmen des Velos gehören der Ausbau von Velorouten, Veloabstellplätzen, Informationskampagnen, Verleihsysteme sowie flankierende Massnahmen zur Erhöhung der Sicherheit und Attraktivität des Veloverkehrs (Velokonferenz Schweiz, 2015).

In allen Städten der Schweiz konnte zwischen 2010 und 2015 ein Zuwachs der mit dem Velo zurückgelegten Wege verzeichnet werden. Während einige Städte wie Basel, Bern oder Luzern Anteile von 15% oder mehr erreichen, konnte die Stadt Zürich ihren Anteil von 6% auf 12% verdoppeln (UVEK, 2018).

E-Bike

Mit dem E-Bike hat sich im Bereich des Veloverkehrs ein weiteres Verkehrsmittel etabliert. E-Bikes (mit und ohne Kontrollschild) unterscheiden sich bzgl. der durchschnittlichen Geschwindigkeiten und Etappenlängen vom Velo ohne elektrischen Antrieb (Geschwindigkeiten, E-Bike: 17 km/h, Velo: 13 km/h; Etappenlängen, E-Bike: 4.4 km, Velo: 3.3 km (BFS/ARE, 2017). Der Anteil an E-Bikes verdreifachte sich in der Schweiz von 2010 bis 2015 (BFS/ARE, 2017). Im Jahr 2018 wurden erstmals mehr als 100'000 E-Bikes verkauft. Somit hat sich der Anteil der E-Bikes bei den Neukäufen von Velos von 15% im Jahr 2012 zu über 37% im Jahr 2019 mehr als verdoppelt (Velosuisse, 2019), wie in Abbildung 43 ersichtlich. Eine Trendwende ist nicht absehbar. Das E-Bike profitiert auch von der demografischen Alterung. Das Durchschnittsalter der Besitzenden liegt bei 53.5 Jahren. Der Veloverkehr wird mit dem E-Bike für eine Nutzergruppe attraktiv, welche vorher weniger Velo gefahren ist (Buffat *et al.*, 2014) und tendenziell eher das Auto als Verkehrsmittel genutzt hat. Zusätzlich werden durch das E-Bike längere Strecken zurückgelegt als mit dem konventionellen Velo (Fyhri and Fearnley, 2015; BFS/ARE, 2017).

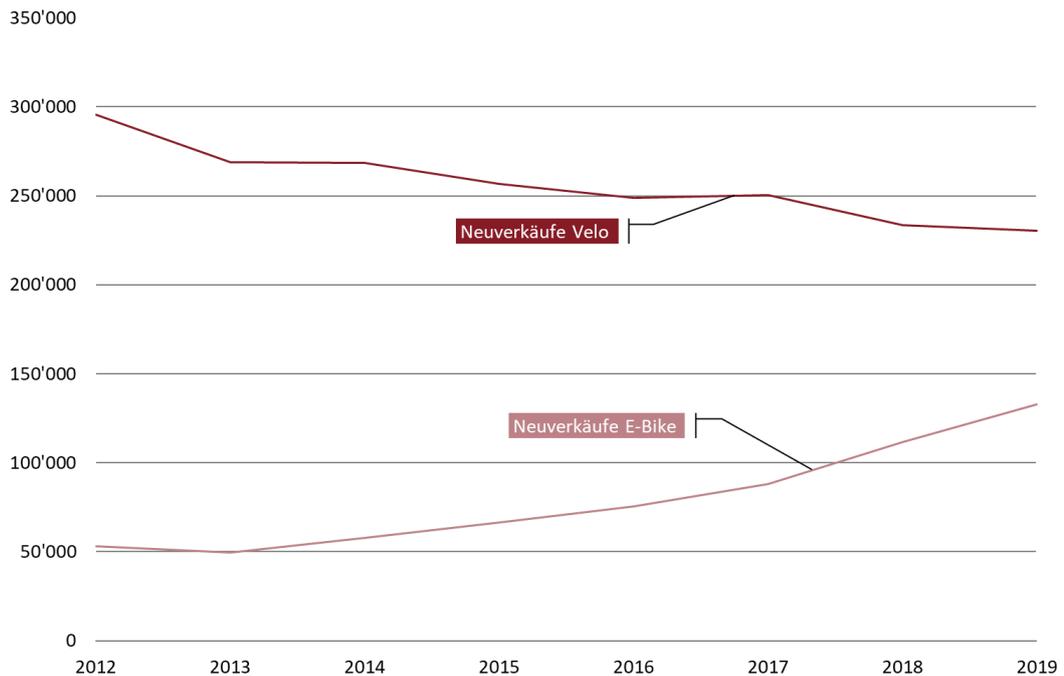


Abbildung 43: Verteilung der Veloneukäufe zwischen E-Bikes und konventionellen Velos.

Quelle: (Velosuisse, 2019)

Parkplatzangebot und -kosten

Eine Parkraumbewirtschaftung hat einen messbaren Einfluss und bewirkt eine spürbare Verbesserung auf die lokale Verkehrssituation, führt jedoch zu einer Zunahme des Ausweich- und Parksuchverkehrs. Für eine erfolgreiche Parkplatzbewirtschaftung sind verschiedene Faktoren von Bedeutung. Um die Nachfrage zu senken, bedarf es einer möglichst flächendeckenden Einführung einer Parkplatzbewirtschaftung unter Einbezug aller relevanten Zielorte für den Einkaufs- und Freizeitverkehr, damit der MIV nicht auf andere, nicht miteinbezogene, Parkplätze ausweichen kann (ASTRA, 2016). Weiter muss ein attraktives ÖV- und Fuss- und Veloverkehrsangebot vorhanden sein. Mittels Parkraummanagement und gezielter Bereitstellung von Infrastrukturen ist es möglich, neue technische Innovationen wie bspw. Elektrofahrzeuge zu fördern (ARE, 2020b). Automatisierte Fahrzeuge haben auf das Parkplatzangebot erst dann einen Einfluss, wenn sie bei der Mehrzahl der Fahrten geteilt würden (Agora Verkehrswende, 2019). Ein Einsparpotenzial an Parkplätzen bietet der Ausbau eines stationsgebunden Car-Sharings (Mobility, 2018). Städte können durch Parkplatz / Car-Sharing die Wirkung eines verbesserten Stadtbildes mit mehr Grünflächen erlangen (ASTRA, 2018b).

Internalisierung externer Kosten

Kosten, welche durch die Mobilität verursacht werden, sich aber nicht im Preis niederschlagen, werden als externe Kosten bezeichnet. Sie werden von Dritten, der Allgemeinheit oder zukünftigen Generationen getragen. Das Verursacherprinzip ist demnach nicht ausreichend umgesetzt (ARE, 2020). Diese externen Kosten zu internalisieren und somit verursachergerecht anzulasten ist eine Bestrebung der Verkehrspolitik und soll die zukünftige Preisentwicklung beeinflussen (ARE, 2019). Eine bereits umgesetzte Massnahme ist die 2001 implementierte LSVA, welche unter anderem die langfristige Deckung von Infrastrukturkosten und externen Kosten gewährleisten soll (Krebs and Balmer, 2015).

Die externen Kosten des Verkehrs sind in der Schweiz zwischen 2010 und 2018 um rund 14% angestiegen und betragen 2018 rund 13.7 Mrd. CHF. Kostensteigernd wirken die Zunahme der zurückgelegten Wegstrecken und die insgesamt höheren Verkehrsleistungen, das Bevölkerungswachstum sowie die steigenden Preise, kostensenkend wirken die abnehmen

Unfallzahlen sowie die sinkenden Emissionen durch verbesserte Motorentchnik und Zunahme der Elektromobilität (ARE, 2020).

Der Strassenverkehr (Personenverkehr und Güterverkehr) macht rund 80% der externen Kosten aus, Schienenverkehr und Luftverkehr kommen auf 8% bzw. 11% Anteile¹⁶. Alleine 56% aller externen Kosten entfallen auf den privaten motorisierten Personenverkehr (MIV), 7% entfallen auf den öffentlichen Verkehr auf Schienen und Strasse. Über alle Verkehrsträger gesehen gehen rund 19% der externen Kosten auf den Güterverkehr zurück (ARE, 2020a). Eine Internalisierung der externen Kosten - mit Ausnahme der Klimakosten, siehe nachfolgend - würde 2018 beim motorisierten Privatverkehr auf der Strasse 10.4 Rp pro Fzkm¹⁷ betragen. Beim Strassengüterverkehr läge der Wert bei 24 Rp/Fzkm. Die Klimakosten leiten sich aus dem Kostensatz pro ausgestossener Tonne CO₂ ab. Klimakosten machen rund 20% der externen Kosten aus. Von diesen entfallen 60% auf den Strassenverkehr und 39% auf den Luftverkehr (ARE, 2020a), wobei der MIV für 47% der Klimakosten verantwortlich ist. Bezogen auf die Fahrleistung würde 2018 eine volle Internalisierung der Klimakosten beim motorisierten Privatverkehr 2.1 Rp pro Fzkm und beim Strassengüterverkehr 4.9 Rp/Fzkm betragen.

Prospektiv gesehen ändern sowohl die kostensteigernden wie auch die kostensenkenden Faktoren, bleiben aber in ihrer Wirkungsrichtung erhalten (Ecoplan im Auftrag des BFE, 2022). Während zu den kostensteigernden Faktoren vor allem die BIP-Entwicklung zählt, sind die kostensenkenden Faktoren kurzfristig durch eine rasche Zunahme der Elektromobilität (siehe unten) sowie mittelfristig durch eine Abnahme der Unfallzahlen gekennzeichnet. In der Summe darf prospektiv deshalb von einem leicht abflachenden Verlauf der externen Kosten ausgegangen werden.

Eine Internalisierung der externen Kosten im Strassenverkehr kann eine lenkende Wirkung entfalten. So werden in gewissen Kantonen Zuschläge auf die Motorfahrzeugsteuer in Abhängigkeit des CO₂-Ausstosses erhoben¹⁸, was bei Neubeschaffungen Anreize zum Kauf von CO₂-armen Fahrzeugs bewirkt. Eine Internalisierung der Folgekosten aus den CO₂-Emissionen über eine Besteuerung des CO₂-Ausstosses durch einen treibstoff-abhängigen Aufschlag ist nach der Ablehnung des CO₂-Gesetzes bei der Volksabstimmung vom 13. Juni 2021 in der Schweiz aber erst mittelfristig denkbar.

Neue Trends

Unter der neuen Mobilität im Personenverkehr befinden sich die Automatisierung von Fahrzeugen, die Automatisierung im ÖV, das Pooling, der On-Demand ÖV, die mobilen Echtzeitinformationen, die neuen Schienen- beziehungsweise Infrastrukturangebote, die Vernetzung von Fahrzeugen, die Elektromobilität und alternative Antriebe sowie das Mobility Pricing.

Automatisierung von Fahrzeugen

Die Entwicklung automatisierter Fahrzeuge erfährt in den letzten Jahren viel Aufmerksamkeit. Zu diesem Thema wurden unterschiedliche Studien und Umfragen verfasst, wobei Aspekte wie Akzeptanz, Kosten- und Kapazitätseinsparung, Besitzverhältnisse, Verkehrsmittelwahl und der Zeitpunkt einer Einführung untersucht wurden. Das automatisierte Fahren ermöglicht laut mehreren Studien eine deutliche Kosteneinsparung. Die Gründe für die Kosteneinsparungen liegen hauptsächlich an tieferen Versicherungskosten und der neu gewonnenen Produktivität dank aktiver Nutzung der Fahrzeit (Deloitte, 2015). Der Value-of-Time, also der Preis den ein Nutzer bereit ist für eine zusätzlich Stunde weniger Fahrtzeit zu bezahlen, könnte von

¹⁶ Der Anteil des Wasserverkehrs liegt unter 1%

¹⁷ Fahrleistung (Fzkm) für das Jahr 2018 aus BFS 2021, Fahrleistungen und Fahrzeugbewegungen im Personenverkehr

¹⁸ Kanton Basel-Landschaft: [Bonus / Malus für Personenwagen — baselland.ch](https://www.baselland.ch)

32 CHF/h bei konventionellen bis auf 17 CHF /h bei vollautomatisierten Privatfahrzeugen beinahe halbiert werden (ASTRA, 2019b). Neben zusätzlichen Einsparungen aufgrund reduziertem Treibstoffverbrauch und einer sinkenden Versicherungsprämie, kommen jedoch Mehrkosten bezüglich Anschaffungspreis und Abschreibungskosten im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen dazu (ASTRA, 2019f). Auch die relativen Preise verschiedener Transportmöglichkeiten würden sich anpassen. So lägen die km-bezogenen Kosten automatisierter Taxis unter denjenigen von Privatfahrzeugen und würden für neue und mehr Kundengruppen des Alltagsgebrauchs erschwinglich werden (Bösch *et al.*, 2018).

Der Zeitpunkt einer Einführung der ersten autonomen Fahrzeuge und auch eines flächendeckenden Rollouts wird unterschiedlich eingeschätzt, jedoch ist davon auszugehen, dass die Freigabe als Erstes auf dem HLS-Netz erfolgen wird (ASTRA, 2019c). In ASTRA, 2019b sind für zwei Szenarien die Durchdringungsraten der AF Level 4 und höher bis in das Jahr 2050 simuliert worden. Daraus ergeben sich folgende Resultate:

Tabelle 2: Resultierende Durchdringungsgrade von AF in der Schweizer Flotte Quelle:(ASTRA, 2019d)

Jahr	2030	2040	2050
Anteil AF Szenario Trend	0.5%	6.1%	32.0%
Anteil AF Szenario Extrem	2.0%	17.5%	62.2%

Kapazitätssteigerungen des Netzes sind erst ab einem Durchdringungsgrad von automatisierten Fahrzeugen von 40% und höher zu erwarten. Wie Simulationen zeigen muss vorher mit reduzierten Kapazitäten von bis zu 20% gerechnet werden (Krause *et al.*, 2017). Bei einer vollständigen Durchdringung könnten die Strassenkapazitäten um 50% gesteigert werden. Für diesen Zustand geht man aber davon aus, dass diese Kapazitätsgewinne mehrheitlich durch Mehrverkehr ausgeglichen werden (ASTRA, 2019d).

Vernetztes, automatisiertes Fahren ist eine der zukünftigen Schlüsseltechnologien in der Mobilität. Die Vernetzung von Fahrzeugen wie auch das Austauschen von Informationen mit anderen Fahrzeugen bzw. der Infrastruktur ist eine Voraussetzung für das automatisierte Fahren. Mit der flächendeckenden Einführung des 5G-Mobilfunknetzes ist eine grosse Veränderung der Vernetzung von Fahrzeugen verbunden. Weiter sind eine gemeinsame europäische Gesetzgebung und Regulation nötig, um die Einführung und Entwicklung zu vereinfachen. Ebenfalls werden technische Standards für die physische wie auch digitale Infrastruktur benötigt, um die grossen Datenmengen zu gewährleisten (ERTRAC, 2019). Erfahrungen in der Praxis müssen auch bzgl. der Akzeptanzbereitschaft der Nutzer gemacht werden. Wenn auch technisch und regulatorisch möglich, wird eine effektive Durchdringung mit AF davon abhängen, ob Nutzer in den Fahrzeugeigenschaften einen zusätzlichen Nutzen erkennen.

Automatisierung im ÖV

Im öffentlichen Verkehr setzt die Automatisierung in verschiedenen Bereichen an. Neben dem automatisierten Fahren ist auch die automatisierte Betriebsplanung und -steuerung ein Thema. Im Schienenverkehr werden die Automatisierungsfragen im Projekt Smartrail 4.0 bearbeitet (Kernteam SR40, 2019). Das grosse Potenzial wird im Bahnverkehr jedoch nicht in einer Kosteneinsparung, sondern in einer weitergehenden Steigerung der Kapazität gesehen. Im strassengebundenen ÖV führen aktuell verschiedene Verkehrsbetriebe Versuche mit automatisierten Shuttle-Fahrzeugen durch (ASTRA, 2021). Dabei zeigt sich, dass der Weg zum automatisierten Fahren im ÖV noch einige Herausforderungen bietet und ein praxisnaher Einsatz noch nicht unmittelbar bevorsteht. Dem gegenüber zeigen Versuche in den USA, dass automatisierte Taxiangebote schon eine beachtliche Reife und Praxistauglichkeit erreicht haben (Langer, 2021).

Die Preise für den öffentlichen Verkehr könnten bei einer vollständigen Automatisierung – und gleichbleibender Subventionierung – auf die Hälfte sinken (Bösch *et al.*, 2018). Dadurch bieten sich für die Verkehrsbetriebe bedeutende Marktvorteile, sofern Einsparpotenziale aus

Automatisierung nicht in einer Reduktion der Abgeltungen der öffentlichen Hand resultieren. Wird hingegen als Rahmenbedingung eine Eigenwirtschaftlichkeit der automatisierten Angebote vorausgesetzt, so zeigen Modell-Ergebnisse, dass hauptsächlich konventionelle Privatfahrzeuge durch AF ersetzt werden und die Auswirkungen auf den ÖV minimal sind (ASTRA, 2019f).

Pooling

Die Bündelung von Fahrten, Ride-Pooling genannt, kann massgeblich zu einer Entlastung des Strassennetzes beitragen. In welchem Masse eine Entlastung durch Rebound-Effekte (über-) kompensiert würde, ist dabei offen. Unklar ist zudem auch die rechtliche Lage von Ride-Pooling. Auch wenn es keine expliziten gesetzlichen Bestimmungen zu Ride-Pooling-Angeboten gibt, stellen solche Angebote in der heutigen Rechtsetzung eine Grauzone dar (Jermann, 2019). In der Kombination von Ride-Pooling und automatisiertem Fahren wird eine Chance gesehen, da der Preisvorteil den Komfort eines Einzeltaxis überwiegt (ASTRA, 2019f).

Das Potenzial für Carpooling wird häufig in Pilotprojekten als Angebot für Mitarbeitende eines Unternehmens getestet. In einem konkreten Fall zeigte sich, dass wenn das Unternehmen gut an den öffentlichen Verkehr angeschlossen ist, die Mitarbeiter generell eine hohe ÖV-Affinität besitzen und mit sehr flexiblen Arbeitszeiten gearbeitet wird, das Carpooling-Potenzial eher tief geschätzt wird. Dies bestätigte sich in den Resultaten, wonach nur von 0.3% der Mitarbeitenden eine Carpooling Fahrt unternommen wurde. Um das Potenzial stärker auszuschöpfen, wäre es erforderlich, die Fahrten flexibler zu gestalten und die Vorteile für das Carpooling mittels Parkplatzmanagement zu steigern (Haefeli *et al.*, 2018). Eine Studie zeigte anhand einer Simulation im Raum Zürich, dass theoretisch 87% aller Fahrten mit unterschiedlichen Quell- und Ziel-Punkten unter Einhaltung eines gewissen Zeitfensters und maximal erlaubtem Umweg als Pooling-Fahrt zu zweit durchgeführt werden könnten (Dubernet, Rieser-Schüssler and Axhausen, 2013). Bei Fahrten mit identischem Ziel- und Quellpunkt läge der Pooling-Anteil immer noch bei 47% aller Fahrten. Grosse Hemmnisse bezüglich der Nutzung bestehen gemäss der Studie einerseits in der Ungewissheit einer gesicherten Rückfahrt und andererseits in der Einschränkung der zeitlichen Flexibilität.

On-Demand ÖV

Eine Auswertung der künftigen Bedürfnisse von ÖV-Nutzern zeigt Lücken in der örtlichen und zeitlichen Bedienung auf, in welche alternative Mobilitätsangebote stossen können. Nachfragerrelevante Trends und auch die Individualisierung führen dazu, dass die Anforderungen nach zeitlicher und örtlicher Flexibilität in allen Verkehrszwecken zunehmen. Diesen Ansprüchen können klassische ÖV-Angebote in Räumen mit wenig dichter Taktfolge nur ungenügend entsprechen, weshalb in der Schweiz verschiedene Versuche zur zeitlichen und örtlichen Flexibilisierung von ÖV-Angeboten laufen (PostAuto, 2020; Stadt Zürich, 2021). Zudem gewinnen On-Demand Angebote an Wettbewerbsfähigkeit in Bereichen wie Komfort, Preis oder auch der Ressourceneffizienz (BAV, 2018). Der On-Demand-Markt wird besonders durch technische Innovationen und künftig auch dank der fortschreitenden Automatisierung an Bedeutung zunehmen. Aber auch hier bedürfen viele Fragen weiterer Studien und Praxistests: In welchen Räumen stellen On-Demand-Angebote einen Mehrwert dar und ergänzen den ÖV? Wo würden sie eher in Konkurrenz zu den bestehenden Verkehrsangeboten treten? Welche Gefässgrössen sind im jeweiligen Kontext geeignet und durch die Nutzer akzeptiert?

Mobile Echtzeitinformation

Im öffentlichen Verkehr stellen immer mehr Anbieter ihren Kunden Echtzeitinformationen über die aktuelle Verkehrslage zur Verfügung. Auch Fahrtenvermittler und Shared Mobility-Anbieter informieren in Echtzeit über den aktuellen Standort ihrer Fahrzeuge oder die Anzahl Velos an einer Leihstation. Um den Nutzern all diese Informationen aus einer Hand zur Verfügung zu stellen, entstehen Mobilitätsplattformen, welche die verschiedenen Dienstleistungen bündeln und es ermöglichen, für eine Fahrt die verschiedenen Möglichkeiten und Kosten in Echtzeit zu vergleichen. In Europa wird erwartet, dass mehrheitlich Städte und Regionen unabhängige Mobilitätsplattformen betreiben und alle lokal aktiven Betreiber vereinen. Weiter wird davon ausgegangen, dass 2035 rund ein Viertel aller buchbaren Fahrten innerhalb der USA, Europa und China über Mobilitätsplattformen gebucht werden könnten und 75% direkt beim Mobilitätsanbieter (Boston Consulting Group, 2019).

Auch in der Schweiz sind bereits multi- und intermodale Routenplaner bzw. Verkehrsinformationsplattformen in Entwicklung oder in Betrieb. Es zeichnen sich zunehmend integrierte Lösungen ab, die aber unabhängig voneinander operieren und nicht koordiniert entwickelt werden. Öffentliche Behörden halten sich aktuell in der Bereitstellung eigener Angebote zurück bzw. beschränken sich auf die Abgabe von Datengrundlagen. So laufen aktuell durch den Bund der Aufbau eines digitalen Verkehrsnetzes Schweiz als Basis für Mobilitätsanwendungen (Swisstopo, 2021), sowie der Aufbau einer 'Nationalen Dateninfrastruktur Mobilität' (NADIM) als Basis Austauschplattform für Mobilitätsdaten (BAV, 2021).

Die Beweggründe für Verkehrsinformationsplattformen sind das Anbinden der Nutzer an das eigene Mobilitätsangebot, der Verkauf von Daten, Kunden oder Werbung, aber auch Ansätze, welche nicht direkt gewinnorientiert sind wie beispielsweise Verkehrsreduktion (Its-ch, 2015).

Neue Schienen- bzw. Infrastrukturangebote

Neue bahnartige Systeme, welche sich unterirdisch (z.B. SwissMetro NG oder Cargo Sous Terrain) oder oberirdisch (z.B. Hyperloop oder Transrapid) mit hoher Geschwindigkeit fortbewegen, besitzen das Potenzial den Landverkehr auf Strasse und Schienen in hohem Mass zu beeinflussen. Während Hyperloop mit einem europaweiten Fokus ein Gegengewicht zum Kontinental-Flugverkehr aufbauen will (BAK, 2020), zielt SwissMetro NG auf eine Verknüpfung der wichtigsten Schweizer Städte und Regionen. Obwohl Transrapid in China seit Dezember 2003 im kommerziellen Betrieb steht, wird in Europa und in der Schweiz die Reife für den kommerziellen Betrieb solcher Systeme frühestens in 20 Jahren gesehen. Die grössten Herausforderungen sind dabei die komplexe Infrastruktur, die Anforderung an eine möglichst gerade Linienführung und der hohe Aufwand zur Gewährleistung der Sicherheit des Systems im Verhältnis zur begrenzten Transportkapazität von nur ca. 1'200 Personen / h (Hyperloop). Der Reisezeitgewinn aufgrund der höheren Geschwindigkeit wird zudem durch den zeitlichen Mehraufwand für die Sicherheitskontrolle und das Ein- / Aussteigen relativiert¹⁹. Entsprechend bieten sich solche Systeme für Langstrecken >500km an.

Für die VP wird – analog zum Cargo Sous Terrain – auf eine Berücksichtigung verzichtet, davon ausgehend, dass eine Realisierung bis 2050 unsicher und die konkrete Ausgestaltung des Systems wie auch seine eigentlichen Eigenschaften (Geschwindigkeit, Kapazität) unklar sind.

Elektromobilität und alternative Antriebe

Die EP2050+ gehen davon aus, dass sich von den alternativen Antriebsformen bis 2050 im Personenverkehr primär die Elektromobilität durchsetzt. Die Elektromobilität im Personenverkehr hat in den letzten Jahren in der Schweiz aber auch weltweit stark zugenommen. Die

¹⁹ [Hyperloop – eine Innovation für den globalen Verkehr? | ZEVrail.de](https://www.zevrail.de)

Zahl der Neuzulassungen steigt kontinuierlich. Dabei spielt der Bund eine wichtige und unterstützende Rolle, indem er die Ladeinfrastruktur fördert und CO₂ Grenzwerte, mit den damit verbundenen Kosten für die Autoimporteure, einführt. Mit einem Marktanteil von zusammen 14.3% am Neuwagenmarkt im Jahr 2020 haben sich die reinen Elektrofahrzeuge und Plug-in-Hybridfahrzeuge am Markt etabliert (BFS, 2021c). Sie stehen aber weiterhin in der Anfangsphase. Alternative Antriebe sind mittlerweile in einer breiteren Kundengruppe akzeptiert (EBP Schweiz AG, 2020). Bezogen auf den Gesamtbestand weisen die reinen Elektrofahrzeuge im Jahr 2021 noch einen geringen Anteil von 1.5% aller Personenwagen aus (BFS, 2021b).

Es ist davon auszugehen, dass die Elektromobilität über neue Fahrzeugtypen und durch politische Unterstützung zukünftig eine wichtige Rolle für den MIV aber auch den ÖPNV spielen und den Flottenmix der Zukunft massgeblich beeinflussen wird. Die EP2050+ gehen davon aus, dass der Anteil der Elektrofahrzeuge am Neuwagenmarkt nach 2040 je nach Szenario und Fahrzeugkategorie zwischen 70-90% beträgt. Beim Flottenmix (gesamter Fahrzeugbestand) fällt bis 2050 den Elektrofahrzeugen mit 38-74% ebenfalls der grösste Anteil.

Mobility Pricing

Mobility Pricing in der Schweiz hat vornehmlich zum Ziel in Räumen mit grossen Verkehrsüberlastungen die Preise zeitlich zu differenzieren, um eine Verteilung der Verkehrsnachfrage auf Zeiten ausserhalb der Spitzenstunden zu erreichen (ASTRA, 2019g). Das Generieren zusätzlicher Einnahmen zur Infrastrukturfinanzierung oder eine Einflussnahme auf die Verkehrsmittelwahl stehen hingegen nicht im Fokus. Mit einem zeitlich differenzierten Mobility Pricing ist eine Reduktion der Verkehrsmengen in den Spitzenstunden möglich. Im Rahmen einer Studie in der Referenzregion Zug (ASTRA, 2019h) wurde eine mögliche Umsetzung von Mobility Pricing auf der Strasse und im ÖV modellbasiert untersucht.

Im Hauptszenario der Studie in Zug kam zum Grundpreis von 17 Rp/Fzkm für den MIV ein Spitzenzeitenzuschlag von 21 Rp/Fzkm hinzu. Dies führt während den Spitzenzeiten von 7 – 9 Uhr und 17 – 19 Uhr zu totalen variablen Kosten im Modell für den MIV von 38 Rp/Fzkm. Ausserhalb der Spitzenzeiten wirkte nur der Grundpreis von 17 Rp/Fzkm. Diese Spitzenzeitbepreisung führte in den Modellberechnungen zu einer Veränderung der Fahrleistung des MIV gegenüber dem Referenzszenario von -9.4% in der Morgenspitze und -11.7% in der Abendspitze. Über den gesamten Tag bewirkte die Bepreisung eine Reduktion von -2.8%.

Im ÖV lag der Durchschnittstarif in der Schweiz bei 20 Rp/Pkm. Während den Spitzenzeiten wird dieser Tarif um 11 Rp/Pkm auf einen Spitzenzeitentarif von 31 Rp/km erhöht. Währenddessen wurde der Randzeitentarif um -6 Rp/Pkm auf 14 Rp/Pkm reduziert. Dies führte zu einer Veränderung der Verkehrsleistung in der Morgenspitze von -5.3% und in der Abendspitze von -8.6%.

Die Resultate zeigen eine Reduktion der Verkehrsleistung in den Spitzenstunden (ASTRA, 2019g). Über den gesamten Tag verteilt reduziert sich die ÖV Nachfrage um -1% (ASTRA, 2019g). Es bleibt anzumerken, dass die eigentliche Spitze im ÖV zwischen 7-8 Uhr mit -1% nur minimal reduziert werden kann und der grosse Anteil der Reduktion aus der zweiten Spitzenstunde zwischen 8 – 9 Uhr resultiert (ASTRA, 2019h). Die bestehenden Abgaben zur Nutzung der Verkehrsinfrastruktur oder zum Betrieb eines Personenwagens und die Pauschalabonnemente im ÖV wären durch ein schweizweites, distanzabhängiges Preismodell zu ersetzen. In der Studie bestand die Vorgabe, dass gesamtgesellschaftlich keine finanzielle Mehrbelastung für die Bevölkerung resultieren darf. In Einzelfällen führt ein Mobility Pricing, z.B. in Abhängigkeit der zeitlichen Flexibilität, zu einer stärkeren finanziellen Belastung. So sind Personen mit eingeschränkter zeitlicher Flexibilität im Arbeitsverkehr stärker von einer Spitzenpreistarifizierung betroffen als flexiblere Personen.

3.5. Synthese Prospektive Entwicklung

Das Betrachten der prospektiven Entwicklung von Raumentwicklung sowie Güter- und Personenverkehr soll einen Überblick über die Entwicklungstendenzen der nächsten 30 Jahre geben. Dabei ist zu erkennen, dass durch die Digitalisierung eine stärkere Individualisierung und Flexibilisierung technisch möglich und von der Gesellschaft zu erwarten ist.

Die weiter anwachsenden Einwohnerzahlen und die Wirtschaftszunahme bilden starke Treiber für die Anstiege im Güter- und Personenverkehrsaufkommen bis 2050. Durch weitere Siedlungsverdichtungen, veränderte Arbeitsformen (Home-Office, Co-Working-Spaces) sowie eine höhere Bedeutung des Fuss- und Veloverkehrs sind im Arbeits- und Nutzverkehr die Verkehrszuwächse vermehrt abseits des MIV zu erwarten. Ebenso verlagern sich durch die steigende Bedeutung des E-Commerce Einkaufsverkehre des Personenverkehrs zu Lieferverkehren des Güterverkehrs. Dem gegenüber sind beim Freizeitverkehr durch die veränderten Arbeitsformen, aber auch durch die anwachsende Seniorenmobilität Verkehrszunahmen auch beim MIV zu erwarten.

In seiner modalen Zusammensetzung können in den nächsten 30 Jahren Veränderungen im Verkehr erwartet werden. So könnte beim Güterverkehr durch die fortschreitende Verschiebung von Massen- zu Stückgütern und den damit verbundenen höheren Anforderungen an Qualität, Zuverlässigkeit und Flexibilität im Binnen- und im Import- und Exportverkehr eine Verlagerung von der Schiene zur Strasse eintreten. Auch im Transitverkehr könnten trotz Innovationen im Schienengüterverkehr und durch eine stärkere Positionierung des Kombinierten Verkehrs Anteile durch die Strasse übernommen werden.

Im Personenverkehr ist neben dem oben beschriebenen Trend hin zum Fuss- und Veloverkehr auch eine Vermischung von MIV und ÖV zu erwarten. Insbesondere durch die Automatisierung werden flexibilisierte Angebote die Grenzen zwischen MIV und ÖV verwässern und Anteile zu individualisierten Kollektivverkehren (ÖIV) verlagert. Begünstigt werden könnte dies insbesondere in Städten durch Massnahmen zur Umwidmung von Verkehrsflächen in Aufenthalts- oder Umstiegsflächen. Gleichzeitig wird eine vermehrte Internalisierung der extern verursachten Kosten zu einer Erhöhung der Mobilitätskosten führen. Langfristig, und damit für die VP 2050 relevant, ist ein Übergang zu einem preislich und räumlich differenzierten Mobility Pricing in der Schweiz für den MIV sowie den ÖV denkbar.

Die in der Prospektive erkannten Trends in der Raumentwicklung sowie im Güter- und Personenverkehr geben einen Rahmen für die Ausdifferenzierung der Einflussgrössen auf die verschiedenen Szenarien bis zum Jahr 2050 vor. Während etablierte Trends die Wertebasis für eine Fortschreibung oder eine Weiterentwicklung der Einflussgrössen in den moderaten Szenarien bilden, erlauben neue Trends das Abbilden von pointierten Entwicklungen und bisher nicht einbezogenen Einflussgrössen in den Alternativszenarien.

4. Szenarien

Im Zentrum der Arbeiten zu den VP 2050 steht die Modellierung von Szenarien und Sensitivitäten im Modellverbund zwischen NPVM, FLNM und AMG. Die Szenarien stellen Wenn-Dann-Situationen dar, welche für verschiedene mögliche Entwicklungspfade konsistente Bilder repräsentieren. Sie sind nicht Prognosen gleichzustellen.

Weiter-wie-bisher (WWB)

Ist im wortwörtlichen Sinne eines *Weiter-wie-bisher*-Ansatzes zu handhaben. Es nimmt die absehbaren und mittelbaren demografischen, technischen und wirtschaftlichen Entwicklungen sowie die geplanten Infrastrukturen und Angebote gemäss der STEP Strasse / Schiene auf. Dieses Szenario wiedergibt eine *Fortführung des Heute*.

Basisszenario (BASIS)

Baut auf dem WWB auf und umfasst zusätzlich ein Bündel an Massnahmen in den Bereichen Raum, Mobilität, Technologie und Gesellschaft. Das Basisszenario stellt das planungsrelevante Szenario des UVEK, insbesondere für die Infrastruktur- und Angebotsentwicklung von BAV und ASTRA, dar und ersetzt das Referenzszenario der VP 2040. Dieses Szenario wiedergibt eine *Weiterentwicklung des Heute*.

Nachhaltige Gesellschaft (NTG)

Baut auf dem Szenario BASIS auf und geht weiter, indem es technologische Entwicklungen zugunsten einer stärkeren Nachhaltigkeit einsetzt.

Individualisierte Gesellschaft (ITG)

Baut ebenfalls auf dem Szenario BASIS auf und geht weiter, indem es technologische Entwicklung zugunsten der Selbstverwirklichung der Individuen einsetzt.

Szenarien

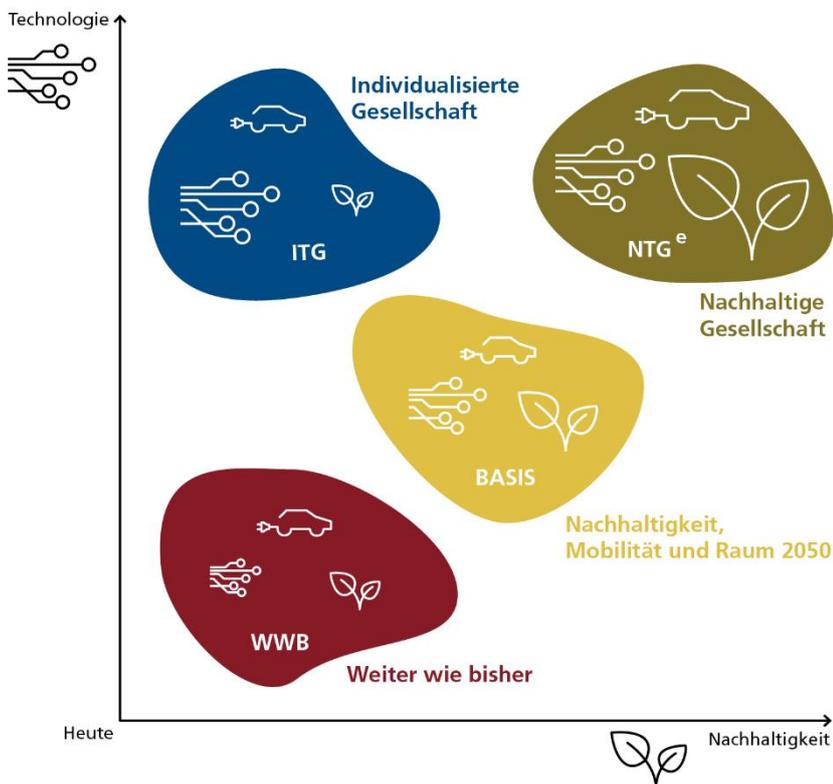


Abbildung 44: Szenarienbilder Quelle: ARE 2021

4.1. Bildung der Szenarien

Die Entstehung der Szenarien für die Verkehrsperspektiven folgte einem mehrstufigen Prozess. In einem ersten Schritt skizzierten die involvierten UVEK-Ämter Vorstellungen zur grundlegenden Ausgestaltung und Abgrenzung der Szenarien in Form grober Vorgaben zur Raum- und Verkehrsentwicklung.

Durch den Auftragnehmer wurden diese Vorgaben in qualitative Beschreibungen zu den Wertausprägungen verschiedener Aspekte von Gesellschaft, Raumordnung und Verkehrsstruktur ausdifferenziert. Im Kreis der UVEK-Ämter wurden die Szenarienbilder weiter geschärft, mitunter Kompromisse für Entwicklungen und Annahmen erarbeitet und diese anschliessend durch den Auftragnehmer in zentrale Stellgrössen zur Raum- und Verkehrsentwicklung ausformuliert. Dabei wurde auf eine widerspruchsfreie Zusammenstellung der Grundausrichtung der Szenarien hoher Wert gelegt. Die Stellgrössen wurden in enger Anlehnung an die Funktionalitäten der eingesetzten Modelle und Methoden gewählt, so dass eine möglichst direkte Übersetzung der Überlegungen in quantitative Annahmen erfolgen konnte.

Die Szenarien sind ergebnisoffen und explorativ konzipiert. Sie folgen keinen Zielvorgaben und lassen sich hinsichtlich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit nicht bewerten. Ihre Funktion besteht darin, die Wirkungen einer unterschiedlichen Raum- und Verkehrspolitik methodisch nachvollziehbar zu machen und damit über alle Szenarien in gleicher Art und Weise darzulegen.

Die Szenarien als Zusammenspiel unterschiedlicher Annahmen loten politische Entscheidungsspielräume aus, ohne vorzugeben, dass spezifische Politiken sich in der angenommenen Ausprägung auch realisieren werden. Die Szenarien grenzen sich bei wichtigen Annahmen bewusst voneinander ab, um Effekte sichtbar zu machen und Entwicklungsspielräume aufzuzeigen. Das BASIS umfasst diesbezüglich bereits ein ambitioniertes Set an verkehrspolitischen Massnahmen, NTG und ITG erweitern diesen Spielraum durch darüberhinausgehende, pointierte Ausprägungen.

4.2. Gemeinsamkeiten aller Szenarien

Die vier Szenarien unterscheiden sich durch bewusst differenzierte Ausprägungen zu Verkehr, Verhalten, Technologie und Nachhaltigkeit. Folgende grundlegenden Aspekte charakterisieren die Szenarien:

- Bevölkerung: Den Verkehrsperspektiven 2050 wird das Szenario A-00-2020 des BFS unterlegt (BFS, 2020a).
- Wirtschaft: Die Entwicklung von Wirtschaft und verfügbarem Einkommen folgt den Vorgaben der Branchenszenarien (KPMG/Ecoplan, 2020) mit unterschiedlichen Entwicklungen je Szenario.
- Verkehrsangebot: Allen Szenarien werden die identischen Verkehrsangebote (Netze & Fahrpläne) bei Schiene (bis zum Zeithorizont 2035) und Strasse (bis zum Zeithorizont 2040) unterlegt, über die Zeitschritte aufgegliedert nach den Strategischen Entwicklungsprogrammen (STEP) von ASTRA und BAV. Details siehe Kap 3.4. Leichte Unterschiede in den Kapazitäten auf der Strasse je Szenario resultieren aus den Wirkungsannahmen des automatisierten Fahrens.
- Aufhebung Kabotage- oder Nachtfahrverbot, die Einführung der Alpentransitbörse, Cargo Sous Terrain, Drohen und Oberleitungen auf Autobahnen werden nicht abgebildet.
- Flugverkehr: Allen Szenarien wird eine identische Entwicklung des Flugverkehrs gemäss Abschätzungen des BAZL unterlegt (nur relevant für bodengebundene zu- und abgehende Flughafenverkehre).

4.3. Ausrichtung der Szenarien

Nachfolgend sind die einzelnen Szenarien qualitativ beschrieben. In kurzer Form werden jeweils wichtige Eigenschaften von Mobilität und Raum in 2050 skizziert. Ebenso wird auf spezifische Aspekte bei der Herleitung der Stellgrössen eingegangen. Die quantitativen Ausprägungen der zentralen Stellgrössen und somit die konkreten Annahmen bezüglich der detaillierten Entwicklungen zwischen heute und 2050 sind in der abschliessenden Tabelle 6 über alle Szenarien als Übersicht abgebildet (vgl. Tabelle 2). Die Szenarien gehen einher mit unterschiedlichen Werthaltungen der Gesellschaft. Nur ein Teil dieser Aspekte ist quantitativ fassbar und fliesst als Stellgrösse direkt in die Modellierung ein.

Anspruchsvoll in diesem Zusammenhang ist die Herleitung von konsistenten gesellschaftlichen Grundhaltungen für potenziell disruptiv wirkende Aspekte in der Zukunft, wie Automatisierung von Fahrzeugen, dezentrale Arbeitsstrukturen (Co-Working Spaces) oder Neuorganisationen der Logistikketten (Mikrohubs). Solche Aspekte wurden nach einem agilen Verfahren hergeleitet und mögliche Implementierungen und Impacts in sogenannten 'Explorativen Sprints' evaluiert. Die konsequente Ausformulierung dieser Aspekte in konkrete Stellgrössenwerte erforderte einen Dialog mit den UVEK-Ämtern und mehrfache Justierungen. Als Ergebnis darf festgehalten werden, dass die Verkehrsperspektiven alle modellierfähigen Aspekte potenziell disruptiver Entwicklungen abdecken und damit mögliche Wenn-Dann-Zukunftsbilder in einer hohen inneren Konsistenz abbilden.

Szenario Weiter-wie-bisher (WWB)

Das Szenario WWB projiziert die Entwicklungen der letzten 20 Jahre in die nächsten 30 Jahre, nimmt jedoch absehbare Veränderungen auf. Es bewegt sich bezüglich Raumstruktur und Verkehr innerhalb des heutigen Regulativs.

Gesellschaft: Das Verantwortungsbewusstsein gegenüber der Umwelt und dem sozialen Umfeld ist vorhanden, prägt jedoch nicht übermässig das Handeln. Besitz von materiellen Dingen, z.B. dem eigenen Auto, ist weiterhin sehr wichtig. Digitale Dienstleistungen erfahren eine leicht zunehmende Akzeptanz. Genuss und Wohlbefinden haben einen hohen Stellenwert, für Verzicht ist hingegen wenig Bereitschaft vorhanden. Technologische Entwicklungen stellen keine dominanten Treiber dar und werden mit einer gewissen Trägheit angenommen. Die Nachhaltigkeit ist ein Schlagwort, danach gelebt wird nicht in aller Konsequenz. Natur und Umwelt sind so weit zu schonen, wie Freizeitaktivitäten dadurch nicht geschmälert werden. Bedrohungen aus Umweltveränderungen werden zwar wahrgenommen, es wird jedoch nur zögernd danach gehandelt.

Mobilitätsmuster: Das Mobilitätsverhalten erfährt in seinen Grundzügen keine grossen Veränderungen. Durch vermehrte Nutzung von digitalen Dienstleistungen reduzieren sich – mit Ausnahme der Freizeit – die Anzahl Wege pro Person. Meist wird das eigene Fahrzeug genutzt. E-Bikes und E-Kleinfahrzeuge erfahren eine weitere Verbreitung. Der ÖV auf Strasse und Schiene bietet eine zuverlässige Alternative, insbesondere für den Arbeitsverkehr. Multi-modalität in Verknüpfung mit der Bahn behält einen hohen Stellenwert. Sharing-Angebote verbleiben in der Nische. Die heutige Arbeitsform verändert sich leicht in Richtung räumliche und zeitliche Flexibilisierung, die Wochenstrukturen bleiben jedoch unangetastet und der Tagesverlauf ist nach wie vor klar nach Zwecken gegliedert. Home-Office wird weitgehend begrüsst und hält im Dienstleistungssektor verbreitet Einzug.

Mobilitätsbudget: Das eigene Fahrzeug stellt weiterhin einen wichtigen Investitionsposten im Haushaltsbudget dar. Komfort und Sicherheit dürfen etwas kosten, die Antriebsform ist dabei sekundär. Hingegen werden bei ÖV-Dienstleistungen tiefe Preise gefordert. Entsprechend ist die Subvention des ÖV akzeptiert. Eine Kostenwahrheit im Verkehr mit Internalisierung der externen Kosten ist nicht gewollt.

Raumentwicklung: Raumplanerisch baut WWB auf eine weitgehende Umsetzung des RPG1 und eine Weiterführung bestehender Instrumente (z.B. Richtpläne, Aggloprogramme). Die Zersiedlung wächst gedämpft weiter an.

Siedlungsform: Die heutigen Siedlungsstrukturen und Siedlungstypen bleiben weitgehend bestehen. In Ortszentren und in Nähe zu ÖV-Hotspots wird die Innen-Entwicklung vorangetrieben. Die heutigen Wohnformen erfahren nur wenig Veränderung und bilden – je nach Siedlungstyp – einen Mix aus Einfamilienhäusern (EFH), Wohnüberbauungen und Hochhäusern. Agglo-Räume erfahren generell eine Verdichtung. Im ländlichen Raum bleiben EFH-Quartiere prägend. Die Arbeitsplatzstrukturen tendieren zu einem leicht stärkeren Wachstum der Mittel- und Grosszentren.

Verkehrspolitik: Während der ÖV auf seinem Kostenniveau verharrt, sorgen Effizienzsteigerungen bei den PW für geringere Mobilitätskosten trotz moderatem CO₂-Kompensationsaufschlag. Die Kosten im Strassenverkehr bleiben somit unter den Kosten des ÖV. Der ÖV verliert dadurch preislich leicht an Attraktivität. Automatisierte Personen- wie auch Güterfahrzeuge treten mittelfristig in Erscheinung und erreichen langfristig eine mässige Durchdringung. Durch den zunehmenden Mischverkehr von konventionellen und automatisierten Fahrzeugen nimmt die Kapazität auf dem übergeordneten Strassennetz leicht ab.

Der ÖV behält seine Angebotsstruktur (identisch in allen Szenarien) mit dem Fernverkehrsnetz als Rückgrat des nationalen ÖV und den S-Bahn-Systemen als Hauptverkehrsmittel für den Pendler- und Freizeitverkehr in Agglomerationen. On Demand-Angebote können sich nicht bedeutend durchsetzen. Ebenso fassen Sharing-Angebote nur in bescheidenem Mass Fuss. Entsprechend erfahren die Besetzungsgrade dadurch keine Veränderungen. E-Bikes und fahrzeugähnliche Geräte mit Elektro-Antrieb (e-FÄGs) nehmen weiter zu, aber weniger dynamisch als in den letzten 10 Jahren. Die mittleren Velogeschwindigkeiten erhöhen sich dadurch leicht.

Güterverkehr: Der Güterverkehr wird im heutigen Mass über Instrumente gelenkt ohne nennenswerte Verschiebungen der Attraktivitäten zwischen Strasse und Schiene. Die Transportkosten verbleiben auf ähnlichem Niveau wie heute mit nur leichten Schwankungen je nach Transportart. Die LSVA bleibt unverändert, mit der Digitalisierung verbundene Effizienzgewinne führen zu einer leichten Erhöhung der Auslastungsgrade. Der Online-Handel erfährt eine Zunahme, wodurch die Anzahl KEP-Fahrten (Kurier-, Express- und Paket-Dienste) ebenfalls ansteigt.

Szenario Basis (BASIS)

Das Szenario BASIS orientiert sich am Entwicklungsrahmen des UVEK definiert über den Sachplan Verkehr, Teil Programm (ARE, 2021) und übernimmt dortige Annahmen zu Veränderungen in Raumstruktur und Verkehr. Weiter antizipiert BASIS sich abzeichnende Entwicklungen in Technologie und Nachhaltigkeit, die den Entwicklungsrahmen des UVEK unterstützen.

Gesellschaft: Es besteht ein starkes Verantwortungsbewusstsein gegenüber der Umwelt und dem sozialen Umfeld. Dem Besitz nachhaltiger Dinge wird gegenüber dem Bezug von – wemöglich nicht nachhaltigen – Dienstleistungen der Vorzug gegeben. Genuss und Wohlbefinden sind in dem Mass akzeptiert, als damit die Umwelt keinen Schaden nimmt. Technologische Entwicklungen werden aktiv verfolgt, aber erst genutzt, wenn sie sich als sinnvoll und nachhaltig erweisen. Die Natur als Raum für Erleben und Erholung sowie ihr funktionaler Beitrag für eine hohe Umweltqualität sind unbestritten. Ihr wird mit sanften Mobilitätsformen begegnet.

Mobilitätmuster: Das Mobilitätsverhalten erfährt in seinen Grundzügen leichte Veränderungen. Durch Nutzung von digitalen Dienstleistungen reduzieren sich – mit Ausnahme der Freizeit - die Anzahl Wege pro Person. Die Nutzung von Sharing-Angeboten spielt eine wichtigere

Rolle und ersetzt zunehmend den Besitz des eigenen Fahrzeugs. Zu Fuss gehen und v.a. die Nutzung des Velos nehmen zu. Je nach Reisezweck werden diese mit der Bahn zu multimodalen Wegekettten verknüpft. In städtischen Räumen überwiegen ÖV und Veloverkehr. Die Arbeit wird zunehmend räumlich und zeitlich flexibel gestaltet und ermöglicht so eine ausgewogenere Work-Life-Balance innerhalb der traditionellen Tages- und Wochenstrukturen. Home-Office wird begrüsst und setzt sich im Dienstleistungssektor stark durch. Entsprechend sinken auch die Anzahl Wege bei Arbeit und Geschäftsreise in höherem Mass.

Mobilitätsbudget: Das eigene Fahrzeug wird tendenziell kleiner und ökologischer, stellt jedoch nach wie vor einen relevanten Investitionsposten im Haushaltsbudget dar. Umweltschonende Dienstleistungen für zuverlässiges Reisen dürfen etwas kosten, entscheidend für die Wahl einer Dienstleistung ist eine ökologische Antriebsform. Eine Internalisierung der externen Kosten wird als Instrument der Verkehrslenkung mittelfristig anerkannt. Ebenso werden die Subvention und somit die Förderung von kollektiven Verkehren gestützt.

Raumentwicklung: Raumplanerisch baut BASIS auf einer vollständigen Umsetzung des RPG1 mit einer polyzentrischen Entwicklung gemäss Raumkonzept auf. Allen Raumtypen unterliegt eine deutliche Tendenz zur Siedlungsverdichtung.

Siedlungsform: Allgemein wird auf raumsparendes Bauen im Bestand Wert gelegt. In Ortszentren und in der Nähe zu ÖV-Hotspots wird die Innenentwicklung konsequent vorangetrieben. Als Wohnform sind Mehrparteiengebäude sehr gefragt. Die Arbeitsplatzstrukturen zeigen einen starken Trend zu einem akzentuierten Wachstum der Mittel- und Grosszentren.

Verkehrspolitik: Während der ÖV sein Kostenniveau hält, verteuert sich die Nutzung der PW, trotz wirkender Effizienzgewinne bei den Antrieben, v.a. aufgrund einer anteiligen Internalisierung externer Kosten. Auch wenn die PW-Nutzung immer noch erschwinglich ist, wird der ÖV im Vergleich zum PW preislich leicht attraktiver. Automatisierte Personen- wie auch Güterfahrzeuge treten erst mittelfristig in Erscheinung und erreichen langfristig eine mässige Durchdringung (analog WWB). Durch den zunehmenden Mischverkehr von konventionellen und automatisierten Fahrzeugen nimmt die Kapazität auf dem übergeordneten Strassennetz leicht ab.

Die Multimodalität auf Basis einer gut ausgebauten Bahn im Fern- und Regionalverkehr als Rückgrat und individuellen Zubringersystemen ist etabliert. In Städten bestehen hoch automatisierte ÖV-Angebote, im ländlichen Raum stellen neben herkömmlichen zunehmend auch hochautomatisierte Angebote die Erschliessung sicher: On Demand-Shuttles ergänzen dort den ÖV und führen zusammen mit einer moderaten Verbreitung von Sharing- und Pooling-Diensten zu einer Diversifizierung des Mobilitätsangebots. E-Bikes und e-FÄGs nehmen mit der Dynamik der letzten 10 Jahre weiterhin zu. Die mittleren Velogeswindigkeiten erhöhen sich spürbar.

Güterverkehr: Der Güterverkehr wird über Instrumente hinsichtlich einer spürbaren Verlagerung auf die Schiene gelenkt. Entsprechend verteuern sich die Transportkosten der Strasse, während sich diejenigen der Schiene leicht senken. In einzelnen Warengruppen und Verkehrsarten werden zusätzliche Potenziale für Transporte auf der Schiene gehoben, dort wo Warenaufkommen vor dem (langlaufenden) Transport räumlich gebündelt werden können. Die Folge sind leichte Modal Shifts in spezifischen Transportarten. Die LSVA wird substanziell erhöht und mittelfristig auch auf elektrische Nutzfahrzeuge ausgeweitet. Zusammen mit zusätzlichen Abgaben resultieren daraus deutliche Erhöhungen der Auslastungsgrade. Der Online-Handel erfährt eine starke Zunahme, wodurch die Anzahl KEP-Fahrten ebenfalls deutlich ansteigt.

Szenario Nachhaltige Gesellschaft (NTG)

Das Szenario NTG beschreibt die konsequente Ausformulierung einer Gesellschaft, in der die technologisch unterstützte Nachhaltigkeit im Vordergrund steht. Veränderungen in Raumstruktur und Verkehr unterliegen der übergeordneten Maxime der Nachhaltigkeit.

Gesellschaft: Das Verantwortungsbewusstsein gegenüber dem sozialen Umfeld und der Umwelt ist sehr ausgeprägt und zeigt sich in einer Bereitschaft für Verzicht. Die vorhandene Kaufkraft wird gern in nachhaltige Dienstleistungen eingesetzt, der Besitz von Dingen wird mitunter als ineffizient beurteilt. Die Möglichkeiten der Technologie werden bewusst und sehr gezielt zu Gunsten eines nachhaltigen Lebensstils eingesetzt. Die Natur ist das höchste Gut. Sie gilt es zu schonen und zu bewahren. Auch will sie auf sanfte Weise mit entsprechenden Mobilitätsformen erlebt werden.

Mobilitätsmuster: Das Mobilitätsverhalten erfährt spürbare Veränderungen in Richtung einer Reduktion der Aktivitäten. Durch veränderte Wohn- und Lebensformen sowie die Nutzung von digitalen Dienstleistungen reduzieren sich – mit Ausnahme der Freizeit – die Anzahl Wege pro Person. Viele Aktivitäten, v.a. im Bereich Freizeit, sind in kurzer Distanz erreichbar und können somit eher zu Fuss oder mit dem Velo erreicht werden. Weitergehende Ortsveränderungen erfolgen zunehmend mit Sharing-Diensten, sei es sporadisch oder fürs Pendeln. Das multimodale Reisen ist Standard, Nutzen statt Besitzen steht allgemein im Vordergrund. Eine räumliche Trennung von Wohnen und Arbeiten sowie ein Festhalten an klaren Tages- und Wochenstrukturen werden als wesentlich für das soziale Zusammensein gesehen. Massnahmen zur Förderung des Homeoffice mit dem Ziel Verkehre zu vermeiden erfahren eine grosse Akzeptanz. Entsprechend setzt sich Homeoffice im Dienstleistungssektor deutlich durch und reduziert die Arbeitswege merklich.

Mobilitätsbudget: Dienstleistungen für ökologisches, angenehmes und komfortables Reisen dürfen etwas kosten und stellen einen wesentlichen Ausgabeposten im Haushaltsbudget dar. Entscheidend für die Wahl einer Dienstleistung ist eine ökologische Antriebsform. Kostenwahrheit im Verkehr ist Gebot und Element der Steuerung. So ist akzeptiert, dass die Mobilitätskosten einen grossen Anteil der externen Kosten beinhalten. Die Subvention und Aufrechterhaltung des Bahn-Regionalverkehrs als ökologisches Massentransportmittel ist breit akzeptiert, technologische Entwicklungen und Automatisierungen führen zu einer höheren Effizienz und erleichtern den Nutzern den Zugang zur Bahn.

Raumentwicklung: NTG baut wie BASIS auf einer vollständigen Umsetzung des RPG1 mit einer polyzentrischen Entwicklung gemäss Raumkonzept auf. Allen Raumtypen unterliegt eine deutliche Tendenz zur Siedlungsverdichtung.

Siedlungsform: Städte nehmen – analog zum BASIS – mehrheitlich das Bevölkerungswachstum auf, die Kerne werden unter Beibehaltung einer hohen Aufenthaltsqualität weiter verdichtet. Gewohnt wird vermehrt funktional mit Wohn-Einheiten, die zu Gemeinschaften gekoppelt werden. Die Bauweise ist kompakt und garantiert einen minimalen Energieverbrauch. Die Arbeitsplatzstrukturen zeigen einen starken Trend zu einem akzentuierten Wachstum der Mittel- und Grosszentren.

Verkehrspolitik: Instrumente der Internalisierung externer Kosten sowie Mobility Pricing führen bei ÖV und MIV zu ansteigenden Mobilitätskosten. Während diese beim ÖV moderat ausfallen, führen sie beim MIV zu einem deutlichen Anstieg und der ÖV gewinnt dadurch preislich an Attraktivität. Die CO₂-Kompensationsaufschläge steigen ab 2040 stark an, aufgrund der gleichzeitigen Dekarbonisierung der PW-Flotte bewirken diese jedoch nur eine zwischenzeitliche Kostenerhöhung für die PW-Nutzung. Automatisierte Personen- wie auch Güterfahrzeuge treten zwar erst mittelfristig in Erscheinung, erreichen langfristig jedoch eine derart deutliche Durchdringung, dass sich die Kapazitäten auf dem übergeordneten Strassen-netz erhöhen.

Die integrale Multimodalität mit der automatisierten Bahn im Fern- und Regionalverkehr als Rückgrat und individuellen Zubringersystemen ist etabliert. In Städten bestehen hochautomatisierte ÖV-Angebote, im ländlichen Raum ergänzen automatisierte Angebote die Erschliessung: On Demand-Shuttles spielen v.a. im ländlichen Raum eine Rolle und führen zusammen mit einer spürbaren Verbreitung von Sharing- und Pooling-Diensten zu einer deutlichen Erhöhung der PW-Besetzungsgrade. E-Bikes und e-FÄGs nehmen mit einer stärkeren Dynamik als in den letzten 10 Jahren zu. Die mittleren Velogeschwindigkeiten erhöhen sich deutlich.

Güterverkehr: Der Güterverkehr wird über Instrumente deutlich auf die Schiene gelenkt. Die Transportkosten der Strasse verteuern sich, während diejenigen der Schienen stärker verbilligt werden. Dies, sowie die Hebung zusätzlicher Potenziale für Transporte auf der Schiene wo Aufkommen gebündelt werden können, führt zu spürbaren Modal Shifts in spezifischen Transportarten. Die LSVA wird deutlich verteuert und mittelfristig auch auf elektrische Antriebsformen ausgeweitet. Zusammen mit zusätzlichen Abgaben und Effizienzgewinnen aus der Digitalisierung (z.B. in der Planung von Umläufen) resultieren daraus starke Erhöhungen der Auslastungsgrade. Der Online-Handel erfährt eine starke Zunahme, wodurch die Anzahl KEP-Fahrten ebenfalls stark ansteigt.

Szenario Individualisierte Gesellschaft (ITG)

Das Szenario ITG beschreibt die konsequente Ausformulierung einer Gesellschaft, in der die technologisch unterstützte Selbstverwirklichung der Individuen im Vordergrund steht. Raumstruktur und Verkehr sowie Nachhaltigkeit unterliegen dem übergeordneten Trend der Selbstverwirklichung.

Gesellschaft: Der Drang nach Unabhängigkeit und individueller Freiheit ist ausgeprägt – auf Kosten der Nachhaltigkeit. Die vorhandene Kaufkraft wird vordringlich in Dinge investiert, der Materialismus prägt den Zeitgeist. Individueller Genuss wird als höchstes Gut kultiviert und definiert das Wohlbefinden. Die Möglichkeiten der Technologie werden in allen Belangen genutzt und ausgelebt. Die Nachhaltigkeit ist zweitrangig, das Erleben steht im Zentrum. Die Natur als Genuss-Element ist akzeptiert. Die Umwelt ist so weit zu schonen, wie Freizeitaktivitäten dadurch nicht geschmälert werden und der eigene Aktionsradius sich dadurch nicht einengt.

Mobilitätsmuster: Das Mobilitätsverhalten erfährt Veränderungen in Richtung einer Zunahme der Aktivitäten. Auch im ITG verschieben sich dabei die Bedeutungen der Fahrtzwecke: durch die Nutzung von digitalen Dienstleistungen sinken die Arbeits- und Einkaufswege, während die Anzahl Freizeitwege pro Person zunimmt. Das eigene Fahrzeug wird mehrheitlich eingesetzt für Ortsveränderungen. Für Sharing-Angebote besteht kein grosser Bedarf. Ebensoviele setzen sich multimodale Angebote durch. Dank technologischer Unterstützung ist es üblich überall zu arbeiten – sowohl digitale als auch physische Meetings nehmen weiter zu. Work anywhere ist allseits etabliert, entsprechend hoch ist im Dienstleistungssektor die Home-Office-Quote. Tages- oder Wochenstrukturen spielen eine untergeordnete Rolle. Übergänge zwischen Wohnen, Arbeiten und Freizeit sind stetig und fliegend.

Mobilitätsbudget: Steigende Kosten für tendenziell grössere Fahrzeuge werden akzeptiert und stellen einen wesentlichen Investitionsposten im Haushaltsbudget dar. Dafür sollen die laufenden Unterhaltskosten der Fahrzeuge möglichst vernachlässigbar sein. Neue Antriebsformen gelten als modern und werden unterstützt. Technologie und ressourceneffiziente Fahrzeuge führen zu einer Absenkung der PW-Nutzungskosten. Für eine Internalisierung externer Kosten finden sich keine Mehrheiten. Subventionen kollektiver Verkehre werden weiterhin akzeptiert, zunehmend aber als marktverzerrend empfunden und nur noch auf geringerem Niveau toleriert.

Raumentwicklung: In ITG erreichen die Instrumente der Raumplanung nur wenig Lenkungswirkung. Das RPG1 wird nur unvollständig umgesetzt.

Siedlungsformen: Für die Wahl des Wohnorts genießt eine hohe Erreichbarkeit einen wichtigen Stellenwert. Diese lässt sich vorwiegend in (heute) mittleren Zentren an Schnittpunkten von Verkehrsachsen erreichen. Dort entwickeln sich primär neue Quartiere, während die Kernstädte stagnieren. Ebenso wächst im ländlichen Raum die Zersiedelung. Als Wohnform leistet man sich etwas, z.B. in Form von funktionalen Tiny Houses, mit komfortabler Raumeinteilung und ohne Störungen von oben, unten oder nebenan. Die Arbeitsplatzstrukturen zeigen einen starken Trend zu Wachstum in Mittelzentren und in den Gürteln um Grosszentren.

Verkehrspolitik: Mobility Pricing führt bei ÖV und PW zu leicht ansteigenden Mobilitätskosten. Während die Kostensteigerungen beim ÖV durch die Reduktion der Subventionen deutlicher ausfallen, steigen die Kosten beim PW in viel geringerem Mass. Der PW wird dadurch im Vergleich zum ÖV günstiger und gewinnt an Attraktivität. Automatisierte Personen- wie auch Güterfahrzeuge treten zwar erst mittelfristig in Erscheinung, erreichen langfristig jedoch eine derart deutliche Durchdringung, dass sich die Kapazitäten auf dem übergeordneten Strassennetz erhöhen, was die Nutzung der Strasse attraktiver macht.

Der ÖV verliert an Bedeutung, hält jedoch seine Angebotsstruktur mit dem Fernverkehrsnetz als Rückgrat des nationalen ÖV und den S-Bahn-Systemen als Hauptverkehrsmittel für den Pendlerverkehr in Agglomerationen aufrecht. Die Nutzenvorteile der ÖV-Automatisierung setzen sich nur punktuell durch. Im ländlichen Raum steht der ÖV stark unter Druck, stellt aber nach wie vor mit hochautomatisierten Angeboten die Erschliessung sicher. Diese werden in Regionalzentren und deren Umgebungen zunehmend durch On Demand-Shuttles ergänzt und konkurrenziert. Sharing- und Pooling-Dienste setzen sich hingegen nicht durch. In der Bilanz führt dies zu einer Verminderung der PW-Besetzungsgrade. E-Bikes und e-FÄGs nehmen weiter zu, aber weniger dynamisch als in den letzten 10 Jahren. Die mittleren Velogeschwindigkeiten erhöhen sich nur leicht.

Güterverkehr: Der Güterverkehr erfährt generell eine spürbare Förderung. Die Transportkosten der Strasse und der Schiene senken sich in ähnlichem Mass, die Attraktivitäten zwischen Strasse und Schiene bleiben entsprechend unverändert. Die LSVA verbleibt auf den heutigen Ansätzen und diese gelten mittelfristig in vermindertem Mass auch für fossilfreie Antriebsformen. Zusammen mit Effizienzgewinnen aus der Digitalisierung resultieren daraus leichte Erhöhungen der Auslastungsgrade. Der Online-Handel erfährt eine massive Zunahme, wodurch die Anzahl KEP-Fahrten (Kurier-, Express- und Paket-Dienste) ebenfalls stark ansteigt.

4.4. Bildung der Stellgrößen

Die Abbildung der Szenarien in die Modellrechnung erfolgt über sogenannte Stellgrößen. Diese entsprechen den Inputparametern der Modelle. Menge und Form der Inputparameter sind durch die verschiedenen Modelle vorgegeben.

Zur Abbildung der Szenarien müssen nicht alle Inputparameter bedient werden. Mehrere Inputparameter sind für alle Szenarien gleich und werden übergeordnet definiert (Bsp. Bevölkerungsentwicklung in FLNM). Eine Übersicht der für die Szenarien zu definierenden Stellgrößen folgt in Tabelle 5.

Aufbau Baustein – Stellgrößen

Auf die Stellgrößen wirken verschiedene, sogenannte Bausteine. Sie quantifizieren die einzelnen Elemente zur Charakterisierung der Szenarien (Bsp. Individualisierung). Aus gewichteten Kombinationen von Bausteinen werden die Stellgrößen gebildet.

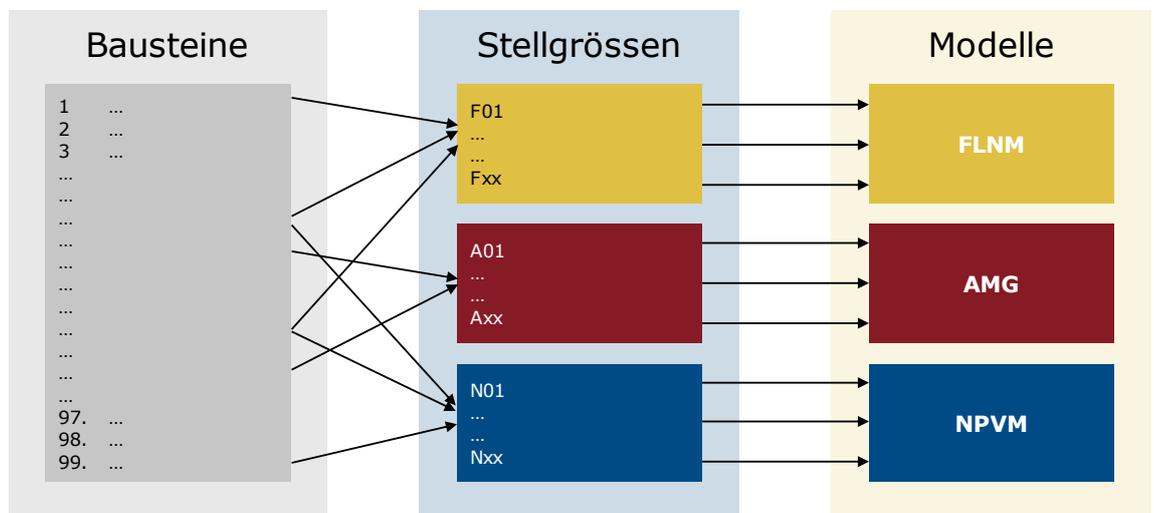


Abbildung 45: Aufbau Bausteine – Stellgrößen – Modell Eigene Darstellung

Als Inputdaten für die Modelle müssen die Stellgrößen nach verschiedenen Merkmalen differenziert vorliegen. So muss z.B. die Stellgröße Besetzungsgrad MIV nach Fahrtzwecken (Arbeit, Freizeit, ...) differenziert hergeleitet werden. Je nach Differenzierung ergibt sich ein anderes Setting der zugrundeliegenden Bausteine oder der Gewichtungen. Die Differenzierungen nach Stellgrößen sowie die zugrunde liegenden Bausteine pro Stellgrößen sind in Tabelle 5 ersichtlich.

Bausteine bestehen mehrheitlich aus Werten nach Zeitschritt und Szenario. Bausteine können aber auch Matrizen (z.B. Aussenverkehre) oder Netzelemente (Fernbusnetz) darstellen und direkt als Stellgrößen dienen. Die einzelnen Bausteine werden für alle Zeitschritte pro Szenario quantifiziert und liegen als Werte pro Szenario und Zeitschritt (2020 bis 2050) vor. Die Herleitung der Bausteine-Werte folgt im nächsten Kapitel.

Tabelle 3: Quantifizierung Bausteine Auszug aus Baustein-File - Beispiel Baustein 47: Individualisierung

Baustein_Name	Szenarien	Inkrementelle Veränderung pro Zeitschritt								Resultierende Werte pro Zeitschritt							Quelle:
		###	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
Individualisierung	WWB	1.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	101	102	103	104	105	106	107	BfS, 2005 2010 & 2015,
Individualisierung	Basis	1.00	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	99	98	97	96	95	94	94	Mikrozensus Mobilität und Verkehr
Individualisierung	NTG	1.00	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.01	98	96	94	92	90	89	87	Aus Szenarienbild abgeleitet
Individualisierung	ITG	1.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	102	104	106	108	110	111	113	Aus Szenarienbild abgeleitet

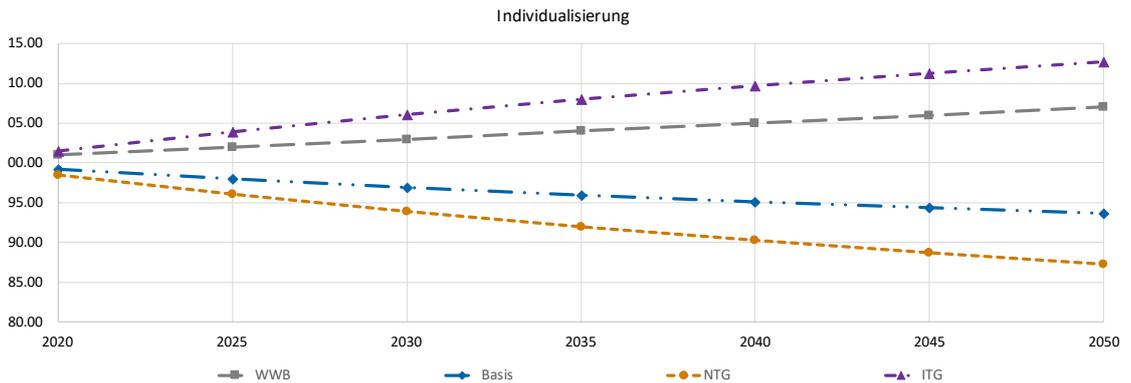


Abbildung 46: Quantifizierung Bausteine Darstellung als Diagramm - Beispiel Baustein 47: Individualisierung

Aus Kombinationen von Bausteinen werden die Stellgrößen gebildet. Die Komposition der Stellgrößen, d.h. aus welchen Bausteinen wird eine Stellgröße gebildet, erfolgte in Workshops. Die Anzahl der relevanten Bausteine pro Stellgröße wird zu Gunsten der Operabilität und der Nachvollziehbarkeit auf fünf begrenzt.

Die Bausteine werden mit einer Wirkungsrichtung und einem Wirkungsbeitrag (Gewicht) versehen. Die Wirkungsrichtung beinhaltet einen positiven Wert (+1), wenn der Baustein in die gleiche Richtung wie die Stellgröße wirkt, bzw. einen negativen Wert (-1), wenn der Baustein entgegengesetzt zur Stellgröße wirkt.

Das Wirkungsgewicht wird im Rahmen der Komposition festgelegt und hinsichtlich einem als zielführend erachteten Wert der Stellgröße fein justiert. Zu diesem Zweck wurde die Stellgröße mit einem realistischen Beispielswert berechnet.

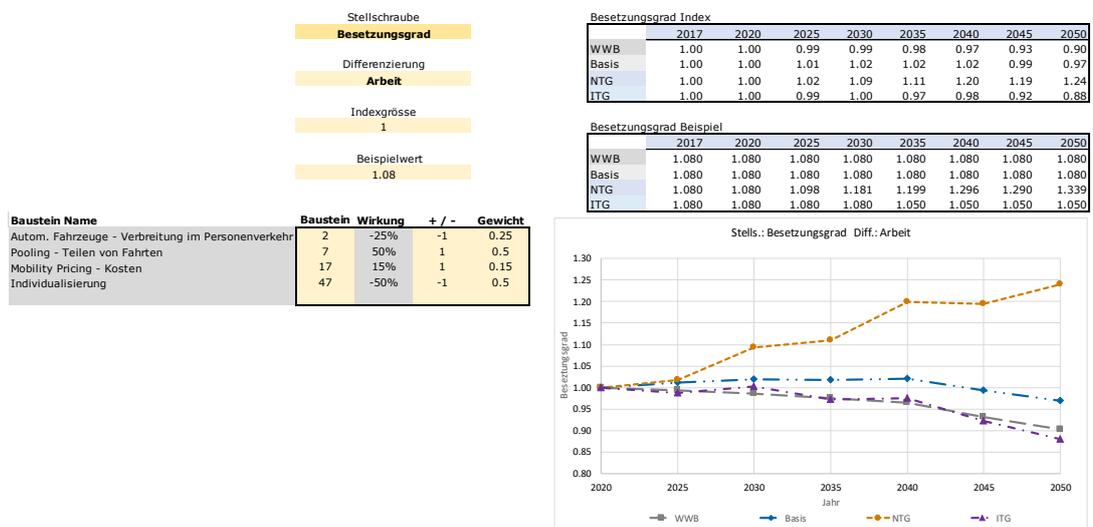


Abbildung 47: Komposition Stellgrößen aus Bausteinen – originale Verläufe

Auszug aus Stellgrößen-File - Beispiel N18.1: Besetzungsgrad PW für Verkehrszweck Arbeit

Aus der Komposition entstehen Stellgrößen-Verläufe. Diese wurden in Konsultation mit dem Auftraggeber und der Begleitgruppe auf plausible Verläufe kontrolliert. Damit wurden stellensweise die Kompositions-Werte überprägt (gelbe Felder).

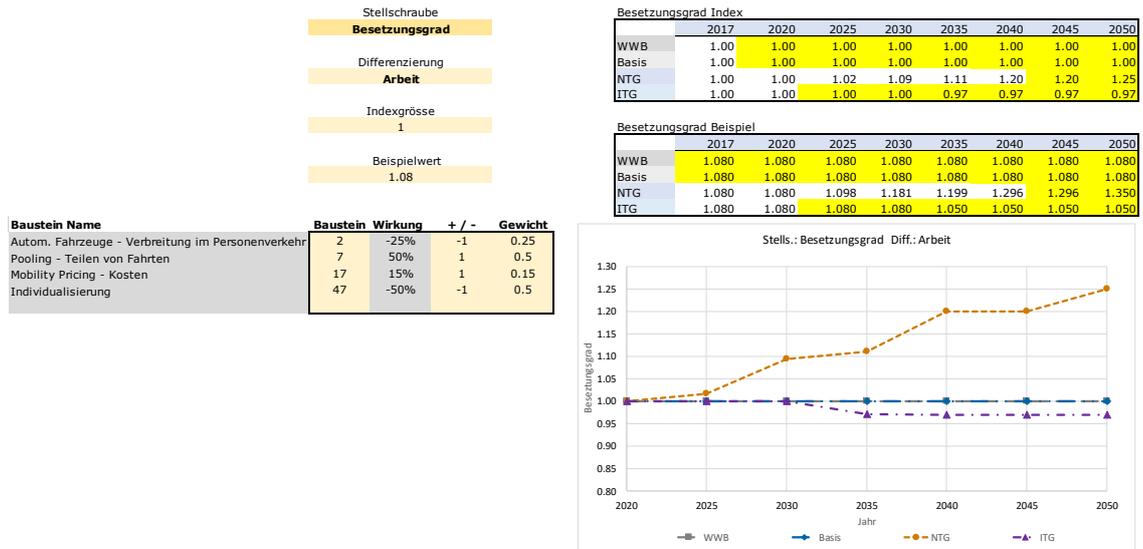


Abbildung 48: Komposition Stellgrössen aus Bausteinen – nach Konsultation der BG geglättete Verläufe
Auszug aus Stellgrössen-File - Beispiel N18: Besetzungsgrad

Herleitung Bausteine

Die Bausteine dienen als numerische Übersetzungen qualitativer Ausprägungen (z.B. steigendes Gesundheitsbewusstsein in der Gesellschaft) oder möglicher Entwicklungen in der Zukunft (z.B. Automatisiertes Fahren).

Das Generieren von Stellgrössen für die Modelle über Bausteine wurde für die VP erstmals zur Anwendung gebracht. Das Set an Bausteinen wurde neu aufgebaut und ist das Resultat einer systematischen Sammlung an Einflüssen und Ausprägungen zur Beschreibung der Szenarien und neuer Mobilitätsformen. Das Set entstand durch Workshops im Projektteam und durch Nennungen durch die Reflexionsgruppe mit Vertretern aus Hochschulen und Experten. Als Resultat liegen zur Bildung der Stellgrössen knapp 80 Bausteine vor.

Einen zusätzlichen Weg durchliefen die Bausteine neuer Mobilitätsformen. Da die Modelle des ARE auf beobachteten Verhalten und Mobilitätsgrössen basieren, müssen für zukünftige Angebote entsprechende Annahmen und Erweiterungen umgesetzt werden.

Aus Vorschlägen der Auftragnehmerschaft, der Literaturrecherche und der Reflexionsgruppe werden insgesamt knapp 60 Ausprägungen neuer Mobilitätsformen, sogenannte «Subject Cases» formuliert. Durch die Modell-User wurden diese in rund 75 Implementierungs-Aspekte und noch weiter in knapp 90 Implementierungs-Tasks ausdifferenziert. Jeder Task stellt einen eigenen Implementierungs-Vorschlag dar.

Tabelle 4: Subject Cases, Aspekte und Tasks (Auszug)

Subject Case	Aspekt pro Subject Case	Task pro Aspekt
Automatisierung im ÖV	Geringere Kosten ÖV	Anpassen Kosten VM-Wahl
Automatisierung im ÖV	Besseres Angebot ÖV	Anpassen Takt VM-Wahl
Sharing (Teilen von Fahrzeugen)	Reduktion PW-Besitz	Anpassen Mobilitätswerkzeuge
Sharing (Teilen von Fahrzeugen)	Parkplätze als Start- / Endpunkte	Einfügen Car-Sharing als neuen Verkehrsmodus
Pooling (Teilen von Fahrten)	Bündelung der Fahrtenanzahl	Erhöhung Besetzungsgrad Fahrzeuge
On-Demand ÖV	Flexibilisierung im ÖV	Reduktion Wartezeiten und Reisezeiten für VM-Wahl

In sogenannten «Explorativen Sprints» wurden im Rahmen eines eintägigen Workshops mit Vertretern von Seite Auftraggeber (ARE) und Auftragnehmer (Projektpartner) alle Tasks diskutiert. Die zur Weiterbehandlung empfohlenen Tasks wurden bezüglich ihrer Implementierbarkeit geprüft. Als Resultat gehen rund 30 Subject Cases in Bausteine über. Eine Übersicht über alle Bausteine sowie deren Einsatz in den Stellgrössen ist in Anhang 6.4: Baustein zu Stellgrössen ersichtlich.

Übersicht Stellgrössen für Modellierung

Die Inputparameter für die Modellierung werden in den Stellgrössen wie oben beschrieben definiert. Insgesamt wurden 58 Stellgrössen identifiziert, welche helfen die in den Szenarien aufgezeigten Bilder in die Modellierung zu übertragen. Neun Stellgrössen beziehen sich auf Inputparameter des FLNM, vier Stellgrössen fliessen in die Anwendung der AMG ein. 31 Stellgrössen sind für das NPVM und 14 Stellgrössen für die Bestimmung der Mobilitätskosten nötig.

In der Tabelle 5 sind diese Stellgrössen sowie die sie beeinflussenden Bausteine und die nötigen Differenzierungen aufgezeigt. So ist z.B. zu erkennen, dass die Ausnützungsziffer durch die Bausteine «Förderung Fussverkehr», «Verdichtung Kernstädte», «Verdichtung Agglo um S-Bahn-Stationen» sowie «Akzeptanz von verdichteten Siedlungsformen» beeinflusst und nach Wohn- und Gewerbenutzung sowie Raumtyp differenziert betrachtet wird.

Die wichtigsten der 58 Stellgrössen werden nachfolgend detailliert beschrieben.

Tabelle 5: Übersicht Stellgrössen

Modell	Inhalt	Einfluss Bausteine	Differenzierungen	
FLNM	F05	Umzugsverhalten: Bereitschaft für längere Arbeitswege	15; 57; 68	-
	F07	Ausnützungsziffer	16; 32; 33; 59	Wohnen (Stadt, Periurban, Land), Gewerbe (S, P, L), Mischzone (S, P, L), Zentrumszone (S, P, L)
	F08	Geschossfläche pro Person	47; 55; 56; 58	städt. Gemeinde (grosse, mittlere, kleine Agglo), Periurbane Gemeinde (grosse, mittlere, geringe Dichte), Ländlich (Zentrumsgemeinde, zentral gelegene Gemeinde, periphere Gemeinde)
	F16	Umgzugsverhalten: Preise Land/Mietwohnungen	45; 49	-
	F22	Anteil Eigentümer Wohnung/Haus	49; 60	Stadt, Agglo, Land
	F25	Mobilitätswerkzeuge	6; 49; 75; 88; 89	HT, GA, Verbund, Verfügbarkeit Auto,
	F28	Umgzugsverhalten: Erreichbarkeit	4; 15; 30	-
	F30	Umgzugsverhalten: Bahnhof	4; 15; 30	-
AMG	A01	Kostensatz Strasse		
	A02	Kostensatz Schiene	gemäss seperatem Excel-Tool zur Wahl der Leitdaten im Güterverkehr	
	A03	Durchschnittsgeschwindigkeit Schiene		
	A50	Automatisiertes Fahren Strassengüterverkehr		
NPVM	N01	Mobilitätsraten	1; 29; 43; 47; 48; 53; 67; 68; 70; 71; 80	Altersklassen 00-17, 18-64, 65+ ; Aktivität Arbeit, Bildung, Einkaufen, Freizeit
	N02	IV-Angebotsnetz Strasse	gemäss NPVM & Entwicklungsprogramm Nationalstrassen STEP (ASTRA, 2019j)	-
	N02a	IV-Angebotsnetz Strasse - Kapazität	3; 34; 90	Autobahn, HVS & HSS, Rest Stadt 2+ Fahrstreifen; Rest 1 Fahrstreifen Stadt Land Intermediär
	N06	IV-Angebotsnetz Velo	gemäss NPVM	-
	N06a	IV-Angebotsnetz Velo - Geschwindigkeit	40; 57; 66	-
	N08a	IV-Angebotsnetz Strasse - Anbindungen	2; 6	Stadt, Land, Intermediär
	N09	ÖV-Angebotsnetz	gemäss NPVM & SBB ÖV-Angebot (SBB, 2020b)	-
	N11	ÖV-Angebotsnetz - Anbindungen	8; 9; 38	Stadt, Land, Intermediär
	N14a	ÖV-Kostenmatrizen GA	-	-
	N14b	ÖV-Kostenmatrizen HalbTax	-	-
	N14c	ÖV-Kostenmatrizen Verbund	-	-
	N14d	ÖV-Kostenmatrizen Vollzahler	-	-
	N15a	Gewichtung der ÖV-Kostenmatrix GA	-	Stadt, Land & Intermediär
	N15b	Gewichtung der ÖV-Kostenmatrix HTA	-	Stadt, Land & Intermediär
	N15c	Gewichtung der ÖV-Kostenmatrix Verbund	-	Stadt, Land & Intermediär
	N15d	Gewichtung der ÖV-Kostenmatrix Vollzahler	-	Stadt, Land & Intermediär
	N16	Parkkosten	19	Stadt, Land & Intermediär
	N17	Parksuchzeiten	6; 19	-
	N18	IV-Besetzungsgrad	2; 7; 17; 47; 55	Arbeit, Bildung, Nutzfahr, Einkauf, Freizeit & Rest
	N19d	Aussenverkehr - Nachfragematrizen PW	17; 77	<50km, >50km
	N19e	Aussenverkehr - Nachfragematrizen OEV	17; 77	<50km, >50km
N22	IV-Besetzungsgrad für Kosten	Gemäss seperatem Excel Tool, N22_Herleitung.xlsx	-	
N24c	Anpassung Nachfragematrix LI	17; 21	<15km, >15km	
N24f	Anpassung Nachfragematrix Velo	21	<15km, >15km	
N30	ÖV-Kenngrösse - Umsteigehäufigkeit	8	Stadt, Intermediär, Rest	
N33	Attraktionsraten	29	Land, Stadt & Intermediär	
N35	Geschwindigkeitsfaktor Velo>Fuss	16; 57; 66	Stadt	
N36	Aufkommensrate Flug	78	5 Flughäfen (Basel, Zürich, Genf, Lugano, Bern)	
N37	AV-Faktoren	2	GV, PV	
N38	On Demand Besetzungsgrad	-	-	
N39	QZD-Stufe 3 Verlagerungsfaktoren	-	-	
Mobilitätskosten	M01	Jährliche Fahrleistung nach Antriebssegment		Diesel, Benzin, Elektro, Hybrid
	M02a	Flottenmix - Fahrzeuggrösse		Ober, Mittel, Klein
	M02b	Flottenmix - Antriebssegment		Diesel & Benzin, Elektro & Hybrid
	M04a	Strom-/Treibstoffpreise (Energiepreise)		Diesel & Benzin, Elektro & Hybrid
	M04b	Strom-/Treibstoffpreise (externe Kosten)		Konventionell, Elektro
	M08a	Strom-/Treibstoffverbrauch		Diesel, Benzin, Elektro, Hybrid
	M08b	Strom-/Treibstoffverbrauch (Übersteuerung)		Konventionell, Elektro
	M11	Kfz-Steuern		Konventionell, Elektro
	M12	Parkkosten (zu Hause)		-
	M13	Vignettenpreis		-
	M14	Anschaffungskosten		Diesel, Benzin, Elektro (Ober, Mittel, Klein), Hybrid (Ober, Mittel, Klein)
	M15	Etappenanzahl		-
	M16	CO2-Abgabe		Diesel & Benzin, Elektro & Hybrid
	M17	Elektro-Abgabe		-
M18	Internalisierungskosten		-	

Stellgrössen Raumnutzung

Ausnützungsziffer F07

Die Ausnützungsziffern wurden aufgrund einer Auswertung des ARE, sowie verschiedenen Referenzwerten aus Gemeinden diverser Kantone festgelegt (Bodenmann *et al.*, 2014). Die Ausnützungsziffern wurden für jede Bauzonenart und für drei verschiedene Gemeindetypen (Städte, intermediäre Gemeinden, Land) festgelegt. Die verschiedenen Masse zur Dichtebegrenzung (insbesondere Ausnützungsziffer, Baumassenziffer, Überbauungsziffer) werden i.d.R. durch die Gemeinden in der Nutzungsplanung bzw. im Baureglement festgelegt. Die Dichtemasse beziehen sich auf die zu erstellenden Bauten – und i.d.R. nicht auf die Nutzung. Im FLNM wird die Nutzungsart indes im Flächenverbrauch berücksichtigt und kann beeinflusst werden.

Im Szenario WWB werden die Annahmen zu den Ausnützungsziffern unverändert belassen. Im Szenario BASIS erhöhen sich für die Wohn- und Mischzonen die Ausnützungsziffern linear um ca. +10%. Im Alternativ-Szenario NTG wird generell eine höhere Verdichtung angenommen, diese ist etwa doppelt so gross wie im Szenario BASIS (etwa +20%). Beim Alternativ-Szenario ITG ist die Entwicklung etwa halb so gross wie im Szenario BASIS.

Geschossfläche pro Person (Wohnen und Arbeiten) F08

Die Geschossfläche pro Person (Floor Area per person, FApp) widerspiegelt grob die Geschossfläche, welche eine Person (als Bewohner oder Arbeitsplatz) normalerweise nutzt. Die angenommenen Geschossflächen pro Person werden aus den Daten des BFS (GWR, analysiert durch das ARE, April 2020) abgeleitet. Die Geschossflächen sind pro Gemeindetypen (Städte, intermediäre Gemeinden, Land) nach drei Gemeindegrössen (gross, mittel, klein) differenziert.

Die Werte des Flächenverbrauchs pro Einwohner werden vom Gemeindetyp beeinflusst. Es wird generell eine lineare Entwicklung angenommen. Die Entwicklung im Alternativ-Szenario NTG ist bis 2050 generell 1m² tiefer als im Szenario BASIS. Diejenige im Alternativ-Szenario ITG um 2m² höher. Die Geschossflächen pro Arbeitsplatz nehmen in den Home-Office-affinen Sektoren (Finanzen, Dienstleistung für Firmen, andere Dienstleistungen) bis 2050 im Szenario BASIS um -20%, im NTG-Szenario um -25% und im ITG-Szenario um -20% ab. Ab 2020 wird eine lineare Abnahme angenommen.

Stellgrössen Standortwahl

Die Standortwahl der Haushalte und Unternehmen wird über verschiedene Nutzenfunktionen gesteuert. Dabei wird bei den Haushalten zwischen verschiedenen Haushaltstypen und bei den Unternehmen zwischen Branchen unterschieden.

Bereitschaft für längere Arbeitswege F05

Einer der wesentlichen Parameter in der Nutzenfunktion zur Wohnstandortwahl ist der Einfluss der veränderten Arbeitsweglänge aufgrund des neuen Wohnortes. Der für die Nutzenfunktion geschätzte Parameter entspricht dem Exponenten der Reisezeit. Da kurze Pendlerdistanzen bevorzugt werden, ist der Exponent negativ. Sehr tiefe Exponenten mit Werten um -2.5 bedeuten, dass lange Reisezeiten einen niedrigen Nutzen bringen. Haushaltstypen mit Werten um -1.5 sind indes bereit, längere Pendlerdistanzen zu akzeptieren. Der Parameter betrifft nur die Bewertung der Pendeldistanz. Für Einkauf u.a.m. muss die Bewertung der allgemeinen Erreichbarkeit angepasst werden.

Im Szenario WWB werden die geschätzten Parameter unverändert belassen. Im Szenario BASIS steigt die Gewichtung leicht (+20%) – trotz vermehrtem Home-Office. Dies widerspiegelt genereller Trend in Richtung Zentrum. Der wichtigste Treiber in diese Richtung ist die zunehmende Internalisierung der externen Kosten. Der Effekt von vermehrtem Home-Office dürfte

die Tendenz generell abschwächen. Im Szenario NTG sollen die Fahrdistanzen verringert werden (hinsichtlich des Gesundheitsaspektes, aber auch aus ökologischen Überlegungen), die Gewichtung wird deshalb stark erhöht (+50%). Im Szenario ITG spielen Distanzen gemäss Szenarienbild «keine Rolle». Die Gewichtung nimmt ab (-20%). Da sich die Exponenten der verschiedenen Haushaltstypen zwischen -1.5 und -3.0 bewegen, scheinen Abweichungen vom Mittel bis 33% plausibel. Es darf indes erwartet werden, dass die Werte einen grossen Einfluss auf das Umzugsverhalten haben werden. Eine Korrektur von 20% bis 50% scheint deshalb realistisch.

Bewertung Erreichbarkeit F28

Zur Berechnung der Erreichbarkeit eines Standortes verwendet das FLNM in FaLC den Potenzialansatz (Geurs and van Eck, 2001). In diesem Ansatz werden die Aktivitäts-Punkte nach ihrer Attraktivität (Anzahl und generalisierte Reisekosten) gewichtet. Dieses Modell geht davon aus, dass Menschen sich rational verhalten und stets danach trachten, ihren Nutzen zu maximieren. Die entsprechende Gewichtung erfolgt mit einer negativen Exponential-Funktion. Aktivitäten in unmittelbarer Nähe des betrachteten Punktes werden deshalb sehr viel stärker gewichtet als Punkte in grösserer Entfernung.

Verschiedene Forschungsarbeiten konnten mit dem Potenzial-Ansatz eine gute Abbildung der Realität nachweisen. So korrelieren verschiedene quantifizierbare Phänomene wie Landpreise, Mietzinse oder Bautätigkeiten mit der so berechneten Erreichbarkeit (Geiger, 1973, 2000; Frey and Schaltegger, 2002; Bodenmann, 2003; Tschopp, 2007; Bodenmann and Axhausen, 2011). Die Idee des Potenzial-Ansatzes beruht auf folgenden Beobachtungen: Wenn wir auf einem bestimmten Standort 1 eine sehr grosse Anzahl Aktivitätsgelegenheiten (zum Beispiel 60'000 Arbeitsplätze) und von diesem Standort ausgehend eine Transportachse (zum Beispiel eine Autobahn) haben, an der 9 weitere Standorte liegen, dann beobachten wir, dass sich am Standort 1 am meisten arbeitssuchende Wohnbevölkerung ansiedelt, am Nachbarstandort 2 schon deutlich weniger, auf dem Standort 3 noch etwas weniger usw. - bis die Abnahme von Standort zu Standort (auf sehr tiefem Niveau) nur noch sehr gering ist. In ähnlicher Weise nehmen die Landpreise, die Mietzinse und die Bautätigkeit ab, die auf dieser Strecke bezahlt werden. Damit steigt also die Erreichbarkeit E im Ausgangsort i mit zunehmender Anzahl Aktivitätsgelegenheiten A in den Zielorten j und möglichst geringen Reisekosten c zum Zielort j . Da von jedem Standort aus auch mehrere Orte mit Aktivitätsgelegenheiten erreicht werden können setzt sich die Erreichbarkeit E aus der Summe aller Erreichbarkeiten zusammen, die durch die verschiedenen Aktivitätsgelegenheiten erzeugt werden. Je nach Fragestellung werden verschiedene Aktivitätsgelegenheiten berücksichtigt: z.B. Bevölkerung, Erwerbspersonen oder Beschäftigte (allenfalls nach Branche). In FaLC wurde bisher, aufbauend auf den Forschungsarbeiten von Geurs and van Eck (2001) sowie Fröhlich and Axhausen (2002) mit den (gefühlten) Reisezeiten und einem Gewichtungsfaktor $\alpha=0.2$ gerechnet. Dies liegt in einer langen Reihe von Forschungsarbeiten in der Schweiz (Geiger, 1973, 2000; Frey and Schaltegger, 2002; Bodenmann, 2003; Tschopp, 2007; Bodenmann and Axhausen, 2011; und andere mehr).

Für die Szenarien wird nicht die Berechnung der Erreichbarkeit verändert, sondern der Einfluss der Erreichbarkeit in der Nutzenfunktion für die Wohnstandortwahl. Eine Erhöhung des Wertes ergibt ein stärkeres Gewicht in der Nutzenfunktion und führt damit zu einer Umzugstendenz in Richtung Zentren. Mit der Stellgrösse wird der Einfluss der gesamten Erreichbarkeit auf die Wohnstandortwahl verändert. Im Szenario WWB werden die aufgrund des bisherigen Umzugsverhaltens geschätzte Parameter unverändert belassen. Im Szenario BASIS nimmt die Wichtigkeit der Erreichbarkeit in einer ersten Phase leicht zu und anschliessend aber ab. Grösster Treiber für diese Entwicklung ist das langfristige Aufkommen der autonomen Fahrzeuge, die die Wichtigkeit der Erreichbarkeit vermindern. Die allgemeine Digitalisierung und Home-Office führen ebenfalls zu dieser Entwicklung. Im Alternativ-Szenario NTG

wird eine Entwicklung zwischen BASIS und WWB angenommen. Im Szenario ITG wird ein stärker ausgeprägter Verlauf angenommen.

Bewertung Preise Land / Mietwohnungen F16

Der Einfluss der Preise für Bauland und Mieten ist sehr heterogen zwischen den einzelnen Haushaltstypen (9 Haushaltstypen; 2 Besitzstandstypen [Miete, Eigentum]). So sind ältere Einzelhaushalte gewillt, höhere Mieten zu bezahlen, um an der gewünschten Lage wohnen zu können. Familien und jüngere Haushalte sind indes deutlich preis-sensitiver. Als Stellgrösse ist zurzeit ein Parameter implementiert, welcher alle Haushaltstypen identisch beeinflusst. Es wurde eine lineare Entwicklung bis zum Zielwert im Jahr 2050 angenommen.

Im Szenario WWB werden die aufgrund des bisherigen Umzugsverhaltens geschätzte Parameter unverändert belassen. Im Szenario BASIS nimmt die Wichtigkeit des Preisniveaus leicht ab. In den Alternativ-Szenarien sind die Verläufe ausgeprägter und verlaufen zudem diametral: Im Szenario NTG nimmt die Preissensitivität ab (-20%), im Szenario ITG hingegen stark zu (+20%).

Bewertung Bahnhof F30

Die Bewertung des Bahnhofes hängt in erster Linie von der Abhängigkeit der Bevölkerung vom öffentlichen Verkehr ab. Insbesondere in Szenarien mit zunehmender Verfügbarkeit von autonomen Fahrzeugen dürfte sich die Wichtigkeit mit ÖV-Verkehrerschliessung reduzieren – und damit auch die Wichtigkeit der Bahnhofsnähe. Im Szenario WWB wird die aufgrund des bisherigen Umzugsverhaltens geschätzte Parameter unverändert belassen. Im Szenario BASIS nimmt die Wichtigkeit der ÖV-Erschliessung vorerst leicht zu und ab 2030 zunehmend ab. Der wichtigste Treiber für diese Entwicklung ist das langfristige Aufkommen der autonomen Fahrzeuge, dies reduziert die Wichtigkeit der Erreichbarkeit mit dem öffentlichen Verkehr. Die Digitalisierung, sowie damit einhergehende Möglichkeiten für flexibles Arbeiten oder Home-Office tragen ebenfalls zu dieser Entwicklung bei. Die zunehmende Internalisierung der externen Kosten im öffentlichen Verkehr schwächt diese Entwicklung hingegen wieder etwas ab. Im den Alternativ-Szenario NTG wird eine Entwicklung zwischen BASIS und WWB angenommen. Im Szenario ITG wird ein ausgeprägter Verlauf angenommen.

Stellgrössen Raumstruktur

Anteil Eigentümer (Wohnung, Haus) F22

Das Modell zur Zuweisung von Eigentümern und Mietern (ARE, 2017b) basiert auf den entsprechenden Anteilen aus der Strukturhebung (kumuliert 2013-2015). Mit der gewählten, nach Raumtypen differenzierten Stellgrösse kann der Anteil der Eigentümer entsprechend erhöht oder verringert werden. Die Auswertungen des Bundesamtes für Wohnungswesen (BWO, 2019) zeigen, dass die Wohneigentumsquote zumindest seit 1980 stetig steigt. 1980 bis 2000 stieg die Quote von rund 30% auf 35%, heute sind es knapp 40%. Im Jahr 2017 war in der Schweiz die Eigentumsquote etwa bei 38%. Dieser Wert wurde als Startwert für die Szenarien übernommen.

Für das Szenario WWB wurde der Startwert bis 2050 gleich belassen. Im Szenario BASIS wird im Jahr 2050 eine Eigentumsquote von 45% angenommen. Im Alternativ-Szenario NTG wird davon ausgegangen, dass die Eigentumsquote bis 2030 auf dem Niveau von 40% bleibt und anschliessend gar leicht zurückgeht (auf 38%). Im Alternativ-Szenario ITG wird die Eigentumsquote bis 2050 auf 50% erhöht.

Mobilitätswerkzeuge F25

Für das Szenario WWB und das Szenario BASIS werden aufgrund der Nutzenfunktion plausible Randsummen für die Mobilitätswerkzeuge Halbtax, GA, Verbundabonnemente und Auto festgelegt. Diese können gesamtschweizerisch, nach Gemeindetyp mit den vorliegenden

Stellgrößen beeinflusst werden. Implementiert wurde zurzeit die Unterscheidung von städtischen, intermediären und ländlichen Gemeinden. Die Stellgröße beeinflusst die Anzahl der Mobilitätswerkzeuge in den entsprechenden Zonen. Die Verteilung auf die Personen (Alterskategorien etc.) erfolgt anschliessend weiterhin über die im FLNM mit FaLC implementierte Nutzenfunktion.

Die Stellgröße gibt die Abweichung in Prozent zu den Mobilitätswerkzeugen pro Person im Erwerbsalter (18-64 Jahre) im Jahr 2017 an. Aufgrund der Szenarien können als Stellgröße Mobilitätswerkzeuge pro Person nach Gemeindetyp (Stadt, Intermediär, Land) verändert werden. Es wird angenommen, dass sich die Anzahl Firmenautos pro Beschäftigten analog zum Autobesitz entwickelt.

Stellgrößen Güterverkehr

Die Aufkommensprognose erfolgt bei der AMG auf Basis der branchenspezifischen Wirtschaftsentwicklungen. Diese werden im Rahmen der Branchenperspektiven (KPMG/Ecoplan, 2020) bestimmt und werden damit bei der Modellierung des Güterverkehrs als modell-exogen betrachtet. Die Verteilung der Aufkommen auf die Verkehrsträger (Modal Split), erfolgt auf Basis der Kostenentwicklung der Strasse beziehungsweise der Schiene. In den Szenarien werden verschiedene Bausteine betrachtet, welche auf die Stellgrößen «Kostensatz Strasse», «Kostensatz Schiene» sowie auf die «Durchschnittsgeschwindigkeit Schiene» wirken. Diese werden in den folgenden Unterkapiteln beschrieben.

Kostensatz Strasse A01

Automatisierte Fahrzeuge – Reduktion der Personalkosten

Rund 30% der Transportkosten entfallen auf die Personalkosten beim Strassengüterverkehr. Die Automatisierung hin zu autonomen und damit selbstfahrenden Lkw hat das Potenzial die Personalkosten substanziell zu reduzieren. In der Literatur werden fünf Automatisierungsstufen bei Fahrzeugen unterschieden – die angenommenen Implikationen der einzelnen Stufen auf die Personalkosten beim Strassengüterverkehr werden in Kapitel 6.3 im Abschnitt «Personalkosten durch automatisiertes Fahren» näher beschrieben.

Die zeitliche Entwicklung der Durchdringungsraten an automatisierten Lkw wird – wie auch beim Personenverkehr (vgl. Stellgröße N37) – aus der Forschungsarbeit «Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 5: Mischverkehr» des ASTRA-Forschungspakets zu «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» entnommen (ASTRA, 2019d). In dieser Studie werden zwei Szenarien für die Zeitschritte 2030, 2040 und 2050 berechnet. Die Werte aus dem «Trendszenario» dienen als Grundlage für WWB und BASIS. Höhere Automatisierungsgrade werden in einem «Extremszenario» präsentiert und dienen als Grundlage für NTG und ITG.

Flottenstruktur nach Antrieb

Da auch die Antriebsstruktur einen erheblichen Einfluss auf die Kosten beim Strassengüterverkehr haben kann, wurde im Rahmen der VP 2050 das Transportkostentool erweitert. Die Flottenstruktur nach Antrieben wie auch die Entwicklung der Energieträgerpreise wird aus den EP2050+ übernommen. Die EP2050+ wurden in zwei Szenarien berechnet: Das Szenario «Weiter Wie Bisher» bildet die Basis für WWB, BASIS und ITG, während das Szenario «ZERO Basis» NTG hinterlegt wird.

Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA)

Die Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) wurde 2001 eingeführt und erfasst alle Fahrten von Lastwagen und anderen schweren Güterfahrzeugen ab 3.5 Tonnen. Die LSVA bezweckt die durch andere Leistungen oder Abgaben nicht gedeckten Wegekosten und die externen Kosten des Lastwagenverkehrs zu decken. Massgebend bei der Festlegung der

LSVA-Sätze sind jedoch noch weitere Aspekte, wie politische Rahmenbedingungen auf nationaler und internationaler Ebene – insbesondere das Landverkehrsabkommen mit der EU, welches die maximale Höhe des LSVA-Tarifs festgelegt (BAV, 2020b).

Bei den Szenarien WWB und ITG wird keine Erhöhung der LSVA-Sätze angenommen. Beim Szenario BASIS wird von einer Erhöhung um 35% und beim Szenario NTG um 52% ausgegangen. Um einen Anreiz für Elektro-Lkw zu setzen, bezahlen Lkw mit batterieelektrischem oder brennstoffzellenbasiertem Antrieb aktuell keine LSVA. Diese Ausnahmen gelten in den Szenarien allerdings nur bis zum Jahr 2030.

Erhöhung der durchschnittlichen Beladung

Im Transportkostentool der AMG werden die Kosten pro Fahrzeugkilometer ermittelt und daraus anhand des Beladungsfaktors die Kosten pro Tonnenkilometer abgeleitet. Die durchschnittliche Auslastung der Strassengüterfahrzeuge (Tonnen pro Fahrzeug) wirkt sich damit direkt auf den Kostensatz der Strasse aus.

Mit Zunahme der Transportkosten versuchen Verlader und Spediteure die Auslastung der Fahrzeuge durch Konsolidierung von Sendungen oder Optimierung der Sendungsgrössen zu verbessern. Entsprechend wird in den Szenarien hinterlegt, dass die Transporteffizienz – und damit auch die durchschnittliche Beladung der Fahrzeuge – höher ist bei höheren Transportkosten pro Fahrzeugkilometer. Die dabei verwendete Elastizität beträgt 0.3 (de Bok *et al.*, 2021); d.h. einer Erhöhung der Transportkosten um 10% erhöht die mittlere Beladung um 3%.

Kostensatz Schiene A02

Automatische Kupplung und Bremsprüfung

Zur Erhöhung der Produktivität im Schienengüterverkehr - insbesondere im Einzelwagen und Wagengruppenverkehr – wird seit Jahrzehnten die Einführung der automatischen Kupplung²⁰ diskutiert. Die manuelle Kupplung von Güterzügen ist aufwändig und gefährlich. Automatische Kupplungen in Kombination mit der automatischen Bremsprobe beschleunigen nicht nur den Rangierprozess, sondern ermöglichen auch längere Züge und damit eine höhere Kapazität der Züge. Aufgrund der in der Literatur genannten Einschätzungen gehen wir beim Wagenladungsverkehr (WLV) von einer Reduzierung der kilometerabhängigen Kosten von -5% aus (ASTRA, 2017b; TIS, 2019). Der Effekt auf die zeitabhängigen Kosten wird weiter unten (Stellgrösse: «Durchschnittsgeschwindigkeit Schiene») beschrieben.

Da die Verbreitung der automatischen Kupplung und Bremsprüfung im Schienengüterverkehr sehr wahrscheinlich ist, werden in allen Szenarien – ausser bei WWB – die oben genannten Kostenreduktionen angenommen.

Umschlagskosten beim KV

Beim kombinierten Verkehr haben die Umschlagskosten einen hohen Anteil an den Transportkosten. Die Kosten für den Umschlag zwischen Lkw und Güterzug in einem Terminal des Kombinierten Verkehrs werden mit durchschnittlich CHF 40 angesetzt (ASTRA, 2017b). Da beim kombinierten Verkehr immer zwei Umschläge (zwischen Vor- und Hauptlauf sowie zwischen Haupt- und Nachlauf) nötig sind, belaufen sich die Umschlagskosten auf CHF 80 je Transport. Effizienzsteigerungen bzgl. der Kosten beim Umschlag im Umfang von bis zu 5% erscheinen realistisch. Dieses Potenzial wird nur beim Szenario NTG angenommen.

²⁰ Teilweise auch unter dem Begriff digitale automatische Kupplung (DAK) bekannt.

Erhöhung der Zugauslastung durch Digitalisierung

Durch Digitalisierung und bessere Verknüpfung zwischen Bahnverkehr und Produktionsquellen und Konsumptionszielen in Railports, Cityhubs etc. lässt sich die Transporteffizienz auf der Schiene erhöhen. Durch Digitalisierung werden auch Produktivitätsfortschritte in der Wagentdisposition, Leerwagengestellung sowie bei den Vor- und Nachlaufkosten wahrscheinlicher.

Musterrechnungen haben gezeigt, dass in dem Bereich eine Kostenreduktion von bis zu 12% für die gesamte Haus-Haus Transportkette erreicht werden kann (ASTRA, 2017b). Die volle Kostenreduktion wird im Szenario NTG (12%), leichte Kostenreduktion im Szenario Basis (5%) und eine mittlere Kostenreduktion beim Szenario ITG (8.5%) bei der Schiene (alle Produktionsformen) angenommen.

Durchschnittsgeschwindigkeit Schiene A03

Automatische Kupplung und Bremsprüfung

Die automatische Kupplung und Bremsprüfung reduziert nicht nur die kilometerabhängigen Kosten (wie oben beschreiben), sondern beschleunigt auch die Neubildung der Zugkompositionen und wirkt damit auf die Systemgeschwindigkeit der Schiene. Bei der automatischen Bremsprüfung wird davon ausgegangen, dass der Vorgang um 45 min schneller erfolgen kann (15 statt 60 min). In Anlehnung an eine Analyse aus dem Jahr 2017 (ASTRA, 2017b; TIS, 2019) wird angenommen, dass durch die automatische Kupplung und Bremsprüfung die zeitabhängigen Kosten um 2% sinken. Diese Kostenreduktion wird in allen Szenarien, ausser dem WWB, gleich angenommen.

Stellgrössen Verkehrsnetze

IV-Angebotsnetz Strasse N02, N08 und N17

Als IV-Angebotsnetz Strasse (N02) wird das Netz des NPVM übernommen (ARE, 2020c). Für die Zustände bis 2050 sind die Anpassungen gemäss Entwicklungsprogramm Nationalstrassen STEP (ASTRA, 2019i) eingeflossen. Eine detaillierte Übersicht der je Zeitscheibe integrierten Massnahmen im Strassennetz kann Anhang 6.3: Massnahmen Verkehrsangebot entnommen werden.

Die Anbindung der Verkehrszonen an das IV-Angebotsnetz (N08) wird nach Raumtypen (Stadt, Intermediär, Land) differenziert. Hier werden je nach Szenario unterschiedliche Verfügbarkeiten von automatisiertem Fahren und Sharing-Angeboten abgebildet, welche die Fahrzeit der Anbindung positiv (Automatisiertes Fahren) oder negativ (Sharing) beeinflussen.

Ebenso fliessen als Bestandteil des IV-Angebotsnetzes Strasse auch die Parksuchzeiten (N17) ein. Diese werden je nach Szenario hinsichtlich des Parkplatzangebots in Städten sowie der Verfügbarkeit von Sharing-Angeboten variiert.

IV Angebotsnetz Velo N06

Als IV-Angebotsnetz Velo wird das Netz des NPVM übernommen (ARE, 2020c), ergänzt um einzelne, seit 2017 realisierte Velohaupttrouten.

ÖV-Angebotsnetz N09, N11, N11a und N30

Als ÖV-Angebotsnetz (N09) wird das Netz des NPVM übernommen (ARE, 2020c). Für die Zustände bis 2050 sind die Entwicklungen des Netzes und der Fahrpläne in 5-Jahres-Schritten bis einschliesslich 2035 hinterlegt. Eine Übersicht über die je Zeitscheibe wichtigsten Änderungen findet sich in Kapitel 6.4.

Die Anbindung der Verkehrszonen an das ÖV-Angebotsnetz wird nach Raumtypen (Stadt, Intermediär, Land) differenziert. Hier werden je nach Szenario unterschiedliche Verfügbarkeiten

von On Demand-ÖV und mobilen Echtzeitinformationen (N11) sowie von 'elektrischen Fahrzeugähnlichen Geräten eFÄG' (N11a) abgebildet, welche die Zugangs-Fusszeit der Anbindung positiv beeinflussen.

Die Umsteigehäufigkeit im ÖV (N30) wird nach Raumtypen differenziert und gibt die Verbesserung der Akzeptanz des ÖV-Angebots durch die Verfügbarkeit von On-Demand-Angeboten wieder. Um klassische ÖV-Angebote durch diese Stellgrößen nicht zu konkurrenzieren, greift sie nur in diesen Szenarien und Raumtypen, wo in den Szenarienbildern eine Ergänzung des klassischen ÖV durch On Demand-Angebote hinterlegt sind. Entsprechend verbessern sich die Umsteigehäufigkeiten im Szenario NTG nur im ländlichen Raum und beim Szenario ITG nur im intermediären und im ländlichen Raum.

Stellgrößen Personenverkehr

Mobilitätsraten N01

Die Mobilitätsraten wiedergeben die Veränderung des Mobilitätsverhaltens spezifischer Differenzierungsmerkmale gegenüber dem Ist-Zustand 2017 (100%). Eine Mobilitätsrate <100% repräsentiert eine reduzierte Mobilität, eine Rate >100% eine gesteigerte Mobilität.

Die Mobilitätsraten werden nach Altersgruppen (0-17, 18-64, 65-74, >75 Jahren) und nach Verkehrszweck (Arbeit Bildung, Einkauf, Nutzfahrt, Freizeit) in neun Stellgrößen differenziert. Eine Differenzierung nach Raumtypen erfolgt nicht. Die vier Stellgrößen der Altersgruppen stehen stellvertretend für fünf Altersgruppen (18-24 und 25-64 werden zu 18-64 zusammengefasst) und die fünf Stellgrößen für Verkehrszwecke stehen stellvertretend für 26 Aktivitätspaare (Wohnen – Arbeit, Nutzfahrt – Wohnen, etc.). An das Modell übergeben werden die Mobilitätsraten der Kombinationen aus 5 Altersgruppen und 26 Aktivitätenpaaren.

Die Mobilitätsraten weisen neben generellen Entwicklungen (Die Gesellschaft wird mobiler) auch die Einflüsse spezifischer Effekte anderer Einflussgrößen aus. So beeinflusst die Entwicklung von Home-Office die Mobilitätsraten für den Verkehrszweck Arbeit, die Entwicklung beim Online-Handel beeinflusst den Verkehrszweck Einkauf oder die Automatisierung beeinflusst die Mobilitätsrate der Altersgruppe >75 Jahre. Entsprechend ist es zwingend, dass die Mobilitätsraten konsistent zu den sie beeinflussenden anderen Effekten ausfallen.

Bei den Altersgruppen steigern sich die Mobilitätsraten bei den Jungen (0-17 Jahren) und den Senioren (>65 Jahren), während sie sich im Verhältnis dazu bei den Erwerbstätigen (18-64 Jahren) leicht reduzieren. Die höchste Steigerungsrate wird den 65-74-Jährigen hinterlegt. Dieses Verhältnis zwischen den Altersgruppen bleibt über alle Szenarien konstant, die Grundhöhe der Mobilität variiert hingegen je nach Szenario. Bei den Verkehrszwecken erfährt nur Freizeit eine gesteigerte Mobilität, die Rate bei allen anderen Zwecken reduziert sich hingegen deutlich.

Kapazitäten Streckennetz N02a

Grundsätzlich führen höhere Auslastungen im Strassennetzmodell zu längeren Fahrtzeiten die Verlagerungen zu anderen Modi auslösen können. Die Kapazitäten im Streckennetz sind nach drei Strassentypen (Autobahn, HVS+HSS, Stadtstrassen) differenziert. Generelle Kapazitätseffekte wurden im Sinn einer «Kapazitätssteigerung durch verbessertes Verkehrsmanagement» hinterlegt. Explizit abgebildet sind Kapazitätsreduktionen auf Stadtstrassen durch Umwidmung von Fahrspuren zu anderen Funktionen (ab 2040) sowie Kapazitätseffekte auf Autobahnen und HVS+HSS aufgrund automatisierten Fahrens.

Bei Kapazitätseffekten aus automatisiertem Fahren verändert sich die Kapazität in Abhängigkeit des zu erwartenden Durchdringungsgrads automatisierten Fahrens (Stellgrösse N 37). Bis zu einer Durchdringungsrate von rund 40% reduziert sich die Kapazität, beginnt danach zu steigen, erreicht bei einer Durchdringungsrate von 54% die Kapazität des Ausgangswerts

von 2017 und steigt mit weiter zunehmendem Durchdringungsgrad deutlich an (Krause *et al.*, 2017).

Bezogen auf die Szenarien reduzieren sich auf Autobahnen und auf Hauptverkehrsstrassen und Hauptsammelstrassen (HVS+HSS) in WWB und BASIS die Kapazitäten aufgrund der Durchdringungsrate AF von 32% bis 2050 leicht, während sie in NTG und ITG - nach einer Reduktion bis 2045 - auf 2050 hin dann zunehmen.

Geschwindigkeiten Velo und Fuss N06a und N35

Die Veränderungen der Geschwindigkeiten im Veloverkehr (N06a) sind massgeblich durch die Verbreitung von E-Bikes und durch Verbesserungen der Veloinfrastruktur beeinflusst. Zusätzlich führt auch ein gesteigertes Gesundheitsbewusstsein und damit einhergehende steigende «Fitness» zu einer Erhöhung der Velogeschwindigkeit. Je nach Szenario wirken diese Faktoren unterschiedlich positiv auf die Velogeschwindigkeit, wobei dem Szenario NTG die höchste und den Szenarien WWB und ITG die geringste Steigerung zugesprochen werden.

Die Fussgeschwindigkeit (N35) bleibt in den Szenarien unverändert.

IV-Besetzungsgrad N18 und N22

Der IV-Besetzungsgrad wird nach den fünf Verkehrszwecken Arbeit, Bildung, Nutzfahrt, Einkaufen und Freizeit differenziert. Beeinflusst wird der Besetzungsgrad durch die Verbreitung von automatisierten Fahrzeugen, welche einerseits eine höhere Individualität erlauben und andererseits Leerfahrten erzeugen und somit eine Reduktion des Besetzungsgrade bewirken (ASTRA, 2019b). Einen wesentlichen Einfluss auf den Besetzungsgrad bewirkt der Anteil an geteilten Fahrten (Pooling). Hier werden je nach Szenarien unterschiedliche Akzeptanzgrade der Gesellschaft hinterlegt. Auch führen Kostenerhöhungen für die Strassenbenutzung, z.B. aufgrund der Internalisierung externer Kosten oder des Mobility Pricing (nur in den Szenarien NTG und ITG wirksam), tendenziell zu leicht höheren Besetzungsgraden.

Bezogen auf die Szenarien werden in WWB und BASIS die Besetzungsgrade nicht verändert. In NTG resultieren bis 2050 bei allen Verkehrszwecken stark erhöhte Besetzungsgrade, während in ITG sich der Besetzungsgrad insbesondere mit Zunahme der Anteil der automatisierten Fahrzeuge vermindert.

Bei Fahrten mit höheren Besetzungsgraden entstehen den einzelnen Nutzern tiefere Kosten. Dies wird mit der der Stellgrösse N22 Besetzungsgrad für Kosten berücksichtigt. Die Höhe der Kostenanpassung leitet sich aus dem Besetzungsgrad (N18) sowie der Abschätzung der Wege aus den Mobilitätsraten und den Strukturdaten her.

Nachfrage Aussenverkehr N19

Die Netzanbindungen des Auslands an das Schweizer Verkehrsnetz werden vom NPVM übernommen (ARE, 2020c). Zusätzlich werden für zwei Distanzgruppen (<50km, >50km entfernt zur Landesgrenze) differenziert nach PW und ÖV Veränderungen des Verkehrsverhaltens für grenzüberschreitenden Verkehr abgebildet. Neben möglichen Veränderungen des sogenannten Grenzwiderstands werden hier nach Szenario auch die Effekte möglicher Kostenänderungen auf die Bereitschaft für Fahrten über die Grenze abgebildet. Diese gelten für beide Richtungen. Nach Absprache mit der Auftraggeberschaft werden Anpassungen nur bei der Klasse Fahrten <50km zur Landesgrenze vorgenommen.

Bezogen auf die Szenarien wird in allen Szenarien eine leichte Verringerung des Grenzwiderstands hinterlegt. Gleichzeitig wird angenommen, dass sich in Anlehnung die Entwicklung der KM-Kosten für Strasse und ÖV in den Szenarien, diese Wirkungen anteilig auch auf den grenznahen Verkehr auswirken. Entsprechend erfahren die Szenarien WWB und ITG tendenziell eine leichte Erhöhung der PW-Nachfrage im Aussenverkehr, während bei BASIS und NTG die ÖV-Nachfrage stärker steigt.

Automatisiertes Fahren-Faktor N37

Die Verbreitung des automatisierten Fahrens wird der Forschungsarbeit «Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 5: Mischverkehr» des ASTRA-Forschungspakets zu «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» entnommen (siehe auch Kapitel 3.4).

Bezogen auf die Szenarien wird in WWB und BASIS eine Durchdringung mit automatisiertem Fahren bis 2050 von 32% unterlegt, und bei NTG und ITG eine solche von 62%.

On Demand N38

On Demand-Fahrten sind geteilte Fahrten (Pooling). Sie werden aus dem MIV und aus dem ÖV abgespalten und mit einem höheren Besetzungsgrad versehen (N38). Die Regeln der Abspaltung sind in Kap 6.5 beschrieben.

Bezogen auf die Szenarien werden On Demand Verkehre in WWB nicht abgebildet und in BASIS, NTG und ITG ab 2035 gleichwertig hinterlegt. Die Erhöhung der Besetzungsgrade beginnt mit 2.5 im Jahr 2035 und steigert sich bis 3.5 im Jahr 2050.

Stellgrössen Mobilitätskosten

ÖV-Kosten

ÖV-Kosten haben einen grossen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl. Die Retrospektive zeigt, dass der ÖV in den vergangenen Jahren gegenüber dem MIV teurer geworden ist (vgl. Kapitel 2.6). Die Entwicklung der ÖV-Kosten (je KM) sind im für die VP eingesetzten NPVM abhängig von den distanzabhängigen Ticketpreisen, des räumlich differenzierten Besitzes von ÖV-Abonnements (GA, Halbtax, Verbund, kein Abo) sowie den je Szenario unterschiedlichen Annahmen zur Subventionsbereitschaft. Für die Szenarien NTG und ITG ergibt sich zudem ein geringer Zuschlag aufgrund des Mobility Pricing. Die Berechnung der ÖV-KM-Kosten ist in Kapitel 6.5 beschrieben.

PW-Kosten

Jährliche Fahrleistung M01

Die Entwicklungspfade der jährlichen Fahrleistung nach Antriebssegment stammt aus den EP2050+ . Die Fahrleistung der Antriebssegmente Benzin und Diesel bleiben bis 2050 in allen Szenarien relativ stabil, respektive erfahren eine kleine Abnahme. Bei Elektro- und Hybridfahrzeugen nimmt die jährliche Fahrleistung 11% bis 14% zu. Es ist zu beachten, dass die Fahrleistungen einerseits Ergebnis der VP sind, zur Ermittlung der Entwicklung der PW-Kosten über die Zeit aber andererseits vorab Annahmen über die Fahrleistungen je Fahrzeugklasse im Sinne eines «Inputs» getroffen werden mussten.

Flottenmix M02

Der PW-Flottenmix ist nach Antriebsform (Benzin, Diesel, Elektro und Hybrid) sowie Fahrzeuggrössenklasse (Klein-, Mittel- und Oberklasse) differenziert. Die Anteile nach Antriebsform und deren Entwicklungspfade wurden aus den EP2050+ übernommen. Die Anteile der Fahrzeuggrössenklassen wurden aus dem NPVM übernommen (gemäss MOFIS Datenbank 2017). Die Veränderung dieser Anteile bis 2050 wurde über die Stellgrösse M02 bespielt. In WWB bleiben die Anteile aus den EP2050+ unverändert, während in BASIS eine leichte Verschiebung hin zu Kleinwagen abgebildet wird. Dem gegenüber erhöht NTG deutlicher die Anteile der Kleinwagen und reduziert diejenigen der Oberklassewagen, während in ITG die gegenteiligen Anpassungen abgebildet sind. Die Anteile der Mittelklassewagen werden aus den Anteilen der beiden anderen Wagenklassen abgeleitet.

Strom- und Treibstoffpreise M04, M08

Die Entwicklungspfade der Strom- und Treibstoffpreise stammen aus den EP2050+ des Bundes.

Parkkosten M12

Die jährlichen Parkkosten (Stellplatz zu Hause) werden als Fixkosten im Grundaufwand der PW-Kostenkomponenten berücksichtigt. In den Szenarien WWB und ITG bleiben die Parkkosten auf dem heutigen Niveau bestehen. In den Szenarien BASIS und NTG nehmen die Parkkosten bis 2050 linear um 15% respektive 30% zu.

Autobahnvignette M13

Die Autobahnvignette wird als Fixkostenpunkt im Grundaufwand berücksichtigt. Der Preis für die Autobahnvignette bleibt in allen Szenarien auf dem heutigen Niveau.

Anschaffungskosten M14

Die Anschaffungskosten fliessen via Wertverlust in die leistungsabhängigen Km-Kosten ein. Die Entwicklung der Anschaffungskosten nach Antriebssegment und Grössenklasse wird über die Stellgrösse M14 bespielt und verläuft in allen Szenarien gleich. Die Anschaffungskosten von Benzin- und Dieselfahrzeugen bleiben konstant, während sie bei Elektro- und Hybridfahrzeugen um bis zu 15% abnehmen. Die stärkste Abnahme findet bei den kleinen Elektrofahrzeugen statt.

Etappen pro Jahr M15

Die Annahme zur Anzahl Etappen pro Jahr fliesst in die Berechnung des Grundaufwands mit ein und bleibt in allen Szenarien konstant.

Kompensationsaufschlag und Internalisierungskosten M16 – M18

Die Höhe des CO₂-Kompensationsaufschlags entspricht in WWB und ITG dem gemäss geltendem CO₂-Gesetz maximalen Kompensationsaufschlag. In den Szenarien BASIS und NTG wurde ab 2035 respektive 2030 im Sinne eines weitergehenden CO₂-Kompensationsaufschlags ein erhöhter Aufschlag angenommen. Die veränderte Flottenzusammensetzung mit zunehmenden Anteilen an Elektrofahrzeugen führt zu Mindereinnahmen aus der Mineralölsteuer und zu einer Absenkung des Kostenniveaus für den MIV. Über den Kompensationsaufschlag (M17) wird ein auf die gesamte Flotte wirkender leistungsabhängiger Aufschlag zur Kompensierung der Mindereinnahmen in die Berechnung der Km-Kosten (MIV) eingespielen. Diese kommt in allen Szenarien ab 2030 für 75% der Mindereinnahmen auf.

Die Internalisierung externer Kosten (exkl. Klimakosten) erfolgt über einen Aufschlag pro Kilometer. Die Höhe des Aufschlags orientiert sich an der Studie «Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz. Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr 2017» (ARE, 2020a). In den Szenarien BASIS und NTG werden über die Stellgrösse M18 bis 2050 25% respektive 50% der durch den privaten Strassenverkehr anfallenden externen Kosten internalisiert. In den Szenarien WWB und ITG findet keine Internalisierung dieser Kosten statt.

Mobility Pricing (gemäss separatem Excel Tool)

Mobility Pricing wirkt auf die ÖV- sowie auf die PW-Km-Kosten. Diese fliessen anhand eines Aufschlags in das Modell mit ein und variieren je nach Ort und Zeit. Ein mit einem Mobility Pricing verbundener Zuschlag für beide Verkehrsmittel wirkt nur in den Szenarien NTG und ITG. In diesen Szenarien wirkt Mobility Pricing auf den ÖV und die PW räumlich differenziert, d. h. Relationen in Gebieten mit höheren Verkehrsbelastungen erfahren einen tendenziell höheren Zuschlag, als andere Räume. Die effektiv resultierenden, durchschnittlichen Kostenaufschläge wurden anhand eines separaten Excel Tool hergeleitet und als Kostenmatrix dem Modell übergeben (siehe Kapitel Anhang 6.3: Massnahmen Verkehrsangebot).

Nachfolgende Tabelle 6 zeigt für die zentralen Stellgrößen der VP die konkreten, quantifizierten Annahmen. In der Regel sind die Werte für den Ist-Zustand 2017 sowie den Zustand 2050 dargestellt. Zudem finden sich ergänzenden Hinweise zur spezifischen Umsetzung in den Modellen.

4.5. Stellgrößen über alle Szenarien

Tabelle 6: Annahmetabelle Stellgrößen über alle Szenarien

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
Demografie und Gesellschaft Entwicklungen zwischen 2017/19-2050				
Bevölkerungsentwicklung ²¹	BFS Trendszenario A-00-2020: 2019: 8.61 Mio. Einwohner / 2040: 10.02 Mio. / 2050: 10.44 Mio. NPVM: 2017: 8.60 Mio. Einwohner / 2050: 10.44 Mio. (Plus von 21.3%)			
Vergleich mit VP 2040	2010: 7.87 Mio. Einwohner / 2040: 10.04 Mio. Einwohner: + 27.6%			
Bevölkerungsstruktur	BFS Trendszenario A-00-2020: Altersquotient +16 Prozentpunkte			
Erwerbsbevölkerung	BFS Trendszenario A-00-2020: +10%			
Grundlegende Eigenschaften	Festigung bekannter Trends: Besitzorientierung, Freizeit- gesellschaft und mässige Umweltsensibilität	Orientierung an nachhaltiger Entwicklung & Bewusstsein für Ressourceneffizienz	Nachhaltigkeit als Maxime, Zunahme Sharing und Kon- sum Richtung Dienstleistun- gen	Hohe Besitzorientierung, schwach ausgeprägte Um- weltsensibilität
Wirtschaft²² Entwicklungen zwischen 2017-2050				
Wirtschaftswachstum und Ein- kommen	KPMG/Ecoplan (2020), basierend auf SECO BIP-Referenzszenario (Mai 2020): +57% (COVID-geglättete Zahlen)			
Aussenhandel	KPMG/Ecoplan (2020): +46.7% (Exporte), +50.8% (Importe) (COVID-geglättete Zahlen)			

²¹ Bevölkerungsszenarien Hoch und Tief können über Sensitivitäten abgebildet werden.

²² Aus den Arbeiten von KPMG/Ecoplan (2020) liegen verschiedene Szenarien und Regionalisierungen vor. Für das WWB und BASIS wird das Referenzszenario der Branchenentwicklung eingesetzt. Für die Alternativszenarien werden davon abweichende Branchenentwicklungen verwendet (ECOLO für NTG und TECHNO für ITG).

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
Raumordnung²³ Entwicklungen zwischen 2017-2050				
Raumplanung	Weitgehende Umsetzung RPG1, Weiterführung bestehender Instrumente und Entwicklungen	Vollständige Umsetzung RPG1, polyzentrische Entwicklung gemäss Raumkonzept	Wie BASIS	Unvollständige Umsetzung von RPG1, wenig Lenkungswirkung durch die bestehenden Instrumente
Bevölkerungsverteilung	Weitere, wenn auch gedämpfte Zersiedlung	Siedlungsverdichtung in allen Raumtypen, weitergehende Urbanisierung	Wie BASIS	Verlagerung von Zentren zu Mittelzentren; ländlicher Raum mit weitergehender Zersiedelung
Arbeitsplatzverteilung	Trendentwicklung mit leicht stärkerem Wachstum der Mittel- und Grosszentren	Trendentwicklung mit akzentuiertem Wachstum der Mittel- und Grosszentren	Wie BASIS	Wachstum in Mittelzentren und in den Gürteln um Zentren
Ausnützungsziffer nach Bauzonentyp 2017: Stadt / Intermediär / Land Wohnzone: 0.8 / 0.6 / 0.5 Arbeitszone: 1.5 / 1.0 / 0.8 Mischzone: 1.0 / 0.7 / 0.6 Zentrumszone: 1.5 / 1.0 / 0.8	Wie 2017	Entwicklung bis 2050 Wohnen: +6-10% Arbeit: wie 2017 Misch: +5-17% Zentrum: +3-13%	Wie BASIS	Entwicklung bis 2050 Wohnen: +4-7% Arbeiten: wie 2017 Misch: +5-11% Zentrum: +1-7%

²³ Für die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzverteilung werden die Resultate aus dem Flächennutzungsmodell FaLC unterstellt (dieses liefert Resultate unter Einhaltung der Vorgaben auf kantonalen Stufe aus den Branchenszenarien und des BFS).

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
Geschossfläche pro Person nach 9 Gemeindetypen Zwischen 41.3 qm (Stadt) bis 51.4 (Periurban)	Entwicklung bis 2050 -1% (Stadt) bis +8% (Ländliche Gemeinde)	Entwicklung bis 2050 -1% (Stadt) bis +6% (Ländliche Gemeinde)	Entwicklung bis 2050 -3% (Stadt) bis +4% (Ländliche Gemeinde)	Entwicklung bis 2050 +4% (Stadt) bis +10% (Ländliche Gemeinde)
Geschossfläche pro Arbeitsplatz nach 10 Sektoren Zwischen 10 qm (Landwirtschaft) bis 150 qm (Produktion) / HO-affine Sektoren mit 40-50 qm	Wie 2017	Entwicklung bis 2050 -20% (für HO-affine Sektoren: Finanzen, Dienstleistungen für Firmen, andere Dienstleistungen)	Wie BASIS	Entwicklung bis 2050 -20% (für HO-affine Sektoren)
Bereitschaft für längere Arbeitswege	Wie 2017	Leicht reduzierte Bereitschaft	Stärker reduzierte Bereitschaft	Leicht erhöhte Bereitschaft
Ergebnis Prognose Raumentwicklung Einwohner nach Raumtypen ²⁴ 2017: Städtisch 63.1%, Intermediär 21.0%, Ländlich 15.9%	Städtisch 63.8% Intermediär 20.4% Ländlich 15.8%	Städtisch 65.7% Intermediär 19.9% Ländlich 14.4%	Wie BASIS	Städtisch 61.4% Intermediär 22.5% Ländlich 16.1%
Vergleich mit VP 2040	Das in den VP 2040 eingesetzte Modell (TBB, siehe https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/verkehr/publikationen/Verkehrsperspektiven_2040_TechnischerBericht.pdf.download.pdf/Verkehrsperspektiven_2040_TechnischerBericht_de.pdf , Kapitel 3.2) unterscheidet sich deutlich vom in den VP 2050 eingesetzten Flächennutzungsmodell (FLNM). Ein entsprechender 1:1-Vergleich der Annahmen ist nicht möglich. Einige Datengrundlagen wurden bzw. sind hingegen in			

²⁴ Gemäss der Stadt-/Land-Typologie des BFS: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/karten.assetdetail.2543323.html>

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
	beiden Modellen ähnlich: Zur Abbildung des Raumangebots wurde im TBB die Bauzonenstatistik mit Stand 2012 hinterlegt, im FLNM die Bauzonenstatistik mit Stand 2017; die Berücksichtigung der Arbeitsplatzentwicklung erfolgte im TBB in Anlehnung an Ergebnisse des Projekts «Räumliche Entwicklung der Arbeitsplätze in der Schweiz bis 2040», im FLNM in Anlehnung an die Branchenszenarien mit Horizont 2060. Die Ausrichtung der Szenarien BASIS und NTG entspricht in etwa der Stossrichtung des BALANCE der VP 2040, das ITG dem SPRAWL der VP 2040.			
Kommentar längere Arbeitswege	Das Flächennutzungsmodell berücksichtigt bei der Modellierung der Standortwahl von Haushalten verschiedene Einflussgrößen. Zu den wichtigsten gehören die Distanzen zum bisherigen Wohn- sowie Arbeitsort (neben z.B. der Erreichbarkeit, der Dichte an Einkaufs- und Freizeiteinrichtungen etc.). Aus der aktuell, durch die COVID-Pandemie ausgelösten, Vermutung, dass mit einem vermehrten Arbeiten von zu Hause langfristig und signifikant die Relevanz der Distanz zum Arbeitsort abnimmt, könnte eine erhöhte Bereitschaft für längere Arbeitswege abgeleitet werden. Es ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt allerdings unklar, inwiefern sich dieser Effekt nachhaltig sowie für eine grosse Anzahl an Erwerbstätigen festigt. Für die Szenarien BASIS und NTG wird weiterhin angenommen, dass mehrheitlich die Bereitschaft für lange Arbeitswege leicht abnimmt, um die Präferenz für kürzere Wege und dichte Siedlungsstrukturen abzubilden. Im Szenario ITG wird in Übereinstimmung mit den disperseren Siedlungsstrukturen eine leicht erhöhte Bereitschaft für längere Arbeitswege angenommen.			
Verkehrspolitik und Verkehrsangebot²⁵ Entwicklungen zwischen 2017/19-2050 oder Angaben für 2050				
Infrastruktur Strasse	Geplanter Aus- und Neubau von Nationalstrassen, Anschlüssen & Massnahmen Agglo-Programme (Publikation der Detailprojekte erfolgt in Schlussbericht) <i>[wurde in enger und detaillierter Absprache mit dem ASTRA festgelegt]</i>			
Vergleich mit VP 2040	Netz mit Zustand 2016, ergänzt um Projekte der im ersten und zweiten Programm Engpassbeseitigung auf dem Nationalstrassennetz (PEB) beschlossenen Module 1 bis 3 (ohne die Netzergänzungen Glattalautobahn und Umfahrung Mor-			

²⁵ Verkehrssysteme wie Swissmetro Neue Generation, Cargo Sous Terrain (CST) oder Drohnen als relevantes Verkehrsmittel werden in den VP 2050 nicht betrachtet. Auch Oberleitungen auf Autobahnen werden in den VP 2050 nicht abgebildet.

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
	ges). Zusätzlich wurde die Netzfertigstellung berücksichtigt (siehe https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/verkehr/publikationen/Verkehrsperspektiven_2040_TechnischerBericht.pdf.download.pdf/Verkehrsperspektiven_2040_TechnischerBericht_de.pdf , Kapitel 3.4.3).			
Anteil im Bestand automatisierte Fahrzeuge (AV) (Personenverkehr) Personenwagen	32% in 2050 19% in 2045 6% in 2040	Wie WWB	62% in 2050 40% in 2045 18% in 2040	Wie NTG
Anteil im Bestand automatisierte Fahrzeuge (AV) (Strassengüterverkehr) Lieferwagen (LI), Lastwagen (LW), Last- und Sattelzüge (LZ)	39% in 2050 23% in 2045 7% in 2040 4% in 2035	Wie WWB	67% in 2050 45% in 2045 23% in 2040 13% in 2035	Wie NTG
Kapazitätseffekte ²⁶ Automatisierung	Werte für 2050: leicht abnehmend, da mehrheitlich Mischverkehr -3% auf Autobahnen -6% auf HVS	Wie WWB	Werte für 2050: leicht zunehmend, da mehrheitlich AV-Verkehr +10% auf Autobahnen +4% auf HVS	Wie NTG
Vergleich mit VP 2040	Referenz 2040: Kapazität HLS +2%, Bestand autonome LKW (0%), autonome PW (0%) Balance 2040: Kapazität HLS +5%, Bestand autonome LKW (20%), autonome PW (10%) Sprawl 2040: Kapazität HLS +5%, Bestand autonome LKW (40%), autonome PW (20%) Fokus 2040: Kapazität HLS +8%, Bestand autonome LKW (30%), autonome PW (15%)			

²⁶ Annahmen zum Anteil im Bestand sowie zu den Kapazitätseffekten in Anlehnung an die Erkenntnisse des Forschungspaketes (TP 5) «Auswirkungen des automatisierten Fahrens» (Busch et al., 2020 im Auftrag des ASTRA). Im Falle der Autobahnen zusätzlich ergänzt um Annahmen zu Kapazitätssteigerungen aufgrund eines verbesserten Verkehrsmanagements.

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
Kommentar Kapazitäten + Automatisierung	Von der veränderten Kapazität aufgrund der Automatisierung sind die Fahrzeuge des Personen- und Strassengüterverkehrs betroffen. Für alle Fahrzeugtypen wird, in Abhängigkeit vom Anteil der AV im Bestand, eine AV-spezifische Nachfrage auf die Strassennetze umgelegt. Dies ermöglicht es, die Leistungsanteile (Fahrzeugkilometer) im Strassennetz differenziert für konventionelle PW, LI, LW, LZ und dem jeweiligen AV-Pendant auszuweisen.			
Parkkosten in CHF pro Einfahrt in 2017 nach 6 Dichteklassen: (Einwohner + Arbeitsplätze) / Hektar: 1: 0-100: 0.11 2: 101-200: 0.44 3: 201-300: 0.77 4: 301-400: 1.16 5: 401-500: 1.36 6: > 500: 1.89	Wie 2017	Entwicklung bis 2050 Kategorien 4-6: +25% Kategorien 1-3: +10%	Entwicklung bis 2050 Kategorien 4-6: +50% Kategorien 1-3: +20%	Wie 2017
Parksuchzeit in Minuten in 2017 0-10 Minuten	Wie 2017	Entwicklung bis 2050 +3%	Entwicklung bis 2050 +10%	Entwicklung bis 2050 -10%
Vergleich mit VP 2040	Parkkosten Ist-Zustand 2010: 10 grösste Städte (1.1), restliche Gemeinden (0.34) Referenz 2040: 10 grösste Städte (2.2), restliche Gemeinden (0.34) Balance 2040: 10 grösste Städte (3.3), restliche Gemeinden (0.34) Sprawl 2040: 10 grösste Städte (2.2), restliche Gemeinden (0.34) Fokus 2040: 10 grösste Städte (3.3), restliche Gemeinden (0.34)			
Kommentar Parkkosten	Die Parkkosten variieren je Verkehrszone zwischen 1.89 CHF und 0.11 CHF je Einfahrt (abhängig von der Bevölkerungsdichte / Urbanität). Gemäss Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015 werden 90% aller PW-Etappen ohne Parkgebühr			

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
	bewältigt. Folglich sind die im Mittel für 2017 im Verkehrsmodell berücksichtigten Parkkosten pro Fahrt niedrig (0.22 CHF).			
Infrastruktur und Angebot ÖV	2020: Systemfahrplan 2020 + HAFAS-Fahrplan 2020 2025: Netznutzungsplan 2025 2030: Ausbauschnitt 2025 2035-2050: Angebotskonzept 2035 Jeweils inkl. Tramprojekte aus den Agglo-Programmen & Optimierung des Nahverkehrs, um Anschlussqualitäten des Ist-Zustands zu erhalten <i>[wurde in enger und detaillierter Absprache mit dem BAV festgelegt]</i>			
Vergleich mit VP 2040	Allen Zuständen der VP 2040 wurde das Referenzkonzept 2025 08/14 hinterlegt, siehe (siehe https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/verkehr/publikationen/Verkehrsperspektiven_2040_TechnischerBericht.pdf.download.pdf/Verkehrsperspektiven_2040_TechnischerBericht_de.pdf , Kapitel 3.4.4).			
Infrastruktur Veloverkehr	Punktuelle Netzergänzungen (siehe Kommentar unten)			
Verbreitung von E-Bikes, E-FäGs	Weitere Zunahme, aber weniger dynamisch als in den letzten 10 Jahren	Dynamischer Trend aus den letzten Jahren setzt sich fort	Leicht dynamischer, als in BASIS	Wie WWB
Geschwindigkeiten Fuss- und Velo (in km/h) in 2017 Fuss: 4 km/h Velo: 15 km/h	Fuss: Wie 2017 Velo: 16.5 (in 2050)	Fuss: Wie 2017 Velo: 18 (in 2050)	Fuss: Wie 2017 Velo: 19 (in 2050)	Wie WWB
Vergleich mit VP 2040	In den VP 2040 unterschied das NPVM noch nicht nach Fuss- und Veloverkehr. Referenz 2040: Reisezeit Langsamverkehr (Fuss und Velo gemeinsam), -5%			

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
	Balance 2040: Reisezeit Langsamverkehr (Fuss und Velo gemeinsam), -7% Sprawl 2040: Reisezeit Langsamverkehr (Fuss und Velo gemeinsam), wie 2010 Fokus 2040: Reisezeit Langsamverkehr (Fuss und Velo gemeinsam), -5%			
Kommentar Fuss + Velo	Die Velo-Nachfrage wird in den VP auf ein Velo-Netz umgelegt. Für den Prognosezustand des Velo-Netzes konnten wenige, absehbare Netzergänzungen von übergeordneter Relevanz recherchiert und integriert werden. Ein je Szenario differenziertes Netz lässt sich daraus nicht ableiten. Um die Wirkungen eines unterschiedlich dynamischen Ausbaus der Velo-Infrastruktur indirekt abzubilden, werden die Velo-Durchschnittsgeschwindigkeiten angepasst. So ergibt sich für alle Szenarien eine Beschleunigung für Fahrten mit dem Velo als Resultat aus infrastrukturellen Massnahmen sowie einem vermehrten Einsatz von E-Bikes. Im Fussverkehr wird davon ausgegangen, dass sich beschleunigende Entwicklungen (z.B. reduzierte Wartezeiten an Strassenübergängen oder ein steigendes Gesundheitsbewusstsein) mit gegenläufigen Effekten (demographischer Effekt einer alternden und somit langsameren Bevölkerung) aufheben. Das ITG ist zwar technik-affin und die den Fuss- und Veloverkehr unterstützenden Angebote existieren, aber ein weniger stark ausgeprägtes Gesundheitsbewusstsein, die Ausrichtung der Infrastruktur am motorisierten Individualverkehr sowie die Präferenz für ein eigenes Fahrzeug führen zu nur leichten Beschleunigungen im Veloverkehr (analog WWB).			
On-Demand-Angebot nicht vorhanden in 2017	Wie 2017	Nachfrageanteile von PW & ÖV (räumlich begrenzt) 2050: 20% 2045: 15% 2040: 10% 2035: 10%	Nachfrageanteile von PW & ÖV (räumlich begrenzt) 2050: 25% 2045: 20% 2040: 15% 2035: 15%	Nachfrageanteile von PW & ÖV (räumlich begrenzt) Wie NTG
Kommentar On-Demand-Angebot	Das in den VP hinterlegte On-Demand-Angebot entspricht einem kleinen Bus (Van mit 7-Sitzen + FahrerIn), der eine ad-hoc Nachfrage bedient. Die Umsetzung erfolgt nicht als eigenes Verkehrsmittel im Nachfragemodell, sondern über eine vereinfachte Methodik mittels nachträglicher Abschätzung von Fahrten (PW) und Wegen (ÖV), die zu der neuen Angebotsform hin verlagert werden (also eine Abspaltung von Nachfrage von den bestehenden Modi PW und ÖV). Folgende Annahmen werden zu Grunde gelegt:			

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
	<p>On-Demand-Angebot in BASIS, NTG und ITG auf Wegen innerhalb des ländlichen Raums sowie vom (zum) ländlichen Raum zum (vom) intermediären oder städtischen Raum, im Sinne eines ergänzenden (BASIS, NTG) wie den ÖV konkurrenzierenden Angebots (ITG);</p> <p>On-Demand-Angebot im ITG zusätzlich auch zwischen städtischem und intermediären Raum, jedoch nicht auf innerstädtischen oder Stadt-Stadt-Relationen), im Sinne eines ergänzenden und den ÖV konkurrenzierenden Angebots;</p> <p>Kein On-Demand-Angebot im WWB.</p> <p>Es wurden zusätzlich für BASIS, NTG und ITG jeweils identische Annahmen zum Besetzungsgrad sowie zur Distanz getroffen, bis zu welcher ein variabler Nachfrageanteil (siehe Annahmen oben) von PW und ÖV durch das On-Demand-Angebot übernommen wird. Hinsichtlich der Distanz werden Fahrten und Wege bis zu einer Entfernung von 15 km anteilig übernommen. Für den Besetzungsgrad wurden folgende Annahmen getroffen: 2035/2040: 2.5, 2045: 3, 2050: 3.5. Ähnlich dem Vorgehen zu den automatisierten Fahrzeugen (AV) wird aus der PW- und ÖV-Nachfrage ein neues Nachfragesegment «On-Demand» gebildet und im Strassennetz umgelegt. Anschliessend werden die mit der Angebotsform einhergehenden Verkehrsleistungen (Fahrzeug- und Personenkilometer) berechnet und ausgewiesen.</p>			
Mobilitätswerkzeuge, Verhaltensaspekte im Personenverkehr Entwicklungen zwischen 2017/19-2050				
Relevanz Homeoffice (HO)	Annahme: 25% (WWB) bis 50% (BASIS) aller HO-fähigen Arbeiten werden im HO gemacht		Annahme: 12% (ITG) bis 60% (NTG) aller HO-fähigen Arbeiten werden im HO gemacht	
Mobilitätsraten (Wege pro Person, Tag & Fahrtzweck) Entwicklung bis 2050	Arbeitswege (-10%), Nutzfahrten (-8%), Bildungswege (-5%), Freizeitwege (+13%), Einkaufswege (-12%)	Arbeitswege (-19%), Nutzfahrten (-9%), Bildungswege (-6%), Freizeitwege (+14%), Einkaufswege (-13%)	Arbeitswege (-23.5%), Nutzfahrten (-11%), Bildungswege (-7%), Freizeit- (+14%), Einkaufswege (-18%)	Arbeitswege (-6.5%), Nutzfahrten (-5.5%), Bildungswege (-6%), Freizeitwege (+4%), Einkaufswege (-23%)
Vergleich mit VP 2040	Referenz 2040: Arbeiten (-3%), Einkauf (+1.7%), Freizeit (+2.7%) Balance 2040: Arbeiten (-5%), Einkauf (+1.7%), Freizeit (+2.6%) Sprawl 2040: Arbeiten (-3%), Einkauf (+2.8%), Freizeit (+4.0%) Fokus 2040: Arbeiten (-3.3%), Einkauf (+1.7%), Freizeit (+2.7%)			

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
Kommentar HO + Mobilitätsraten	<p>Auf die Mobilitätsraten «Arbeit» wirken die Annahmen zum Homeoffice. Es ist wichtig zu berücksichtigen, dass die Annahme von z.B. 50% HO-fähiger Arbeiten im HO nicht zu einer Reduktion der Arbeitswege um 50% führt, da für einen grossen Anteil an Arbeitsplätzen HO auch 2050 nicht möglich sein wird. Für alle Szenarien ergibt sich zudem aus der zunehmenden Nutzung virtueller Einkaufsmöglichkeiten eine Reduktion der Einkaufswege. Die Reduktion der Wegeaufkommen (v.a. bei «Einkauf» und «Arbeit») wird in den Szenarien weitgehend kompensiert durch die Zunahme an Freizeitwegen.</p> <p>Ergänzend zu den Annahmen je Fahrtzweck wird für BASIS, NTG und ITG gestaffelt nach vier Altersklassen (1: 0-17, 2: 18-64, 3: 65-74, 4: 75+) von einer leicht steigenden bzw. sinkenden Dynamik der Wegeaufkommen ausgegangen. Beispielsweise wirkt das Aufkommen automatisierter Fahrzeuge wegeinduzierend, v.a. für die Altersklassen 1 und 3; allgemein wird von einer etwas höheren Mobilität von Senioren ausgegangen (z.B. aufgrund von E-Bikes oder einem steigenden Gesundheitsbewusstsein). In der Altersklasse 2 wirken v.a. die Möglichkeiten der Verlagerung von Aktivitäten in den virtuellen Raum leicht senkend auf die Wegeaufkommen. In Summe wird für die Altersklassen 1, 3 und 4 (je Szenario und Zeitscheibe unterschiedlich stark, mit Ausnahme des unveränderten WWB) von einer zunehmenden, für die Altersklasse 2 von einer abnehmenden Dynamik der Wegeaufkommen ausgegangen.</p>			
Mobilitätswerkzeuge (pro 1'000 Einwohner) in 2017 GA: 66 Halbtax: 287 Verbund: 116 PW-Verfügbarkeit: 685	Werte in 2050 PW-Verfügbarkeit: 684 (-) ÖV-Abos: GA 71 (+7%), Halbtax 287 (-), Verbund 117 (-)	Werte in 2050 PW-Verfügbarkeit: 614 (-10%) ÖV-Abos: GA 73 (+11%), Halbtax 310 (+8%), Verbund 127 (+9%)	Werte in 2050 PW-Verfügbarkeit: 579 (-15%) ÖV-Abos: GA 80 (+21%), Halbtax 332 (+16%), Verbund 136 (+17%)	Werte in 2050 PW-Verfügbarkeit: 762 (+11%) ÖV-Abos: GA 52 (-20%), Halbtax 241 (-16%), Verbund 98 (-15%)
Vergleich mit VP 2040	Ist-Zustand 2010: PW-Besitz (513), Halbtax (290), GA (54) Referenz 2040: PW-Besitz (+8%), Halbtax (+11%), GA (+21%) Balance 2040: PW-Besitz (+0%), Halbtax (+17%), GA (+36%)			

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
	Sprawl 2040: PW-Besitz (+18%), Halbtax (+2%), GA (+1%) Fokus 2040: PW-Besitz (+21%), Halbtax (+4%), GA (+18%)			
Kommentar Mobilitätswerkzeuge	<p>Es liegen keine konkreten Erkenntnisse zu neuen, evtl. dynamischeren Abo-Typen sowie deren Entwicklung über die Zeit vor. Es wird folglich die Annahme getroffen, dass die bis 2050 je Szenario unterschiedliche ÖV-Affinität auf unterschiedlichen Entwicklungen der heutigen Abo-Typen gründet. Dies ist eine Vereinfachung, insofern jedoch vertretbar, dass auch neue, dynamischere Abo-Typen im Verkehrsmodell stets den Grad einer höher-affinität abbilden würden.</p> <p>Die Annahmen zu zu-/und abnehmenden Anteilen an Mobilitätswerkzeugen werden räumlich differenziert nach 3 Raumtypen: städtisch, intermediär, ländlich. Es erfolgte nachstehende Differenzierung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - GA, Halbtax, Verbund in BASIS und NTG mit höherer Zunahme im intermediären; in ITG mit höherer Abnahme im intermediären und ländlichen Raum. - PW-Verfügbarkeit in BASIS und NTG mit höherer Abnahme im städtischen Raum; in ITG mit höherer Zunahme im intermediären und ländlichen Raum. <p>Bei der Entwicklung der Mobilitätswerkzeuge ist folgendes zu berücksichtigen: Die Vorgaben von Zu- und Abnahmen beziehen sich jeweils auf die Entwicklung pro-Kopf bzw. je 1'000 Einwohner. Die Verteilung der bis 2050 zunehmenden Bevölkerung auf die drei Raumtypen unterscheidet sich je Szenario. Beispiel: Im BASIS wird die Vorgabe einer etwa +10%igen GA-Besitzrate im städtischen Raum durch das Flächennutzungsmodell eingehalten; aufgrund einer – gemäss der Ausrichtung des Szenarios – überproportionalen Bevölkerungsentwicklung im städtischen Raum, steigt die absolute Anzahl an GA zwischen 2017 und 2050 stärker als um 10% an.</p>			
Relevanz Sharing / Pooling	Wie 2017	Gemäss Annahmen zur Verfügbarkeit, zum Besetzungsgrad sowie weiterer Grössen (siehe folgender Kommentar)		
Kommentar Sharing / Pooling	Die Effekte eines vermehrten Poolings von Fahrten werden im NTG über die Annahmen zu den Besetzungsraten umgesetzt. Dem unterliegt die Annahme, dass die gepoolten Fahrten einen identischen Start- und Zielort haben. Davon abweichend wären Angebote z.B. eines Ride-Sharings zu sehen, bei denen evtl. auch nur Teilfahrten in einem Fahrzeug gemeinsam realisiert werden. Solche Angebote werden nicht direkt im Modell abgebildet; ihr Potenzial muss nachträglich abgeschätzt werden (dies erfolgt z.B. über Annahmen eines On-Demand-Angebots ab 2035 in BASIS, NTG und ITG, siehe			

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
	<p>oben). Auch Sharing-Angebote, im Sinne stationärer oder flexibler Auto-Verleih-Systeme, werden nicht direkt als eigene Verkehrsmodi in den VP umgesetzt.²⁷ Auswirkungen von Sharing-Angeboten werden über Stellvertreter-Größen abgebildet, z.B. über die Annahme eines höheren Anteils kleinerer Fahrzeuge in der Flotte (in BASIS und NTG) oder reduzierte Parkplatzsuchzeiten (in BASIS und NTG). Relevant für die Modal Split-Entwicklung im Personenverkehr ist vor allem die Verfügbarkeit des Fahrzeugs: Ob der PW dann im Eigenbesitz oder als Sharing-Fahrzeug verfügbar ist, spielt keine Rolle. Entscheidend sind die Eigenschaften der Nutzung (Kosten, Zugang, Parkaspekte). So wird für BASIS und NTG zwar angenommen, dass Sharing eine wichtigere Rolle spielt (= steigende Verfügbarkeit), in Summe sinkt in diesen Szenarien jedoch die PW-Verfügbarkeit, da die Nutzung des ÖV attraktiver ist bzw. die Bedeutung einen PW zu besitzen nachlässt. Im ITG hingegen verbinden sich die Bedürfnisse nach PW-Besitz (bzw. Verfügbarkeit) mit den technologischen Möglichkeiten (autonome) Sharing-Optionen anbieten zu können (wenn auch von untergeordneter Relevanz, da der Besitz im Vordergrund steht) und führen zu einer insgesamt steigenden PW-Verfügbarkeit.</p>			
Besetzungsgrade PW in 2017 Arbeit (qualifiziert): 1.08 Arbeit (einfach): 1.06 Bildung: 1.31 Einkauf (kurzfristig): 1.31 Einkauf (langfristig): 1.47 Nutzfahrt: 1.15 Freizeit (kurz): 1.44 Freizeit (lang): 1.63	Wie 2017	Wie 2017	Erhöhung in 2050 Arbeit: +25% Bildung: +25% Einkauf: +18% Nutzfahrt: +10% Freizeit: +25%	Reduktion in 2050 Arbeit: -3% Bildung: -5% Einkauf: -14% Nutzfahrt: -7% Freizeit: -15%
Vergleich mit VP 2040	Ist-Zustand 2010: Arbeit (1.12), Bildung (1.26), Einkauf (1.41), Nutzfahrt (1.62), Freizeit (1.54)			

²⁷ Es fehlt an belastbaren Datengrundlagen bezogen auf die Angebote (z.B. Ausleihfrequenzen, zukünftige Standorte von Sharing-Stationen, Ausgestaltung von Ride-Sharing-Systemen) wie auch Verhaltensaspekte der Nachfrage (z.B. Zahlungsbereitschaften, Akzeptanz, Kundenpotenzial), um die Modi verlässlich in einem Verkehrsmodell abzubilden. Alternativ – und der fehlenden Datenlage entsprechend – bietet sich die Möglichkeit nachträglich und basierend auf den Modellergebnissen gröbere Potenzialabschätzungen (Aufkommen, Leistungen) zu realisieren.

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
	Referenz 2040: wie 2010 Balance 2040: Arbeit (+5%), Bildung (+5%), Einkauf (+7%), Nutzfahrt (+2.5%), Freizeit (+10%) Sprawl 2040: Arbeit (-2.5%), Bildung (-2.5%), Einkauf (-5%), Nutzfahrt (-2.5%), Freizeit (-10%) Fokus 2040: Arbeit (-1%), Bildung (-1%), Einkauf (-4.3%), Nutzfahrt (-1%), Freizeit (-4.3%)			
Kommentar Besetzungsgrad	Auch auf die Entwicklung der Besetzungsgrade wirken mehrere Faktoren gleichzeitig und je Szenario unterschiedlich sowie können sich Effekte gegenseitig aufheben: Beispielsweise ändern die Besetzungsgrade verbunden mit Annahmen zu Verhaltensaspekten, z.B. einer «Mentalität» des Teilens im NTG vs. einer solchen des Besitzens im ITG; eine Reduktion kann zurückgehen auf die zunehmende Automatisierung ab 2040; gleichzeitig fördern steigende PW-Nutzerkosten eine höhere Besetzung der Fahrzeuge. Für WWB und BASIS wird dabei von sich gegenseitig aufhebenden Effekten ausgegangen, also von zu 2017 unveränderten Besetzungsgraden, im NTG dann von steigenden, im ITG von sinkenden Besetzungsgraden.			
Flottenentwicklung, Mobilitätskosten Entwicklungen zwischen 2017/19-2050				
Anschaffungskosten PW (nach Grössenklassen) Benzin: 17kFr. (klein) / 35kFr. (mittel) / 75kFr. (gross) Diesel: 18.7kFr. (klein) / 38.5kFr. (mittel) / 86.3kFr. (gross) Elektro: 28kFr. (klein) / 42kFr. (mittel) / 85kFr. (gross) Hybrid: 20kFr. (klein) / 40kFr. (mittel) / 80kFr. (gross)	Elektro & Hybrid: sinkend zwischen 2020 und 2035 auf das Preisniveau Benzin, danach für alle Antriebstypen auf gleichem Niveau bleibend bis 2050.			
Kommentar Anschaffungskosten	Die Anschaffungskosten fliessen über den Wertverlust in CHF/100km in die Kilometerkosten ein und machen etwa 4-7% der im NPVM entscheidungsrelevanten variablen Kosten aus.			

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
Flottenentwicklung PW ²⁸ in 2017	WWB der EP2050+ in 2050	WWB der EP2050+ in 2050	ZERO Basis der EP2050+ in 2050	WWB der EP2050+ in 2050
Benzin: 68.4% Diesel: 29.4% Elektro: 0.4% Hybrid: 1.8%	Benzin: 34.6% Diesel: 21.3% Elektro: 38.1% Hybrid: 6.0%	Wie WWB	Benzin: 10.3% Diesel: 5.2% Elektro: 73.8% Hybrid: 10.7%	Wie WWB
Kommentar Flottenentwicklung	Zur Vereinfachung sind hier nur die Flottenverhältnisse 2017 und 2050 dargestellt. Insbesondere für die nachfolgenden Überlegungen zu Kostenentwicklungen im Personenverkehr ist es wichtig die Entwicklung über die Zeit zu berücksichtigen. In den VP werden die Kostenentwicklungen entsprechend zeitscheibenfein (2017, ab 2020 dann in 5-Jahres-Schritten bis 2050) erstellt und berücksichtigt.			
Entwicklung Flottenanteile nach Grössenklasse PW in 2017	Wie 2017	in 2050 Klein: 35% Mittel: 53% Gross: 12%	in 2050 Klein: 45% Mittel: 45% Gross: 10%	in 2050 Klein: 20% Mittel: 60% Gross: 20%
Klein: 28.6% Mittel: 55.7% Gross: 15.7%				
Kommentar Flottenanteile	Verschiebungen können nur schweizweit auf die Gesamtflotte gesetzt werden (nicht räumlich differenziert). Über die Entwicklungen in BASIS und NTG (Zunahme Kleinwagen) wird u.a. ein Trend hin zum Sharing abgebildet, bei dem für die meisten Fahrten kleine Fahrzeuge als ausreichend erachtet werden.			
KM-Kosten Personenverkehr (PW / ÖV)	Ähnlich dem Verhältnis in 2017	PW wird relativ ggü. ÖV teurer	PW wird relativ ggü. ÖV teurer	Ähnlich dem Verhältnis in 2017

²⁸ Die PW-Flottenentwicklung wird aus den EP2050+ des BFE übernommen (dortiges WWB für WWB, Basis und ITG der VP, ZERO Basis für NTG). Im Szenario NTG nutzen Benzin- und Dieselfahrzeuge alternative Treibstoffe (biogen / synthetisch).

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
	Abgabe auf alle Fahrzeuge zur Kompensation der Ausfälle Mineralölsteuer, CO2-Aufschlag, keine Internalisierung weiterer externer Kosten, kein Mobility Pricing, Beibehaltung ÖV-Subventionsniveau	Abgabe auf alle Fahrzeuge zur Kompensation der Ausfälle Mineralölsteuer, CO2-Aufschlag, anteilige Internalisierung weiterer externer Kosten, Mobility Pricing ohne lenkende Wirkung, steigendes ÖV-Subventionsniveau	Abgabe auf alle Fahrzeuge zur Kompensation der Ausfälle Mineralölsteuer, CO2-Aufschlag, anteilige Internalisierung weiterer externer Kosten, Mobility Pricing mit lenkender Wirkung, steigendes ÖV-Subventionsniveau	Abgabe auf alle Fahrzeuge zur Kompensation der Ausfälle Mineralölsteuer, CO2-Aufschlag, keine Internalisierung weiterer externer Kosten, Mobility Pricing mit schwach lenkender Wirkung, sinkendes ÖV-Subventionsniveau
<p>Km-Kosten in 2017</p> <p>Verhältnis PW / ÖV</p>	<p>PW: 27.0 Rp. je Fahrzeugkilometer (FzgKm) ÖV: 35.1 Rp. je Personenkilometer (Pkm)</p> <p>Die Km-Kosten im Verkehrsmodell werden für PW und ÖV differenziert hergeleitet und die hier gezeigten Pauschalsätze sind als Näherung eines mittleren Kostensatzes zu verstehen, um eine Diskussion um Kostenverhältnisse zu ermöglichen. Die Entwicklung der Km-Kosten für PW ist entlang der Kosten je Fahrzeugkilometer dargelegt, da die zukünftigen Entwicklungen (Flotte, Energiepreise, Steuern und Abgaben etc.) Wirkungen auf die Kosten der Fahrzeugnutzung ausüben.</p> <p>0.77</p>			
<p>Treibstoff- und Stromkosten in CHF in 2017</p> <p>Benzin: 1.60 (pro Liter)</p> <p>Diesel: 1.65 (pro Liter)</p>	<p>Gemäss WWB der EP2050+ in 2050</p> <p>Benzin: +18%</p> <p>Diesel: +35%</p> <p>Strom: +26%</p>	<p>Gemäss WWB der EP2050+ / wie VP-WWB</p>	<p>Gemäss ZERO-Basis der EP2050+²⁹ in 2050</p> <p>Mischpreis-Benzin: +139%</p> <p>Mischpreis-Diesel: +133%</p>	<p>Gemäss WWB der EP2050+ / wie VP-WWB</p>

²⁹ Die Mischpreise im Szenario NTG steigen nach 2040 stark an, da dann vermehrt biogen / synthetisch hergestellte Treibstoffe Verwendung finden (2045: 2.30 CHF/Liter Diesel, 1.92 CHF/Liter Benzin, 2050: 3.84 CHF/Liter Diesel, 3.82 CHF/Liter Benzin).

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
Strom: 0.20 (pro KWh)			Strom: +55%	
Kommentar Inputs EP2050+	<p>Übernommen aus den Szenarien der EP2050+ (WWB und ZERO Basis) werden für 2017-2050:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Entwicklung Treibstoff- und Stromkosten (für die Szenarien WWB, BASIS und ITG) bzw. eigene Berechnung in den VP von Mischpreisen für Benzin und Diesel (für NTG); b) Entwicklung jährliche Fahrleistungen nach Antrieb (Benzin, Diesel, Hybrid, Elektro); c) Entwicklung der Absenkraten in MJ/Km nach Antrieb. <p>Die konventionellen Treibstoffe Benzin und Diesel werden in den EP2050+ (ZERO Basis) bis 2050 gänzlich auf Grundlage erneuerbarer Ressourcen hergestellt (biogene & synthetische Treibstoffe). Diese sind mit anderen Beschaffungs- und Herstellungskosten verbunden, was zu einem «Mischpreis» führt, der für die VP ermittelt wurde und die Kosten pro Liter an der Tankstelle widerspiegelt. Der Umstieg von fossilen Treibstoffen auf biogene / synthetische erfolgt im Szenario ZERO Basis der EP2050+ v.a. ab 2040.</p>			
Kommentar Abgabe zur Kompensation Ausfälle Mineralölsteuer	<p>Die veränderte Flottenzusammensetzung (Ersatz konventioneller durch elektrische Antriebe) sowie die sich ändernde Zusammensetzung der Treibstoffe führt zu Mindereinnahmen aus der Mineralölsteuer um über 60% bis 2050 (von ca. 3.6 Mrd. CHF in 2017 auf 1.3 Mrd. CHF in 2050 im Szenario WWB). Für die VP wird diesbezüglich angenommen:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Um die Ausfälle zu kompensieren wird ein leistungsabhängiger Aufschlag auf die Mineralölsteuer für die konventionellen Fahrzeuge sowie eine leistungsabhängige Abgabe für die Elektrofahrzeuge eingesetzt. In der Umsetzung bedeutet dies eine auf die gesamte Flotte wirkende, leistungsabhängige Erhöhung der Kosten pro gefahrenem Kilometer (zwischen 6.5 bis 8 Rp./FzgKm). b) Die Kompensation greift ab 2030, es wird angenommen, dass die Einnahmelücke ab 2030 (bis 2050) zu 75% gedeckt wird (identische Annahmen für alle Szenarien). <p>Mit den gesetzten Annahmen werden folgende Ziele erreicht: a) Sicherstellung der Einnahmen für die Bundeskasse, b) Beibehaltung eines zu 2017 vergleichbaren Kostenniveaus für die PW, b) geringere Nutzerkosten für E-Fahrzeuge ggü. konventionell angetriebenen Fahrzeugen (andernfalls erscheinen Entwicklungen zur erwarteten Elektrifizierung der Flotte nicht erreichbar).</p>			

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
Km-Kostensatz (Schritt 1) → EP2050+ Inputs + Kompensation Ausfall Mineralölsteuer in Rp./FzgKm	PW 2050: 25.2 2040: 25.0 2030: 26.1 2020: 26.7 ÖV 35.1	PW 2050: 24.5 2040: 24.6 2030: 25.9 2020: 26.7 ÖV 35.1	PW 2050: 27.7 ³⁰ 2040: 23.7 2030: 24.9 2020: 26.9 ÖV 35.1	PW 2050: 25.9 2040: 25.6 2030: 26.4 2020: 26.7 ÖV 35.1
Internalisierung externer Kosten (exkl. Klimakosten) ³¹ (in Rp./Km) Totale externe Kosten: PW: 11.0 (2017) / 15.5 (2050, WWB, BASIS, ITG), 15.2 (NTG) Einheit: Rp./FzgKm ÖV: 4.3 (2017) / 6.8 (2050, WWB, BASIS, ITG), 6.7 (NTG) Einheit: Rp./Pkm	keine Berücksichtigung	25% Berücksichtigung in 2050 (einsetzend ab 2035) PW: +3.9 ÖV: +1.7	50% Berücksichtigung in 2050 (einsetzend ab 2030) PW: +7.6 ÖV: +3.4	keine Berücksichtigung
Km-Kostensatz (Schritt 2) → Schritt 1 + Internalisierung externer Kosten (exkl. Klimakosten)	PW 2050: 25.2 2040: 25.0 2030: 26.1	PW 2050: 28.4 2040: 27.2 2030: 25.9	PW 2050: 35.3 2040: 28.7 2030: 27.5	PW 2050: 25.9 2040: 25.6 2030: 26.4

³⁰ Bis zum Jahr 2045 liegen die Preise im Szenario NTG mit 24.9 Rp./Km unter der Entwicklung im WWB mit 25.0 Rp./Km. Ab 2045 wirken im NTG die dann stark steigenden Mischpreise auf die Km-Kosten.

³¹ Gemäss Infrac & Ecoplan, 2019: Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz. Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr 2017. Im Auftrag des Bundesamts für Raumentwicklung ARE. Der Wert «Strasse» ist exkl. der Kosten für «Klima» sowie «Vor- und nachgelagerte Prozesse». Die Umrechnung von Kosten je Pkm auf Kosten je FzgKm basieren auf einem mittleren Besetzungsgrad von 1.56 (BFS/ARE, 2017). Der Kostensatz «ÖV» wurde gewichtet ermittelt auf Basis der Pkm pro Jahr (BFS, Verkehrsleistungen des Personenverkehrs 2017) der Kategorien «Bus», «Trolley», «Tram» und «Zug».

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
	2020: 26.7	2020: 26.7	2020: 26.5	2020: 26.7
	ÖV 35.1	ÖV 36.8	ÖV 38.5	ÖV 35.1
CO2-Aufschlag (in CHF/Tonne)	2050: 20 2045: 20 2040: 20 2035: 20 2030: 20 2025: 20	2050: 50 2045: 50 2040: 40 2035: 40 2030: 20 2025: 20	2050: 400 2045: 200 2040: 100 2035: 50 2030: 40 2025: 20	2050: 20 2045: 20 2040: 20 2035: 20 2030: 20 2025: 20
Km-Kostensatz (Schritt 3) → Schritt 2 + CO2-Aufschlag	PW 2050: 25.3 2040: 25.2 2030: 26.4 2020: 26.7 ÖV 35.1	PW 2050: 28.7 2040: 27.6 2030: 26.2 2020: 26.7 ÖV 36.8	PW 2050: 35.3 2040: 29.4 2030: 27.3 2020: 26.5 ÖV 38.5	PW 2050: 26.0 2040: 25.8 2030: 26.7 2020: 26.7 ÖV 35.1
Kommentar CO2-Kompensationsaufschlag	<p>Die Werte für WWB und ITG geben den maximalen Kompensationsaufschlag gemäss geltendem CO2-Gesetz wieder. Ab 2035 (im BASIS) bzw. ab 2030 (im NTG) wird ein erhöhter Aufschlag angenommen, der einer entsprechenden Anpassung der Gesetzgebung bedarf (weitergehender CO2-Kompensationsaufschlag).</p> <p>Lesebeispiel bzgl. der Wirkung des CO2-Aufschlags für konventionelle Fahrzeuge: Angenommen in einem Szenario beträgt in 2030 der Km-Kostensatz für ein mittelgrosses Benzinfahrzeug 31.3 Rp. unter Berücksichtigung eines CO2-Aufschlags von 200 CHF/t. Erhöht sich der CO2-Aufschlag auf 300 CHF/t, erhöht sich der Km-Kostensatz für dieses Fahrzeug auf 32.7 Rp. (+ 1.4 Rp.). Vereinfacht gesagt führt eine Erhöhung des CO2-Aufschlags um 100 CHF/t zu einer Erhöhung des Km-Kostensatzes für konventionell angetriebene Fahrzeuge um 1 bis 2 Rp.</p>			

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
Im NTG wirkt der CO2-Aufschlag in 2050 nicht auf die Km-Kosten, da die Treibstoffe vollständig CO2-neutral sind (biogen / synthetische Treibstoffe).				
ÖV-Subvention (Schritt 4)	Wie 2017	Reduktion Km-Kostensatz ÖV um 5% (in 2050) → -1.8 Rp. ÖV 35.0	Reduktion Km-Kostensatz ÖV um 10% (in 2050) → -3.9 Rp. ÖV 34.6	Erhöhung Km-Kostensatz ÖV um 10% (in 2050) → +3.5 ÖV 38.6
Mobility Pricing (Schritt 5) Umsetzung ab 2030 PW, Einheit: Rp./FzgKm ÖV, Einheit: Rp./Pkm	keine Berücksichtigung	keine Lenkungswirkung (vollumfängliche Kompensation bestehender Abgaben)	PW 2050: + 5 2040/2045: + 4 2030/2035: + 2 ÖV 2040/2045/2050: +2 2030/2035: + 1	PW 2040/2045/2050: + 2 2030/2035: + 1 ÖV 2040/2045/2050: +2 2030/2035: + 1
Kommentar Mobility Pricing	Ziel des hier definierten und im NTG und ITG wirkenden Mobility Pricing ist: a) Verlagerung des Verkehrs aus den Spitzenstunden und b) modale Verlagerung des Verkehrs insbesondere in den Räumen mit grossen Verkehrsbelastungen. Die Umsetzung eines räumlich-zeitlich differenzierten Mobility-Pricing erfolgt a) über Annahmen dazu, in welchem Umfang sich die Nachfrage zeitlich verlagern könnte, aufgrund eines erhöhten Preisniveaus in den Spitzenstunden und b) über die Variation der Km-Kosten auf bestimmten Relationen und in definierten Räumen, z.B. innerhalb der Stadt, zwischen Stadt und Umland, zwischen Stadt und Stadt. Die Annahmen zu den Zusatzkosten in 2050 von Fahrten (PW) und Wegen (ÖV) in den Spitzenstunden erfolgt in Anlehnung an die Studie im Kanton Zug. Hinsichtlich der räumlichen Differenzierung wurden 14 Gebiete festgelegt (die 12 grössten Schweizer Städte, ergänzt um die Räume der Deutsch- und Lateinischen Schweiz). Die räumlich-zeitlichen Annahmen zu den Zusatzkosten werden derart gesetzt, dass sich für das Modell des durchschnittlichen Werktagverkehrs für den Strassenverkehr in 2050 im NTG ein um 5 Rp./Km bzw. im ITG 2 Rp./Km			

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
	höheres Preisniveau ergibt. Der ÖV wird in das Mobility Pricing in NTG und ITG einbezogen, jeweils mit einer mittleren Kostenerhöhung von 2 Rp./Km. Diese relationsspezifischen Zusatzkosten werden auf die Km-Kosten der vorgängig genannten Km-Kosten (gemäss der Schritte 1-4) hinzugerechnet und unterstützen im NTG zusätzlich das Ziel einer Verkehrsverlagerung zum ÖV, Fuss- und Veloverkehr.			
Km-Kostensatz (Schritt 6) → Schritt 3 + Schritt 4 + Schritt 5 Km-Kosten (Gesamt) in 2050 Verhältnis PW / ÖV in 2050 2017: 0.77	PW: 25.3 ÖV: 35.1 0.72	PW: 28.7 ÖV: 35.0 0.82	PW: 40.3 ÖV: 36.6 1.10	PW: 28.0 ÖV: 40.6 0.69
Umrechnung Km-Kosten PW → FzgKm (Schritt 6) zu Pkm siehe Kommentar übernächste Box	25.3 Rp./FzgKm / 1.43 (Besetzungsgrad) = 17.7 Rp./Pkm	28.7 Rp./FzgKm / 1.44 (Besetzungsgrad) = 19.9 Rp./Pkm	40.3 Rp./FzgKm / 1.78 (Besetzungsgrad) = 22.6 Rp./Pkm	28.0 Rp./FzgKm / 1.26 (Besetzungsgrad) = 22.2 Rp./Pkm
Vergleich mit VP 2040	Ist-Zustand 2010: MIV 16 Rp./Km, ÖV 20 Rp./Km (Verhältnis: 0.80) Referenz 2040: MIV 17 Rp./Km, ÖV 22 Rp./Km (Verhältnis: 0.77) Balance 2040: MIV 27 Rp./Km, ÖV 30 Rp./Km (Verhältnis: 0.90) Sprawl 2040: MIV 22 Rp./Km, ÖV 33 Rp./Km (Verhältnis: 0.67) Fokus 2040: MIV 23 Rp./Km, ÖV 32 Rp./Km (Verhältnis: 0.72)			

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
Kommentar Km-Kosten PW	<p>Die Gegenüberstellung der Kostenentwicklung PW zu ÖV basiert für die PW auf den Km-Kosten je Fahrzeugkilometer, für den ÖV auf den Km-Kosten je Personenkilometer (siehe oben). Im Verkehrsmodell intern werden die Km-Kosten je Fahrzeugkilometer (z.B. die 28.7 Rp./Km im BASIS in 2050) über die Anwendung eines mittleren Besetzungsgrads in Km-Kosten je Personenkilometer umgerechnet. Der daraus entstehende Kostensatz je Pkm ist entscheidend für die Modellierung der Verkehrsmittelwahl. Der mittlere Besetzungsgrad eines Szenarios ist aber eigentlich ein Resultat der Modellierung und wird hier als Eingangsgrösse benötigt. Im Umgang damit wird vor der Modellierung ein mittlerer Besetzungsgrad (je Szenario und Zeitscheibe) auf Grundlage der Entwicklung der Wegeaufkommen und Annahmen zu den fahrtzweckspezifischen Besetzungsgraden abgeschätzt. Beispielsweise verbleiben für WWB und BASIS zwar gemäss Annahme die fahrtzweckspezifischen Besetzungsgrade wie in 2017, aber aus den sich ändernden Anteilen der Fahrtzwecke am Wegeaufkommen ergibt sich auch ein anderer, mittlerer Besetzungsgrad für die Prognose (z.B. leicht zunehmend im BASIS). Ein steigender Besetzungsgrad verändert das Kostenverhältnis PW / ÖV zu Gunsten der PW (im NTG deutlich zu erkennen).</p>			
Kommentar Km-Kosten ÖV	<p>Die Einflüsse auf die Km-Kosten im ÖV lassen sich wie folgt zusammenfassen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Annahmen zur Entwicklung des ÖV-Abo-Besitzes nach Raumtypen (siehe oben) nehmen Einfluss auf die mittleren ÖV-Km-Kosten³². Beispielsweise führt eine höhere Verbreitung von GA oder Halbtax zu Reduktionen des mittleren ÖV-Km-Kostensatzes, weil «im Mittel» mehr ÖV-Fahrten zu geringeren Kosten realisiert werden. - Des Weiteren wirken die Pauschalzuschläge einer Internalisierung externer Kosten (BASIS, NTG) und des Mobility Pricing (NTG, ITG). - Zudem werden Änderungen der Km-Kosten umgesetzt, resultierend aus Annahmen zu einer je Szenario unterschiedlichen Höhe an ÖV-Subventionen. Vereinfacht wird diese variierende Bereitschaft für Subventionen als prozentualer Zu- bzw. Abschlag auf den Km-Kostensatz im ÖV (vor Anwendung des Aufschlags wg. Mobility Pricing) angewendet (siehe Schritt 4). 			

³² Im Verkehrsmodell müssen ggü. der realen Vielfalt an Billetten und Fahrpreisvergünstigungen Vereinfachungen vorgenommen werden. Es sind distanzabhängige Preise hinterlegt, beispielsweise für eine Fahrt zwischen 39 und 42 km Distanz gilt ein Vollpreis von 15.40 CHF. Aus dem Vollpreis leitet sich der distanzabhängige Preis bei Besitz eines Halbtax ab (50%). Für Fahrten mit dem GA werden pauschal 3 CHF angesetzt (dort fallen keine zusätzlichen distanzabhängigen Kosten an). Im Falle des Besitzes eines Verbund-Abos wird für Fahrten bis zu einer Distanz von 12 km ein Betrag von 3 CHF angenommen (analog GA), darüber hinaus der Mittelwert aus Vollpreis und Halbtax-Preis. Zudem werden schweizweit 23 städtische Tarifzonen abgebildet, in denen Zonentarife zur Anwendung kommen. Zur Ermittlung des mittleren Km-Kostensatzes werden die relationspezifischen Preise je Abo-Typ gewichtet über die Anzahl der je Verkehrszone effektiv vorhandenen Abo-Typen.

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
Güterverkehr Entwicklungen zwischen 2017/19-2050				
Transportkosten Güterverkehr ³³ (Strasse / Schiene) in 2017	Ähnlich zu 2017	Verteuerung Strasse ggü. Schiene Werte in 2050	Verteuerung Strasse ggü. Schiene Werte in 2050	Ähnliche Kostensenkungen für Schiene und Strasse Werte in 2050
Strasse LW / LZ, in CHF/FzgKm	Strasse, Gesamtkosten LW: 3.18 (+0%) LZ: 2.75 (-2%)	Strasse, Gesamtkosten LW: 3.60 (+13%) LZ: 3.23 (+15%)	Strasse, Gesamtkosten LW: 3.61 (+13%) LZ: 3.25 (+16%)	Strasse, Gesamtkosten LW: 3.02 (-5%) LZ: 2.64 (-6%)
<ul style="list-style-type: none"> • Betrieb: 1.20 / 0.98 • Energie: 0.43 / 0.50 • Infrastruktur: 0.71 / 0.71 	Schiene, Gesamtkosten WLV: 0.18 (+2%) UKV: 0.30 (-1%) RoLa: 0.20 (+2%)	Schiene, Gesamtkosten WLV: 0.18 (-1%) UKV: 0.29 (-3%) RoLa: 0.20 (-2%)	Schiene, Gesamtkosten WLV: 0.16 (-7%) UKV: 0.27 (-8%) RoLa: 0.19 (-7%)	Schiene, Gesamtkosten WLV: 0.17 (-5%) UKV: 0.28 (-6%) RoLa: 0.19 (-6%)
Gesamtkosten: 3.18 / 2.81				
Schiene WLV / UKV / RoLa, in CHF/tkm				
<ul style="list-style-type: none"> • Betrieb: 0.04 / 0.05 / 0.04 • Energie: 0.01 / 0.01 / 0.01 • Infrastruktur: 0.01 / 0.02 / 0.02 • Personal: 0.003 / 0.005 / 0.003 				

³³ Aufhebung Kabotage- oder Nachtfahrverbot oder Einführung der Alpentransitbörse sind nicht Teil der VP 2050. Die Unterschiede in den Kostenverhältnissen ergeben sich aus den je Szenario variierenden Annahmen zur LSVA, der Wirkung von Effizienzsteigerungen auf der Schiene und dem Grad der Automatisierung im Strassenverkehr.

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
<ul style="list-style-type: none"> Sonstige: 0.12 / 0.20 / 0.14 Gesamtkosten: 0.18 / 0.30 / 0.20				
Vergleich mit VP 2040	Referenz 2040 (BIE): WLW (+5%), UKV (+5%), RoLa (+7%), SNF (+10%) Balance 2040 (BIE): WLW (+1%), UKV (-10%), RoLa (+7%), SNF (+17%) Sprawl 2040 (BIE): WLW (+13%), UKV (+18%), RoLa (+7%), SNF (+8%) Fokus 2040 (BIE, innerhalb sowie von/zu den 10 grössten Städten): WLW (+1%), UKV (-10%), RoLa (+7%), SNF (+17%) Fokus 2040 (BIE, ausserhalb der 10 grössten Städte): WLW (+13%), UKV (+18%), RoLa (+7%), SNF (+8%) Für den Transit wurden keine sich zwischen den Szenarien unterscheidenden Kostenannahmen getroffen.			
Kommentar Transportkosten	Die dargestellte Entwicklung der Transportkosten ergibt sich aus folgenden Annahmen: a) CO2-Aufschlag analog zum Personenverkehr (siehe oben); b) Alternative Antriebe (BEV, H2) zahlen in BASIS und NTG ab 2030 den vollen LSVA-Satz; im Szenario ITG ab 2030 den halben LSVA-Satz.			
Entwicklung LSVA-Abgabesatz (Mittelwert) 71.2 Rp./FzgKm	Wie 2017	+ 35% 96.1 Rp./FzgKm (in 2050)	+52% 108.2 Rp./FzgKm (in 2050)	Wie 2017
Auslastungsgrade im Strassen- güterverkehr 2017 → 2050	LW: +2% LZ: +4%	LW: +5% LZ: +6%	LW: +6% LZ: +9%	LW: +3% LZ: +4%
Vergleich mit VP 2040	Referenz 2040: SNF (+2.5%) Balance 2040: SNF (+2.5%) Sprawl 2040: SNF (0%)			

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
	Fokus 2040 (innerhalb sowie von/zu den 10 grössten Städten): SNF (+2.5%) Fokus 2040 (ausserhalb der 10 grössten Städte): SNF (0%)			
Kommentar Auslastungsgrade	Die Entwicklung der Auslastungsgrade resultiert aus zwei Mechanismen: a) Einem exogenen Anstieg von 2% in den NTG- und ITG-Szenarien, begründet durch die mit der Digitalisierung verbundenen Effizienzgewinne (z.B. aufgrund einer besseren Planung von Umläufen); b) einer in der Literatur ausgewiesenen Preiselastizität (pro FzgKm) von +0.3.			
Online Handel Anzahl Sendungen pro Einwohner 2017 → 2050	+114%	+117 %	+156 %	+162 %
KEP-bezogene Lieferwagenaufkommen 2017: 0.16 Mio. Fahrten pro Tag	+147%	+150%	+193%	+200%
Kommentar Online-Handel	Die Annahmen zum Wachstum der Sendungen je Einwohner basieren auf einer Umrechnung der im Personenverkehr angenommenen Reduktion an Einkaufswegen (siehe oben). Vor der Modellierung im Personenverkehr erfolgt dazu eine Abschätzung über die (je Szenario und Zeitscheibe) weniger realisierten Einkaufswegen ggü. einer Situation, bei der die Anzahl Einkaufswegen je Person und Tag unverändert zu heute bleibt. Das KEP-bezogene Lieferwagenaufkommen (in Mio. Fahrten) wird anschliessend unter Berücksichtigung des Bevölkerungswachstums und der Annahme einer Elastizität von 0.9 (abgeleitet aus Praxiserkenntnissen der Auftragnehmerschaft) zwischen der Entwicklung der Anzahl Sendungen und den Transportleistungen ermittelt. Die zusätzlichen KEP-bezogenen Lieferwagenfahrten werden zu den Matrizen des Lieferwagenverkehrs aufgerechnet. → Darüber ist der Zusammenhang zwischen Online-Shopping und Auswirkungen auf den Lieferwagenverkehr berücksichtigt.			
Anpassungen Modalsplit	Keine Anpassungen	Binnenverkehr: WG 8: 2% von SNF auf WLW	Binnenverkehr: WG 8: 3% von SNF auf WLW	Keine Anpassungen

Indikator / Ist-Zustand	WWB (Weiter wie bisher)	BASIS (Anlehnung an Mobilität und Raum 2050: Sachplan Verkehr, Teil Programm)	NTG (Nachhaltige Gesellschaft)	ITG (Individualisierte Gesellschaft)
im Modell nicht endogen berücksichtigte Entwicklungen		WG 10: 2% von SNF auf UKV Importe: WG 7: 5% von SNF auf WLV WG 10: 0.4% von WLV auf UKV	WG 10: 3% von SNF auf UKV Importe: WG 7: 7.5% von SNF auf WLV WG 10: 0.6% von WLV auf UKV	
Kommentar Modalsplit WG 7: Metalle und Halbzeug / WG 8: Abfälle / WG 10: Stück- und Sammelgut	Die Prognose der Modal-Split-Entwicklung Strasse zu Schiene erfolgt standardmässig modellintern im AMG-Teilmodell 2 basierend auf der Entwicklung der Transportkosten und Reisezeiten unter Anwendung von Elastizitäten. Für Kombinationen von drei Warengruppen und zwei Verkehrsarten wurden diese Modellergebnisse manuell angepasst, um (je Szenario und Zeitscheibe) strukturelle Veränderungen mit Wirkung auf den Modal Split abzubilden (Just-in-time-Produktion, Bündelung von Warenaufkommen). In diesen Warengruppen und Verkehrsarten werden zusätzliche Potenziale für Transporte auf der Schiene als realistisch erachtet, wenn Warenaufkommen vor dem (langlaufenden) Transport räumlich gebündelt werden können.			

5. Resultate und Einordnung der Ergebnisse

Die Resultate wiedergeben die Outputs aus der Modellkopplung zwischen AMG, FLNM und NPVM, endend mit den Ergebnissen aus den Umlegungen im NPVM. Die Resultate werden differenziert für die vier Szenarien nach Raumentwicklung, Güterverkehr und Personenverkehr dargelegt. Vergleiche zwischen den Szenarien erfolgen im abschliessenden Abschnitt.

5.1. Überblick

Grundtendenzen und generelle Aspekte der Resultate

Im Generellen wächst der Personenverkehr zwischen 2017 und 2050 in allen Szenarien um minimal 6.1% (NTG) bis maximal 20.4% (WWB) (Verkehrsleistung). Dies ist zum grossen Teil auf die Zuwächse bei den übergeordneten Annahmen zurückzuführen (siehe nachfolgend). Kein Szenario erzeugt einen Rückgang der Verkehrsleistung. Mässigend auf Gesamtverkehrszuwächse wirken z.B. die Erhöhung der Mobilitätskosten (PW und/oder ÖV), die weitergehende Urbanisierung oder vermehrtes Home-Office.

Wirkungen, welche in allen Szenarien gelten

Wie in Kapitel 4.2 ausgeführt sind verschiedene übergeordnete Annahmen bei allen Szenarien in der gleichen Form hinterlegt. Dies betrifft z.B. die Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung auf Stufe Kanton, die BIP-Entwicklung für die Schweiz oder die Schienen- und Strassenverkehrsnetze. Entsprechend bilden deren Wirkungen einen Bestandteil aller Szenarien-Resultate.

Folgende Grundtendenzen sind erkennbar:

Die prognostizierte Zunahme bei der **Bevölkerungsentwicklung** zwischen 2017 und 2050 um 1.8 Mio. Personen, bzw. um +21% (siehe Kapitel 3.1) stellt einen Haupttreiber der Verkehrsentwicklung dar. Durch die räumlichen Unterschiede der Bevölkerungszunahme je Szenario ist auch die resultierende verkehrliche Wirkung unterschiedlich.

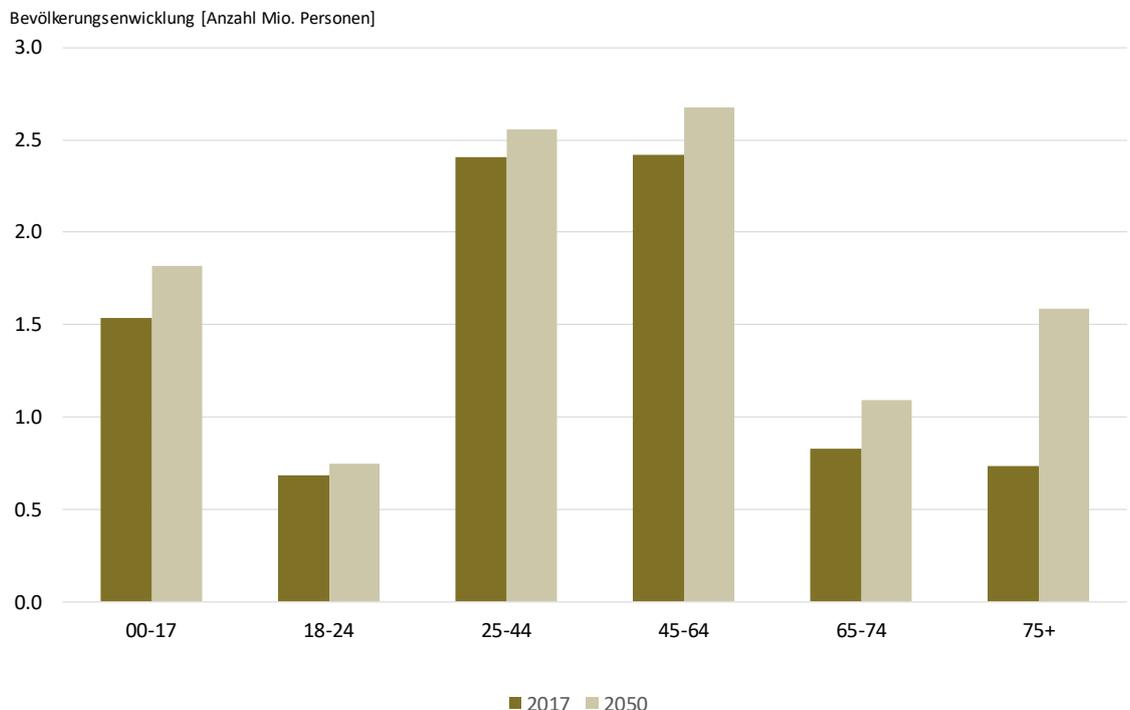


Abbildung 49: Bevölkerungsentwicklung 2017 – 2050 nach Altersgruppen

Die Bevölkerungsentwicklung auf Kantonebene ist durch das BFS Trendszenario A-00-2020 gegeben. In allen Altersklassen ist ein Wachstum vorhanden. Augenscheinlich ist die starke Zunahme bei den 65-74-Jährigen und den über 75-Jährigen. Diese demographische Alterung findet in allen Szenarien statt.

Die prognostizierte Zunahme bei der **Beschäftigtenentwicklung** folgt den Branchenszenarien. Abbildung 50 zeigt die Entwicklung der effektiv Beschäftigten zwischen 2017 und 2050 im Szenario BASIS. Die regionale Verteilung je Szenario ist sehr ähnlich. Das Mittelland entwickelt sich stark. Im Raum Graubünden, Tessin, Emmental und dem Jura kommt es zu einem Rückgang der Arbeitsplätze bis 2050. Insbesondere die Agglomeration Zürich, die Kantone Genf und Waadt erfahren ein starkes Wachstum.

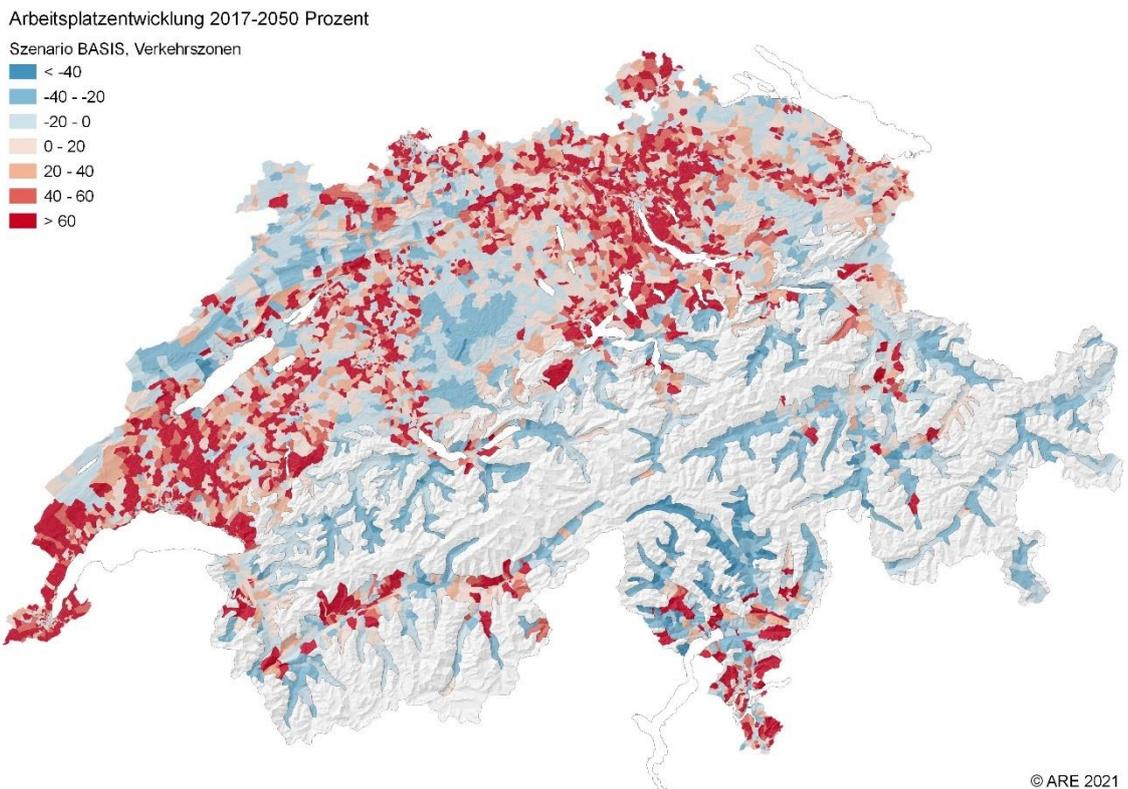


Abbildung 50: Wachstum Beschäftigten nach Verkehrszonen – Szenario BASIS, relatives Wachstum 2017 –2050

Die Zunahme der Wirtschaftsleistung (+57% BIP-Wachstum zwischen 2017 und 2050, siehe Kapitel 3.1) stellt ebenfalls einen Treiber der Verkehrsentwicklung dar. Die relative Entwicklung der Branchen ist ebenfalls von Bedeutung. So bewirkt generell eine Abnahme des Wachstums im 2. Sektor eine Verminderung der Verkehrsleistungen im Arbeitsverkehr, die infolge Digitalisierung und Home-Office nur zu Teilen durch den starken Zuwachs im 3. Sektor kompensiert wird. Gleichzeitig steigen mit den Möglichkeiten des flexibleren Arbeitens die Freizeitverkehre je nach Szenario unterschiedlich stark an. Und auch die Güterverkehre wachsen durch E-Commerce auf Kosten der privaten Einkaufsverkehre.

Für alle Szenarien gleich sind die Wirkungsbeiträge aus den Veränderungen in den **Verkehrsnetzen**. Lediglich aus den leicht unterschiedlichen Annahmen zur Kapazitätsentwicklung auf den Autobahnen und Hauptverkehrsstrassen als Resultat der Automatisierung (Fahrzeuge fahren enger und aufeinander abgestimmt) ergeben sich Unterschiede in den Strassennetzen. Die Verkehrsleistungen beim Fuss- und Veloverkehr ändern aufgrund der zugrunde gelegten Urbanisierung und den Annahmen zur Entwicklung der mittleren Velo-Geschwindigkeiten.

Wirkungen aus dem Zusammenspiel von Elementen, welche allen Szenarien hinterlegt sind

Der **Arbeitsverkehr** wird im Modell massgeblich durch die Beziehungen zwischen den Strukturdaten **Erwerbstätigen** (Quellpotenzial) und **Arbeitsplätzen / Beschäftigten** (Zielpotenzial) gebildet. Diese Strukturdaten werden noch weiter in einfach und qualifizierte Erwerbstätige und Beschäftigte unterteilt. Veränderte räumliche Verteilungen zwischen einfachen oder qualifizierten Erwerbstätigen und einfachen oder qualifizierten Beschäftigten führen zu Änderungen bei den Pendlerwegen.

Im Mittelland gleichen sich diese Änderungen in der räumlichen Verteilung weitgehend aus. Hier bleiben die Distanzen zwischen Wohn- und Arbeitsorten in zu heute vergleichbarer Entfernung. Hingegen können sich ändernde Verteilungen zwischen den Quell- und Zielpotenzialen in Grenzregionen infolge des verminderten Ausgleichs über die Landesgrenzen hinaus zu überzeichnenden Effekten führen. Dies betrifft insbesondere die Region Genf sowie das Tessin. Stark differierende Verhältnisse zwischen Erwerbstätigen und Beschäftigten können in diesen Räumen dann Pendlerwege in die weiter entfernten, benachbarten Räume erzwingen, d.h. in Richtung Lausanne bzw. via Gotthard in die restliche Schweiz.

Bei der Modellierung der räumlichen Verteilung der Strukturdaten im FLNM wurde diesem Umstand ein besonderes Augenmerk beigemessen. Erkannte ungleiche räumliche Verteilungen im Raum Genf wurden über entsprechende Einstellungen korrigiert bzw. reduziert. In geringem Mass sind entsprechende Wirkungen auf die Arbeitsverkehre in Grenzregionen jedoch auf diese Effekte zurückzuführen.

5.2. Szenario WWB

Tabelle 7: Gesamtüberblick Ergebnisse - Szenario WWB

WWB	2017	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Δ 2050-2017	2050-2017[%]
Mobilitätswerkzeuge, Anzahl in Mio.									
PW Besitz	4.02	4.26	4.44	4.59	4.71	4.80	4.89	0.87	21.6%
PW Verfügbarkeit	5.89	6.23	6.49	6.73	6.89	7.04	7.17	1.28	21.7%
ÖV Abonnement Besitz	4.02	4.26	4.45	4.62	4.75	4.87	4.98	0.96	23.9%
GA	0.57	0.61	0.64	0.67	0.69	0.72	0.74	0.17	30.4%
Halbtax	2.46	2.60	2.71	2.81	2.88	2.95	3.01	0.55	22.4%
Verbundsabo	0.99	1.05	1.10	1.14	1.17	1.20	1.23	0.24	23.8%
Kein Abonnement	4.58	4.83	5.02	5.18	5.30	5.40	5.50	0.92	20.0%
Wegeaufkommen, Mio. Wege pro Werktag									
Arbeit	8.73	8.65	8.68	8.71	8.72	8.72	8.69	-0.04	-0.5%
Bildung	2.15	2.28	2.35	2.39	2.42	2.44	2.46	0.31	14.2%
Nutzfahrt	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.01	1.5%
Einkaufen	5.94	5.96	6.04	6.21	6.41	6.59	6.76	0.82	13.8%
Freizeit	14.44	15.99	17.15	18.15	18.95	19.62	20.30	5.86	40.6%
Gesamt	32.18	33.81	35.15	36.39	37.42	38.30	39.14	6.96	21.6%
Modal Split, %									
PW	45.6%	45.2%	45.1%	45.0%	44.9%	44.7%	44.4%	-1.2%-P.	-2.6%
ÖV	13.1%	12.9%	12.9%	12.8%	12.7%	12.6%	12.6%	-0.5%-P.	-3.7%
Velo	8.7%	9.1%	9.4%	9.8%	10.0%	10.3%	10.7%	2.0%-P.	22.5%
Fuss	32.6%	32.8%	32.6%	32.4%	32.4%	32.4%	32.3%	-0.3%-P.	-0.9%
Güterverkehrsaufkommen, Mio. Tonnen									
Strasse	367.1	387.2	400.0	414.7	428.8	444.9	459.9	92.8	25.3%
Schiene	60.2	68.0	71.4	72.9	74.3	76.1	77.7	17.5	29.1%
Binnenschiff	5.8	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	-1.2	-20.1%
Rohrfernleitung	6.4	5.7	5.0	4.4	3.7	3.3	2.8	-3.6	-56.6%
Binnenverkehr	333.3	352.8	363.9	376.9	389.0	403.5	416.8	83.5	25.1%
Import	51.5	51.5	51.6	52.3	53.0	54.1	55.1	3.5	6.8%
Export	23.1	24.1	25.2	26.5	27.8	29.1	30.5	7.4	32.1%
Transitverkehr	31.6	37.2	40.2	40.9	41.6	42.1	42.6	11.0	34.7%
Gesamt	439.6	465.6	480.9	496.5	511.4	528.8	545.0	105.4	24.0%
Verkehrsleistungen, Mrd. Personenkilometer									
PW	91.0	95.5	98.2	101.8	104.4	105.6	106.3	15.3	16.8%
konventionell	91.0	95.5	97.2	98.2	98.0	85.1	71.7	-19.3	-21.2%
automatisiert	-	0.0	1.0	3.6	6.4	20.5	34.7	34.7	-
On-Demand	-	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-
ÖV	26.0	27.4	28.8	30.2	31.0	32.3	33.7	7.7	29.5%
Schiene	21.1	22.1	23.4	24.7	25.4	26.6	27.9	6.8	32.3%
Nahverkehr	5.0	5.3	5.5	5.5	5.6	5.7	5.8	0.9	17.6%
Velo	2.7	3.0	3.2	3.5	3.7	3.9	4.2	1.5	56.3%
Fuss	4.9	5.1	5.3	5.5	5.6	5.7	5.8	0.9	19.1%
Gesamt	124.6	131.0	135.6	141.0	144.7	147.5	150.0	25.4	20.4%
Modal Split, %									
PW	73.1%	72.9%	72.4%	72.2%	72.1%	71.6%	70.9%	-2.2%-P.	-3.0%
ÖV	20.9%	20.9%	21.3%	21.4%	21.5%	21.9%	22.5%	1.6%-P.	7.5%
Velo	2.1%	2.3%	2.4%	2.5%	2.6%	2.7%	2.8%	0.6%-P.	29.8%
Fuss	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	3.9%	0.0%-P.	-1.1%
Güterverkehrsleistung, Mrd. Tonnenkilometer									
Strasse	17.2	18.4	19.1	19.8	20.5	21.2	21.9	4.7	27.4%
Schiene	10.1	11.7	12.5	12.8	13.0	13.3	13.6	3.5	35.0%
Binnenverkehr	14.0	15.0	15.5	16.1	16.7	17.3	17.9	3.9	28.0%
Import	3.6	3.8	3.8	4.0	4.1	4.2	4.4	0.8	22.4%
Export	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	0.7	34.7%
Transitverkehr	7.7	9.2	10.0	10.1	10.3	10.4	10.6	2.8	36.6%
Gesamt	27.3	30.2	31.6	32.6	33.5	34.5	35.5	8.2	30.2%
Fahrleistungen Strassenverkehr, Mrd. Fahrzeugkilometer									
PW Gesamt	61.75	64.08	65.81	67.93	69.42	70.07	70.45	8.69	14.1%
konventionell	61.75	64.08	65.15	65.51	65.16	56.46	47.48	-14.28	-23.1%
automatisiert	-	0.00	0.66	2.42	4.26	13.61	22.97	22.97	-
On-Demand	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
Nationalstrassen	28.52	29.86	30.73	31.94	32.51	32.79	32.82	4.30	15.1%
Andere Strecken	33.24	34.22	35.09	35.99	36.91	37.28	37.63	4.39	13.2%
LI Gesamt	6.34	7.17	7.64	8.17	8.62	9.15	9.62	3.28	51.7%
konventionell	6.34	7.17	7.60	7.86	7.99	7.00	5.80	-0.54	-8.5%
automatisiert	-	0.00	0.04	0.32	0.63	2.15	3.82	3.82	-
Nationalstrassen	2.95	3.32	3.52	3.75	3.94	4.19	4.40	1.45	49.0%
Andere Strecken	3.39	3.85	4.12	4.42	4.68	4.96	5.22	1.83	54.0%
LW Gesamt	1.17	1.28	1.30	1.34	1.39	1.45	1.50	0.33	28.5%
konventionell	1.17	1.28	1.29	1.29	1.29	1.11	0.91	-0.25	-21.6%
automatisiert	-	0.00	0.01	0.05	0.10	0.33	0.59	0.59	-
Nationalstrassen	0.73	0.82	0.82	0.85	0.87	0.91	0.95	0.21	29.1%
Andere Strecken	0.43	0.47	0.48	0.50	0.52	0.54	0.55	0.12	27.6%
LZ Gesamt	1.26	1.52	1.55	1.60	1.66	1.73	1.79	0.53	41.8%
konventionell	1.26	1.52	1.54	1.54	1.54	1.33	1.09	-0.17	-13.6%
automatisiert	-	0.00	0.01	0.06	0.12	0.40	0.70	0.70	-
Nationalstrassen	1.06	1.31	1.33	1.36	1.41	1.46	1.51	0.45	42.1%
Andere Strecken	0.20	0.22	0.22	0.24	0.26	0.27	0.28	0.08	40.3%
Gesamt	70.52	74.06	76.30	79.06	81.10	82.39	83.35	12.83	18.2%
Nationalstrassen	33.27	35.30	36.39	37.90	38.73	39.35	39.68	6.41	19.3%
Andere Strecken	37.25	38.76	39.91	41.15	42.37	43.04	43.67	6.42	17.2%
PW nach Strassenkategorie, Mrd. Fahrzeugkilometer									
Autobahn / Autostrasse	27.45	28.80	29.79	31.26	32.41	32.69	32.71	5.26	19.2%
Hauptverkehrsstrasse	26.95	27.70	28.23	28.68	28.87	29.13	29.37	2.42	9.0%
Übrige Strassen	7.34	7.58	7.79	7.99	8.14	8.24	8.36	1.01	13.8%
Innerorts	23.46	24.11	24.56	24.98	25.32	25.62	25.88	2.42	10.3%
Ausserorts	38.29	39.97	41.25	42.95	44.10	44.45	44.56	6.27	16.4%
LI nach Strassenkategorie, Mrd. Fahrzeugkilometer									
Autobahn / Autostrasse	2.87	3.22	3.43	3.68	3.92	4.17	4.38	1.51	52.8%
Hauptverkehrsstrasse	2.33	2.63	2.81	2.98	3.11	3.29	3.46	1.13	48.5%
Übrige Strassen	1.14	1.31	1.41	1.51	1.59	1.69	1.77	0.63	55.5%
Innerorts	2.63	3.01	3.21	3.42	3.60	3.81	4.01	1.37	52.2%
Ausserorts	3.71	4.16	4.43	4.75	5.02	5.34	5.61	1.90	51.3%
LW und LZ nach Strassenkategorie, Mrd. Fahrzeugkilometer									
Autobahn / Autostrasse	1.76	2.08	2.12	2.20	2.30	2.39	2.48	0.72	40.9%
Hauptverkehrsstrasse	0.55	0.59	0.60	0.61	0.61	0.63	0.66	0.11	19.8%
Übrige Strassen	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15	0.03	26.8%
Innerorts	0.42	0.45	0.46	0.47	0.47	0.49	0.51	0.09	21.6%
Ausserorts	2.01	2.35	2.39	2.48	2.58	2.68	2.78	0.77	38.3%

Raumentwicklung

Im WWB-Szenario wurden keine Änderungen an den Einstellungen des FLNM vorgenommen. Es basiert dementsprechend weitestgehend auf den beobachteten Entwicklungen der letzten Jahre. Die städtische Bevölkerung erfährt einen gemässigten Anstieg. Die Pro-Kopf-Anteile der Halbtax- und Verbunds-Abonnemente, sowie der PW-Besitzenden stagnieren auf dem Wert 2017, einzig die GA-Anteile steigen leicht an.

Quellpotenzial: Bevölkerungsverteilung

Die Bevölkerung verteilt sich wie folgt auf die Raumtypen:

Tabelle 8: Übersicht Verteilung Bevölkerung auf Raumtypen 2017 zu 2050 – Szenario WWB

WWB	Bevölkerung 2050	Anteile 2050 [%]	Anteile 2017 [%]	Saldo 2050 zu 2017
Stadt	6'653'671	63.8	62.9	+1'269'662
Intermediär	2'131'217	20.4	21.1	+320'846
Land	1'653'081	15.8	16.0	+287'221

Damit steigt der Anteil der städtischen Bevölkerung im Vergleich zu 2017 um rund 0.9%. Dies auf Kosten der Anteile der ländlichen (-0.2%) und der intermediären (-0.7%) Bevölkerung.

Die Bevölkerungsverteilung ist in der Abbildung 51 nach Verkehrszonen ausgewiesen, um die räumliche Entwicklung zu visualisieren. Es wird sichtbar, dass sich die Entwicklung der Bevölkerung v.a. auf das Mittelland bezieht, wo sich auch bereits heute die grosse Mehrheit der Bevölkerung lebt. Ländliche Regionen wie entlang des Jurabogens, im Engadin oder im Emmental, als auch das Tessin erfahren eine Stagnation oder gar einen leichten Rückgang der wohnhaften Bevölkerung bis 2050. Eine starke Zunahme ist in Genf, dem Kanton Waadt, sowie in der Agglomeration Zürich zu beobachten. Gesamthaft ist eine leichte Tendenz Richtung Städte, bzw. in gute erschlossene Regionen sichtbar.

Quellpotenzial: Erwerbstätige

Die Erwerbstätigen nehmen im Raum der grossen Schweizer Städte im Vergleich zum Jahr 2017 zu (Abbildung 52), dies korreliert stark mit der Entwicklung der 18-64-jährigen Bevölkerung. Die Abnahme an Erwerbstätigen im ländlichen Raum hat im WWB-Szenario zur Konsequenz, dass sich die Konzentration des relativen Wachstums an Erwerbstätigen im Agglomerationsraum und den dazugehörigen Kernstädten akzentuiert. Zumal die Nähe zum Arbeitsplatz ein entscheidender Faktor bei der Wohnstandortwahl ist, ist zu erwarten, dass diese Distanz optimiert wird und entsprechend in den Ballungszentren die Zuwachsrate erhöht ist. Der Anteil einfache bzw. qualifizierte Erwerbstätige bleibt wie erwartet stabil von 2017 bis 2050. Global gesehen ist nur eine leichte Steigerung von 2017 auf 2050 zu beobachten. Der Anteil steigt bei den einfachen Erwerbstätigen von 64.6% auf 65.2%, respektive sinkt bei den Qualifizierten von 35.4% auf 34.8%.

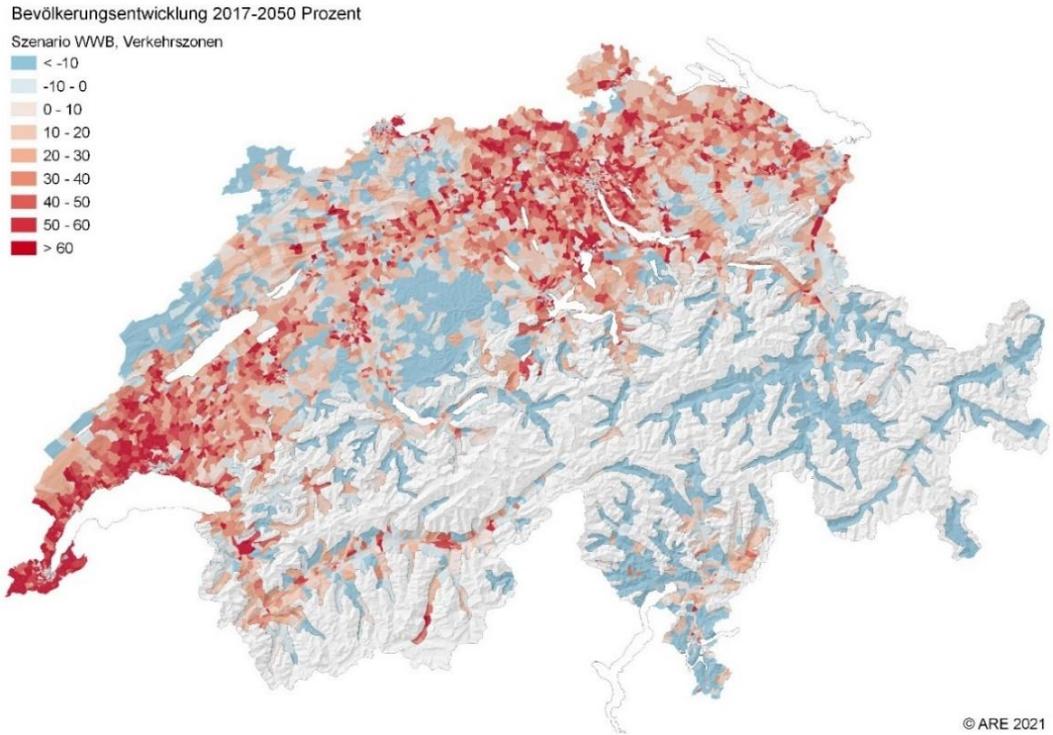


Abbildung 51: Entwicklung Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario WWB
relative Veränderung 2017 – 2050

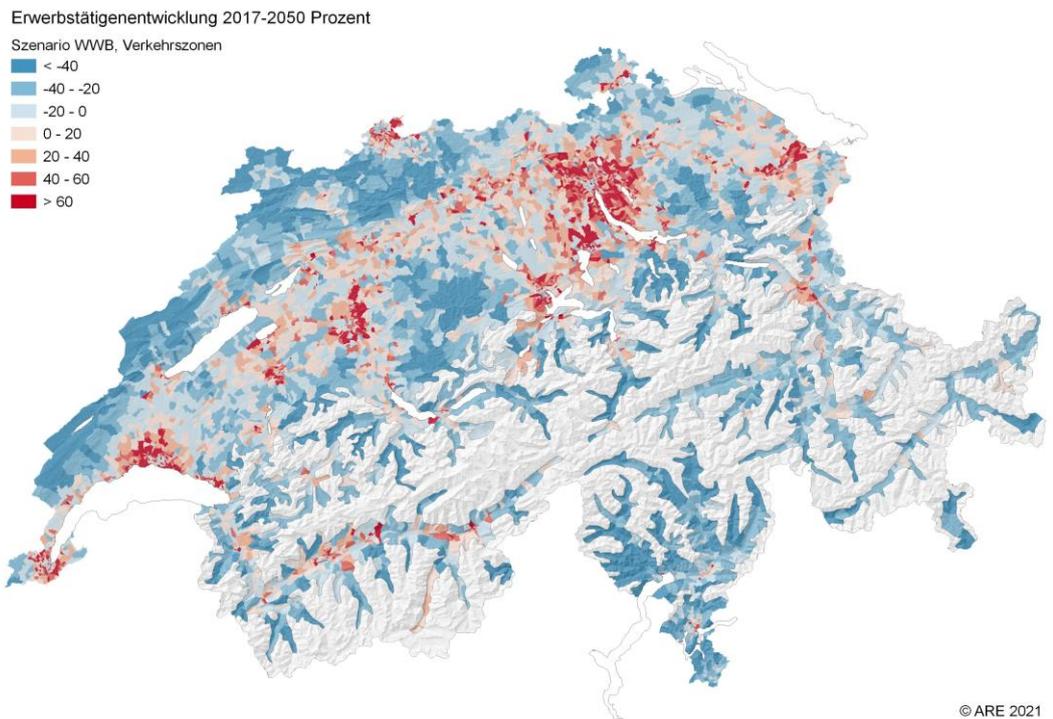


Abbildung 52: Entwicklung Erwerbstätige nach Verkehrszonen - Szenario WWB
relative Veränderung 2017 – 2050

Mobilitätswerkzeuge

Die Entwicklung der Mobilitätswerkzeuge folgt den Annahmen aus der Stellgrössen-Herleitung. Die absolute Zahl der autobesitzenden Personen steigt um ca. 22% bis 2050 (vgl. Tabelle 7). Während der Anteil im städtischen Raumtyp um 0.1% sinkt, sinkt der Pro-Kopf-Anteil im Intermediären um 0.1% und in ländlichen Gemeinden um 0.2%. Der Anteil Personenwagen je Einwohner bleibt schweizweit zwischen 2017 und 2050 stabil (Abbildung 53). Nebst dem Wachstum der Generalabonnemente je Einwohner, stagnieren die Anteile Halbtax- und Verbund-Abos je Einwohner im WWB. Der Anteil der Generalabonnemente je Einwohner legt im WWB-Szenario im Vergleich zum Jahr 2017 um 7% zu und verhält sich je nach Raumtyp folgendermassen: Städtisch +6.3%, Intermediär +8.6% und Ländlich +5.9%.

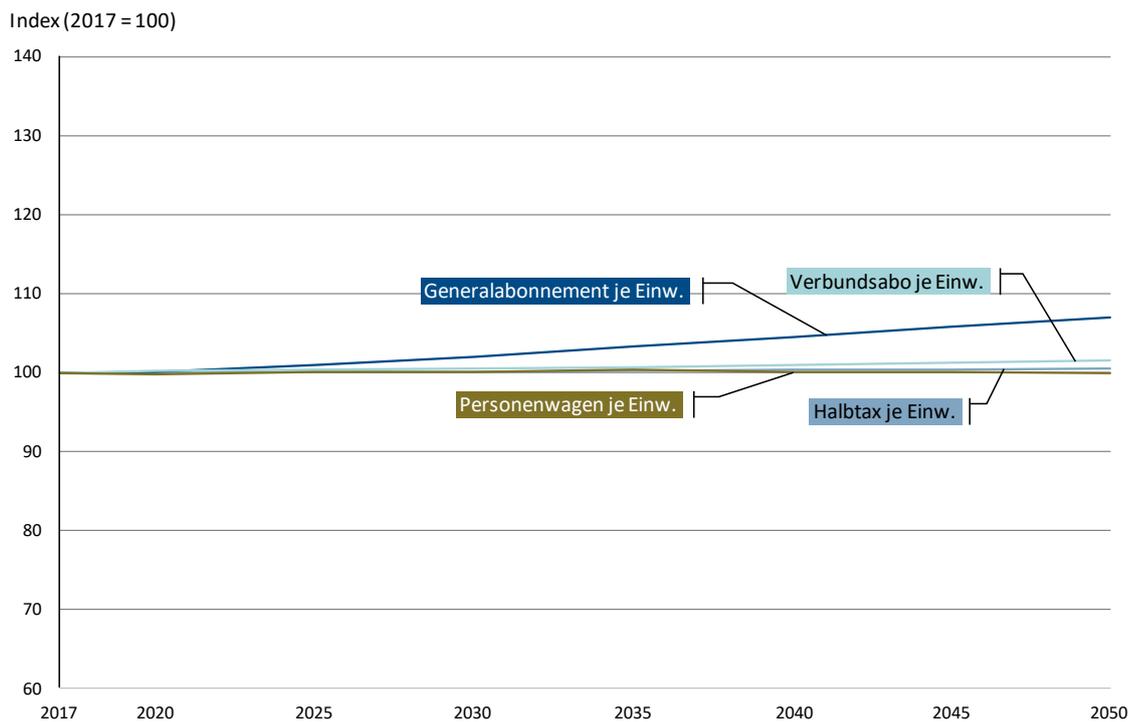


Abbildung 53: Entwicklung Mobilitätswerkzeuge je Einwohner – Szenario WWB
Veränderung 2017 – 2050

Hinweis zu den ÖV-Abonnements: Es liegen keine konkreten Erkenntnisse zu neuen, evtl. dynamischeren Abo-Typen sowie deren Entwicklung über die Zeit vor. Es wird folglich die Annahme getroffen, dass die bis 2050 je Szenario unterschiedliche ÖV-Affinität auf unterschiedlichen Entwicklungen der heutigen Abo-Typen gründet. Dies ist eine Vereinfachung, insofern jedoch vertretbar, dass auch neue, dynamischere Abo-Typen im Verkehrsmodell stets den Grad einer höheren ÖV-Affinität abbilden würden.

Es sind die Kernstädte, welche besonders hohe Bevölkerungsanteile mit einem ÖV-Abonnement ausweisen, was sich am Beispiel von Bern und Zürich mit 34.6% resp. 38.9% zeigt (Abbildung 54 und Abbildung 55). Die Agglomerationen weisen ebenfalls einen hohen Anteil der Bevölkerung mit einem ÖV-Abonnement aus mit Werten im Bereich zwischen 20% und 30%.

Der Anteil der Autobesitzenden an der Gesamtbevölkerung im Jahr 2050 zeigt ein geografisch entgegengesetztes Bild verglichen mit den ÖV-Abonnements-Anteilen (Abbildung 56 und Abbildung 57), da Agglomerationen und im Speziellen die dazugehörigen Kernstädte (Basel,

Genf, Lausanne, Bern, Zürich) deutlich tiefere Autobesitzende-Anteile aufweisen als das ländliche Gebiet. Die höchsten Anteile von Autobesitzenden an der Bevölkerung, mit Werten grösser 55%, weisen die ländlichen Regionen der Zentral-, Ost- und Südschweiz und Teilen des Jurabogens aus.

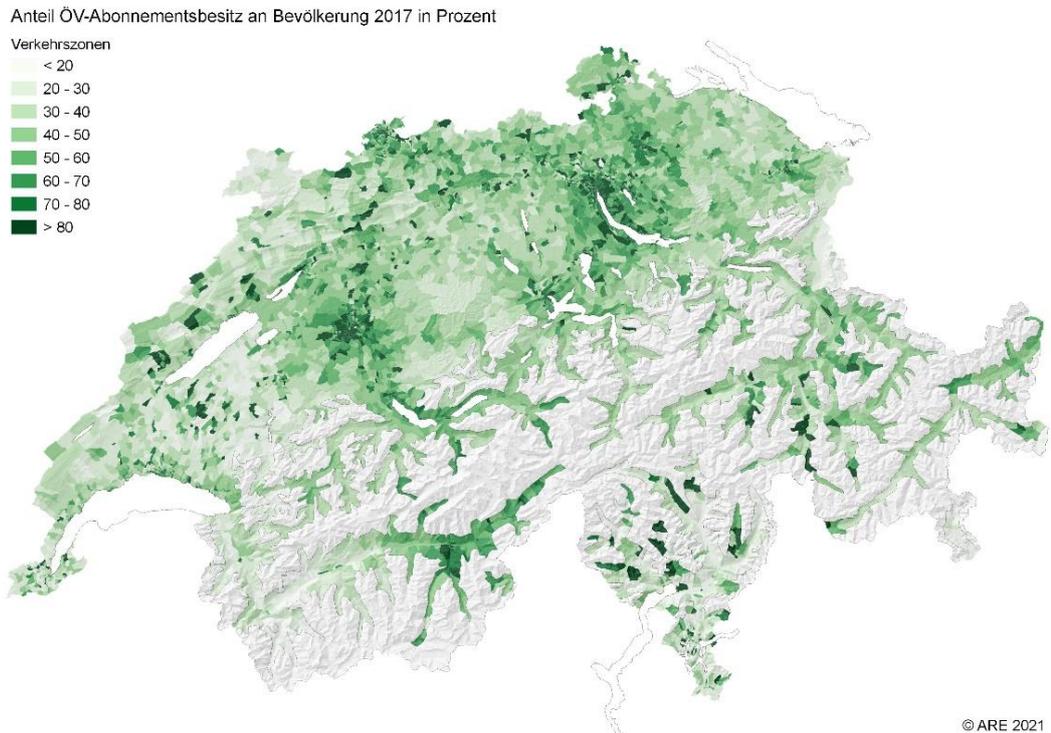


Abbildung 54: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz – Szenario WWB
prozentualer Anteil für das Jahr 2017 (ÖV-Abonnement = GA, Halbtax, Verbund)

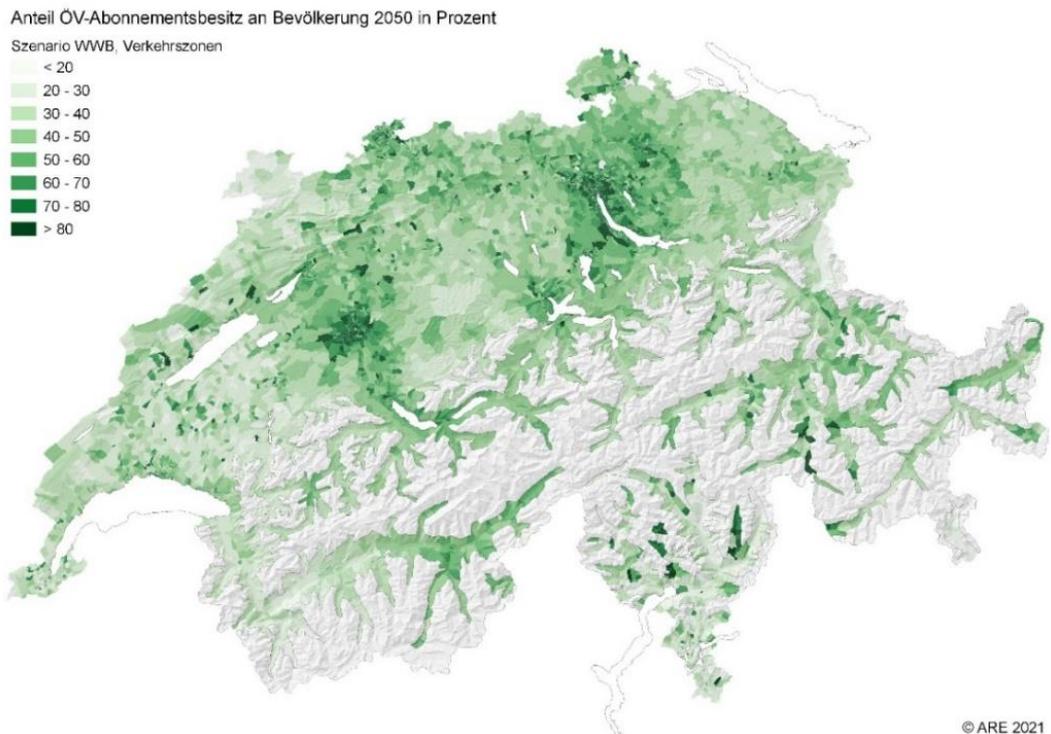


Abbildung 55: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz – Szenario WWB
prozentualer Anteil für das Jahr 2050 (ÖV-Abonnement = GA, Halbtax, Verbund)

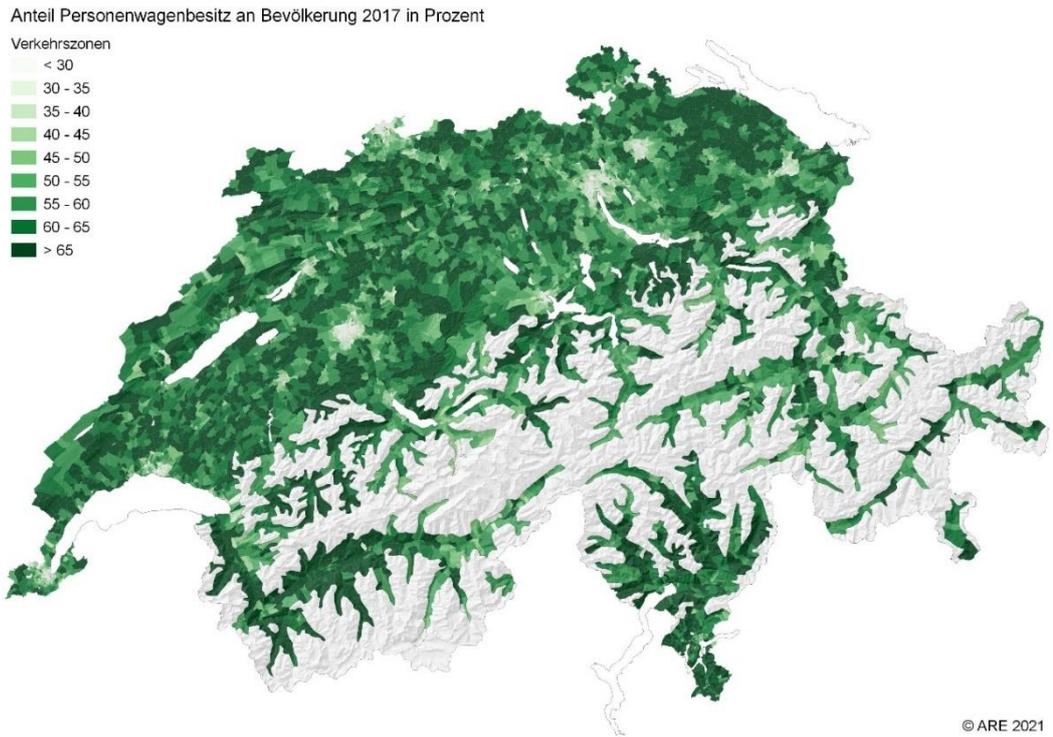


Abbildung 56: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario WWB
prozentualer Anteil für das Jahr 2017

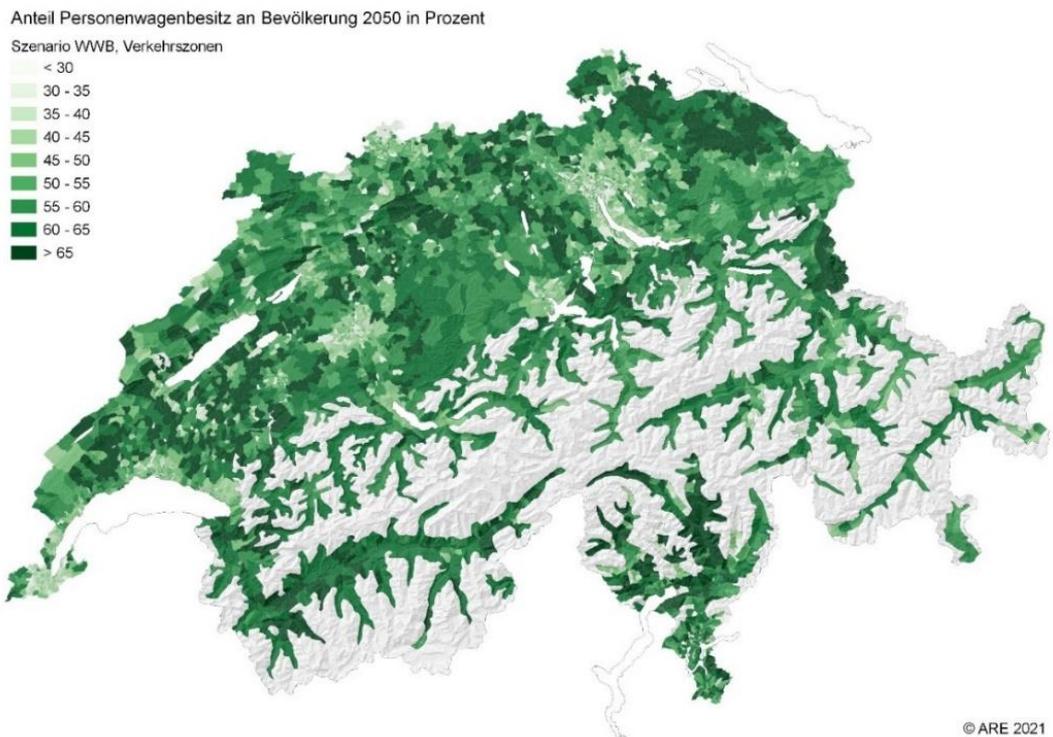


Abbildung 57: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario WWB
prozentualer Anteil für das Jahr 2050

Güterverkehr

Entwicklung im Überblick

Mit den Annahmen im WWB-Szenario steigen sowohl das Aufkommen als auch die Verkehrsleistung im Güterverkehr bis 2050 kontinuierlich an. Im Jahr 2050 steigt das Güterverkehrsaufkommen auf 545 Mio. Tonnen, das entspricht einem Zuwachs von 24% gegenüber 2017 (440 Mio. Tonnen). Die Verkehrsleistung im Jahr 2050 wird 35.5 Mrd. Tonnenkilometer betragen, das sind 30% mehr als im Jahr 2017 (27.3 Mrd. Tonnenkilometer).

Index (2017 = 100)

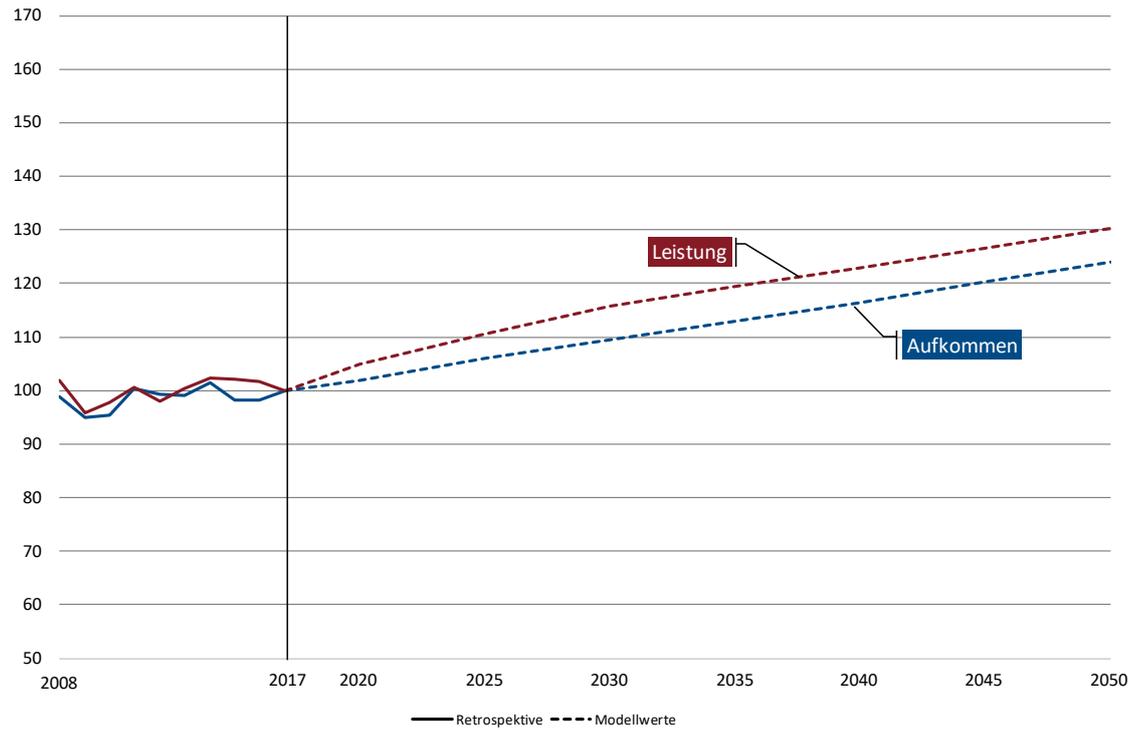


Abbildung 58: Güterverkehrsaufkommen und -leistung - Szenario WWB; Index: 2017=100

Entwicklung nach Warengruppe

Das Güterverkehrsaufkommen wird im WWB-Szenario bis 2050 in den meisten Warengruppen zunehmen. Deutliche Veränderungen wird es dabei vor allem bei den Abfällen (+67% gegenüber 2017), bei den Stück- und Sammelgütern (+57%) sowie der Landwirtschaft (+49%) geben. Auch die Aufkommen der Warengruppen Chemie und Kunststoffe (+31%), Nahrungsmittel (+30%) und Baustoffe, Glas (+25%) werden ansteigen. Bei den Aufkommen der Erze, Steine und Erden (+5%) und der Halb- und Fertigwaren (+4%) wird es keine grossen Änderungen geben. Für die Warengruppen Energieträger (-60%) sowie Metalle und Halbzeug (-23%) wird ein Rückgang der Gütermengen erwartet.

Aufkommensstärkste Warengruppen sind und bleiben Erze, Steine und Erden, die Stück- und Sammelgüter sowie die Warengruppe Baustoffe, Glas. Die Aufkommen der beiden erstgenannten Warengruppen befinden sich über den gesamten Prognosezeitraum auf ähnlichem Niveau wie im Basisjahr 2017, von den Stück- und Sammelgütern werden im Jahr 2050 deutlich mehr Tonnen transportiert werden als im Jahr 2017.

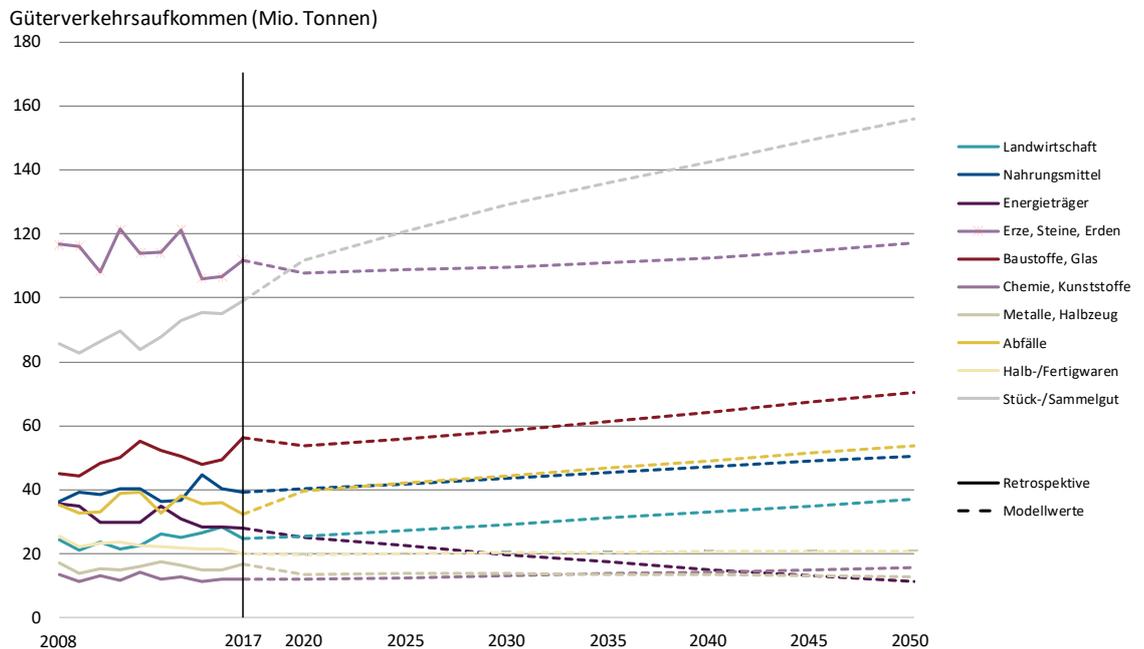


Abbildung 59: Güterverkehrsaufkommen nach Warengruppe - Szenario WWB

Die Entwicklung der Verkehrsleistung nach Warengruppe wird im Zeitraum 2017 bis 2050 grösstenteils analog zur Entwicklung der Aufkommen erwartet. Für die Warengruppen Landwirtschaft (+53% zwischen 2017 und 2050), Abfälle (+56%) sowie Stück- und Sammelgut (+58%) werden die grössten Zuwächse prognostiziert, die Verkehrsleistung in der Warengruppe Energieträger wird deutlich zurückgehen (-56%). Die durchschnittliche Transportweite steigt in der Warengruppen Erze, Steine und Erden, so dass die Verkehrsleistung überproportional zum Aufkommen ansteigen wird. Bei den Warengruppen Chemie und Kunststoffe sowie Halb- und Fertigwaren wird eher mit einer niedrigeren Transportweite gerechnet, so dass die Verkehrsleistung gegenüber dem Aufkommen unterproportional zunimmt.

Die mit Abstand meisten Tonnenkilometer werden beim Transport von Stück- und Sammelgütern zurückgelegt. Im Jahr 2017 entfielen 40% der Güterverkehrsleistung auf diese Warengruppe. Bis 2050 wird sich dieser Wert auf 48% erhöhen.

Entwicklung nach Verkehrsart

Bei den Güterverkehrsleistungen ergeben sich bei den Verkehrsarten Binnenverkehr, Export und Transit sehr ähnliche Wachstumsraten. Im Binnenverkehr steigt die Verkehrsleistung auf 17.9 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050, das sind 28% mehr als im Jahr 2017 (14.0 Mrd. Tonnenkilometer). Im Export und Transit entsprechen die 2.7 bzw. 10.6 Mrd. Tonnenkilometer wiederum einer Steigerung von etwa einem Drittel (35 bzw. 37%). Die Werte beim Transit sind bis 2040 auf die Ergebnisse des Berichtes «Verkehrsentwicklung im alpenquerenden Güterverkehr infolge Fertigstellung der NEAT» (Greinus and Ickert, 2019) abgestützt, welcher bis 2030 eine deutliche und anschliessend eine leichte Zunahme prognostiziert.

Beim Import steigt die Verkehrsleistung auf 4.4 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050 an. Dies entspricht einer Zunahme um 22% gegenüber 2017. Der Rückgang in der Warengruppe der Energieträger fällt bei der Verkehrsleistung weniger stark ins Gewicht als beim Aufkommen, da die Transportweiten der Energieträger kürzer sind als der Durchschnitt.

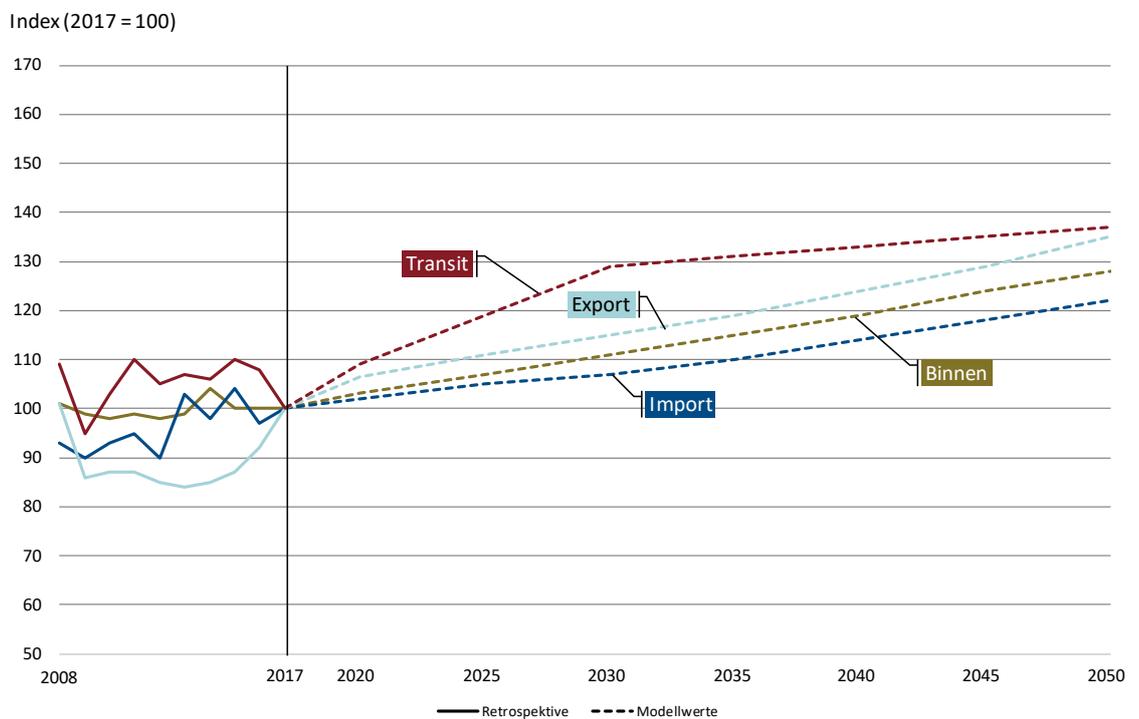


Abbildung 60: Güterverkehrsleistung nach Verkehrsarten - Szenario WWB

Entwicklung nach Modus

Mit Blick auf die Verkehrsträger sind im WWB-Szenario keine markanten Veränderungen zu beobachten. Die Strasse bleibt bis zum Jahr 2050 der Verkehrsträger mit der höchsten Nachfrage. Der Anteil am Aufkommen steigt leicht von 83.5% im Jahr 2017 auf 84.4% im Jahr 2050. Ähnlich verhält es sich bei der Schiene. Hier steigt der Anteil am Aufkommen von 13.7% im Jahr 2017 auf 14.3% im Jahr 2050. Einen leichten Rückgang gibt es bei der Binnenschifffahrt: Hier geht der Anteil am Aufkommen von 1.3% im Jahr 2017 auf 0.8% im Jahr 2050 zurück. Deutlicher ist der Rückgang bei den Rohrfernleitungen. Hier sinkt der Anteil am Aufkommen von 1.5% im Jahr 2017 auf 0.5% im Jahr 2050. Sowohl bei der Binnenschifffahrt wie auch bei der Rohrfernleitung ist der Rückgang des Aufkommens mit dem sinkenden Aufkommen bei der Warengruppe der Energieträger zu erklären.

Insgesamt werden auf der Strasse im Jahr 2050 459.9 Mio. Tonnen transportiert, dies entspricht einem Zuwachs von 25.3% gegenüber 2017. Der Grossteil dieses Aufkommens wird von schweren Nutzfahrzeugen transportiert: 416.7 Mio. Tonnen entsprechen 76.5% des Gesamtaufkommens im Jahr 2050 (2017: 340 Mio. Tonnen, 77.3% des Gesamtaufkommens). Auf die leichten Nutzfahrzeuge entfallen im Jahr 2050 43.2 Mio. Tonnen, das sind 7.9% des Gesamtaufkommens (2017: 28 Mio. Tonnen, 6.3%).

Auf der Schiene werden im Jahr 2050 77.7 Mio. Tonnen transportiert (+29% gegenüber 2017), davon 35.9 Mio. Tonnen im WLW, 40.0 Mio. Tonnen im UKV und 1.8 Mio. Tonnen auf der RoLa. Damit wird sich das Aufkommen im UKV gegenüber 2017 nahezu verdoppeln (2017: 21.7 Mio. Tonnen), im WLW (2017: 37.7 Mio. Tonnen) und auf der RoLa (2017: 1.6 Mio. Tonnen) wird es nur kleine Änderungen geben.

In der Binnenschifffahrt werden im Jahr 2050 4.6 Mio. Tonnen transportiert, 2017 waren es noch 5.8 Mio. Tonnen (-20.1%). Die Prognosen sind auf Basis der Daten des Jahres 2018 erfolgt. Aufgrund des langanhaltenden Niedrigwassers am Rhein war das Aufkommen im Jahr 2018 deutlich geringer als im Vorjahr (-19%). Ab 2018 prognostiziert das Modell ein nahezu unverändertes Aufkommen für die Binnenschifffahrt.

Bei den Rohrfernleitungen sinkt das Aufkommen zwischen 2017 und 2050 von 6.4 auf 2.8 Mio. Tonnen (-56.6%).

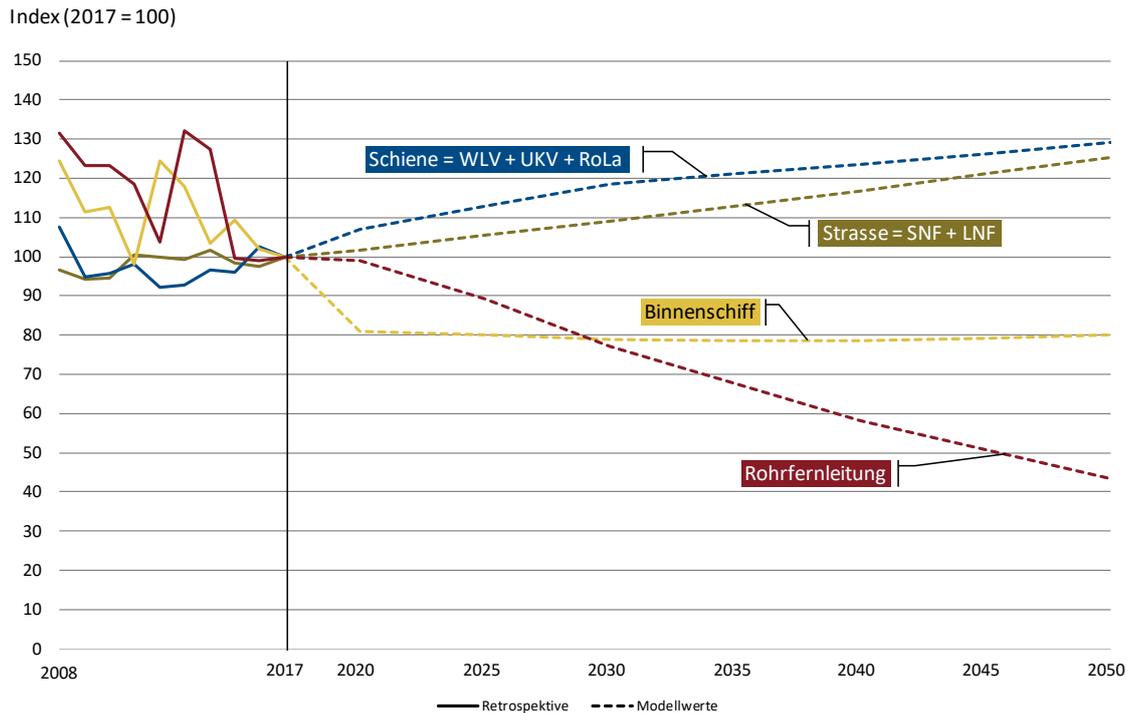


Abbildung 61: Güterverkehrsaufkommen nach Modus - Szenario WWB

Im Vergleich mit dem Aufkommen entfällt bei der Verkehrsleistung ein grösserer Anteil auf die Schiene. Betrachtet man den bimodalen Modal Split, so wurden im Jahr 2017 63.1% der Verkehrsleistung auf der Strasse und 36.9% auf der Schiene erbracht. Bis zum Jahr 2030 wird sich der Anteil der Schiene im WWB-Szenario auf 39.6% erhöhen, im Jahr 2050 wird er mit 38.3% wieder etwas niedriger liegen.

Dabei wird sich die auf der Strasse erbrachte Verkehrsleistung von 17.2 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2017 auf 21.9 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050 erhöhen, das entspricht einer Steigerung von 27%. Die auf der Schiene erbrachte Verkehrsleistung wird um 35% von 10.1 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2018 auf 13.6 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050 steigen.

Entwicklung der Fahrleistung

Bei der Entwicklung der Fahrleistung der leichten Nutzfahrzeuge wird es im WWB-Szenario keine grossen Unterschiede zur Entwicklung der entsprechenden Verkehrsleistung geben. Im WWB-Szenario wird die Fahrleistung der leichten Nutzfahrzeuge im Jahr 2050 bei 9.6 Mrd. Fahrzeugkilometern liegen. Dies entspricht einer Steigerung von 51.7% gegenüber den 6.3 Mrd. Fahrzeugkilometern im Jahr 2017 (Verkehrsleistung: +55.4%, d.h. die mittlere Auslastung der Fahrzeuge bleibt in etwa auf dem Niveau des Jahres 2017).

Die Entwicklung der Fahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge wird oberhalb des Verkehrswachstums erwartet. 3.3 Mrd. Fahrzeugkilometer im Jahr 2050 bedeuten eine Zunahme von 35.4% gegenüber den 2.4 Mrd. Fahrzeugkilometern im Jahr 2017 (Verkehrsleistung: +25.8%, d.h. die mittlere Auslastung der Fahrzeuge wird abnehmen).

Personenverkehr

Entwicklung im Überblick

Die jährlichen Verkehrsleistungen im Personenverkehr steigen zwischen 2017 und 2050 von 124.6 auf 150.0 Mrd. Personenkilometer, d.h. gesamthaft um 20.4%. Das höchste relative Wachstum weist der Veloverkehr auf (+56.3%). Der ÖV weist mit +29.5% ein deutlich höheres Wachstum auf als der PW mit +16.8%, der Fussverkehr (+19.1%) liegt dazwischen. Die ÖV-Verkehrsleistung steigt im Schienennetz stärker (+32.3%) an als im Nahverkehr (+17.6%).

Als Folge der modalen Verkehrsleistungsentwicklungen reduziert sich der Anteil des PW am Modal Split bei den Verkehrsleistungen von 73.1% im Jahr 2017 auf 70.9% im Jahr 2050 (-2.2%-P.). Zunahmen werden für den ÖV (+1.6%-P.) und den Veloverkehr (+0.6%-P.) prognostiziert. Der Anteil des Fussverkehrs bleibt konstant.

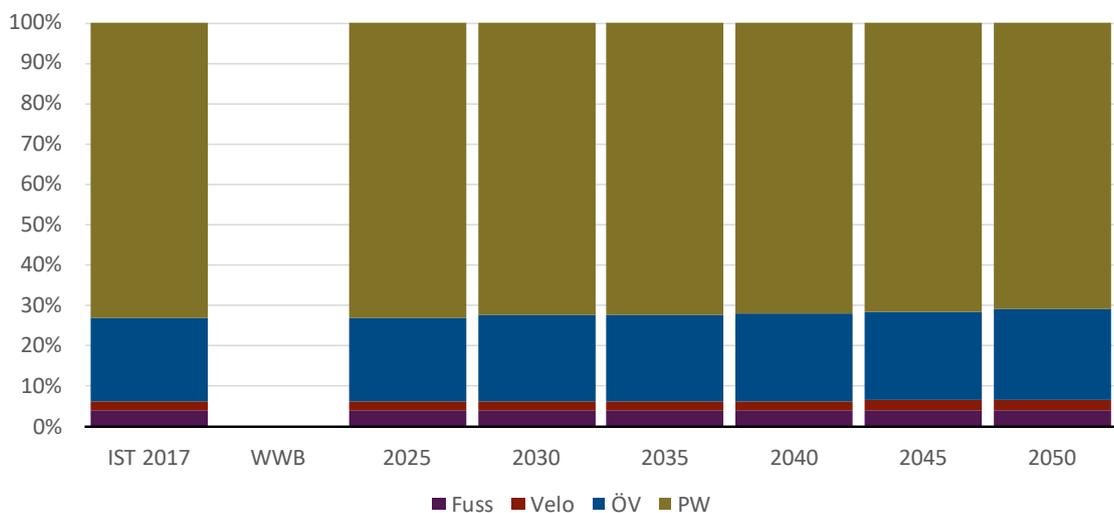


Abbildung 62: Modale Verkehrsleistung Personenverkehr - Szenario WWB

Entwicklung nach Verkehrszweck

Die Entwicklung nach Verkehrszwecken zeigt eine sehr unterschiedliche Ausprägung. Während für den Zweck Arbeit ein leichter Rückgang zu verzeichnen ist (-0.5%), nimmt das Wegaufkommen der anderen vier Wegezwecke zu. Die Zunahmen reichen von +1.5% (Zweck Nutzfahrt) bis +40.6% (Zweck Freizeit). Die Zwecke Bildung (+14.2%) und Einkaufen (+13.8%) liegen dazwischen.

Wegeaufkommen im Modal Split

Das Wegaufkommen steigt von 2017 bis 2050 um 21.6%. Die Zunahme der Wege verteilt sich jedoch unterschiedlich auf die einzelnen Verkehrsmittel. So steigt der Anteil des Velos am Modal-Split von 8.7% auf 10.7%. Der Anteil der anderen Verkehrsarten am Modal-Split nimmt hingegen ab. Den höchsten Rückgang erfährt der PW (von 45.6% auf 44.4%), gefolgt von ÖV (von 13.1% auf 12.6%) und Fussverkehr (von 32.6% auf 32.3%).

Fahrleistung Strassennetz

Für den Strassenverkehr (PW & Strassengüterverkehr) wird eine Zunahme der Fahrleistung um 18.2% prognostiziert. Die Zunahme der Fahrleistung unterscheidet sich zwischen den verschiedenen Fahrzeugarten. Sie ist bei den Lieferwagen am höchsten (+51.7%) und beim PW am geringsten (+14.1%). Aufgrund der zunehmenden Nutzung autonomer Fahrzeuge wird für alle vier Fahrzeugarten ein Rückgang der Fahrleistung der konventionellen Fahrzeuge prognostiziert, welche durch die steigende Zahl automatisierter Fahrzeuge und die von ihnen

erbrachte Fahrleistung jedoch mehr als ausgeglichen wird. Wird die Entwicklung der Fahrleistung nach den Schweizer Nationalstrassen und den restlichen Strassen in der Schweiz differenziert zeigt sich, dass die Fahrleistung in beiden Kategorien zunimmt, im Nationalstrassennetz jedoch etwas stärker als im restlichen Netz (+19.3% im Nationalstrassennetz gegenüber 17.2% im restlichen Netz). Die Fahrleistungen für PW, Lastwagen und Lastzüge nimmt dabei auf den Nationalstrassen jeweils stärker zu als auf den anderen Strecken. Für die Lieferwagen wird das Gegenteil prognostiziert: Ihre Fahrleistung nimmt auf den Nationalstrassen weniger stark zu als im restlichen Strassennetz.

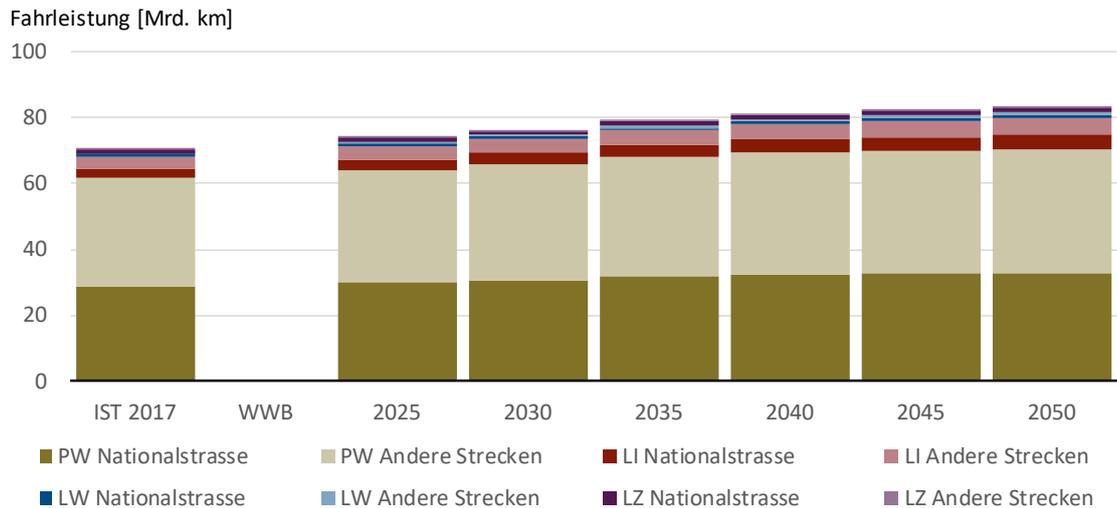


Abbildung 63: Fahrleistung Strassennetz - Szenario WWB

Hinweis zu Fahrleistungen Nationalstrasse: Die Fahrleistungen Nationalstrasse (2017 und Prognosejahre) beinhalten jeweils die seit 1.1.2020 übernommenen 400 Kilometer Kantonsstrassen.

Entwicklung Strassen- und Schienennetz

Abbildung 64 zeigt im WWB eine flächenhafte Zunahme der Verkehrsbelastung auf dem Strassennetz der Schweiz. Die dargestellte Balkenbreite gibt ein Verständnis über die Gesamtverkehrsbelastung 2050 (in PW-Einheiten) und die Einfärbung symbolisiert die prozentuale Veränderung gegenüber 2017.

Die grossen Zunahmen sind vor allem auf den bereits heute hoch belasteten Streckenabschnitten im Mittelland, der Zentralschweiz, der Genfersee Region, sowie in den regionalen Zentren ersichtlich. Dort zeigen sich Steigerungen zwischen +25-50%. Die Ursachen für diese Zunahme sind mit der steigenden Mobilität von Personen und dem Transport von Gütern zu begründen, welche im WWB massgeblich durch das allgemeine Wachstum von Bevölkerung und Wirtschaft begünstigt wird. Im WWB angenommene, eher moderate Veränderungen in den Verhaltensweisen (z.B. Wegfall von Arbeits- und Einkaufswegen) wirken zwar, werden aber durch die Wachstumsfaktoren überprägt.

Die Schwerpunkte dieser Zunahme liegen entlang der zentralen Nationalstrassenachsen. Deutliche Zunahmen sind besonders bei Ausbauprojekten wie dem Lückenschluss der Oberlandautobahn (Kanton Zürich) zu erkennen. Im Gegensatz werden auch Räume mit abnehmenden Verkehrsbelastungen gegenüber 2017 ersichtlich. Sie sind zumeist im ländlichen Raum zu finden oder resultieren aus einem parallelen Infrastrukturausbau, der zu einer Entlastung bisheriger Strecken führt.

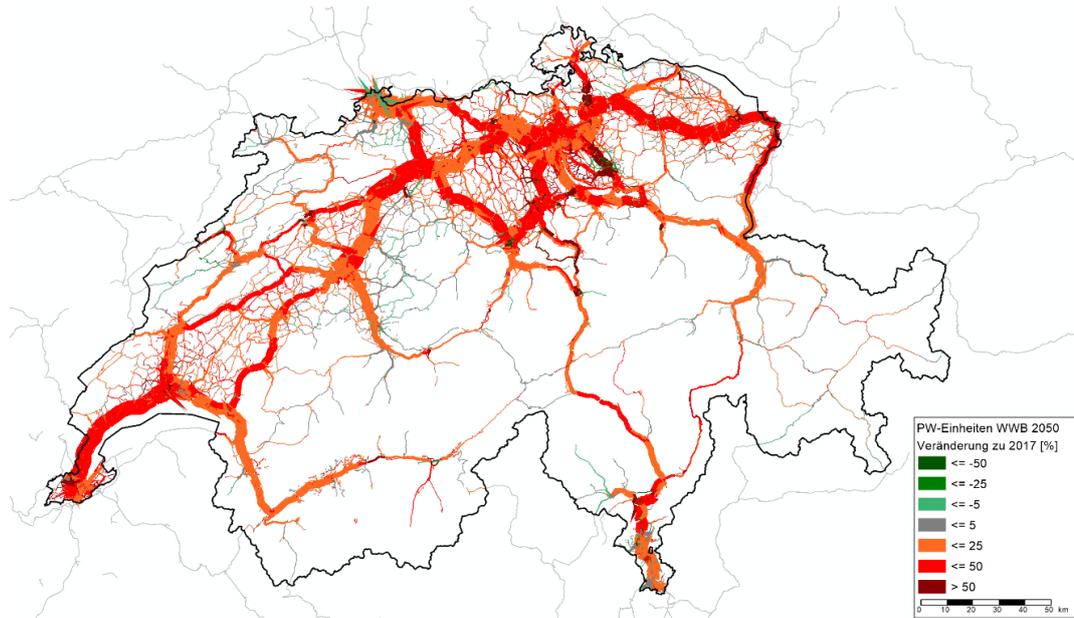


Abbildung 64: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Gesamt-Schweiz

Hinweis zu PW-Einheiten (PWE): Alle nachfolgenden Abbildungen im Strassenverkehr weisen die Belastungen von PW-Einheiten aus. Diese geben die Streckenbelastungen von Personenwagen und Strassengüterverkehr wieder, wobei 1 Personenwagen = 1 PWE, 1 Lieferwagen = 1.5 PWE, 1 Lastwagen = 2 PWE und 1 Lastzug = 2.5 PWE.

In den Abbildungen 65 bis 70 auf den folgenden Seiten 145 bis 147 werden die verkehrlichen Entwicklungen für die sechs Teilräume Basel, Zürich, Aarau & Olten, Bern, Lausanne und Bellinzona detailliert dargestellt. In der Nordwestschweiz (Basel) erfolgen nur punktuell grosse Zunahmen (>50%), was u.a. auf die bereits sehr hohen Ausgangsbelastungen in 2017 zurückzuführen ist. Im engeren Raum um Basel wirkt eine deutliche Entlastung der Stammstrecke durch die Ausbaumassnahme «Rheintunnel», welche auch dazu führt, dass im der Stammstrecke nachgelagerten Strassennetz keine Steigerungen erfolgen. Anders als in Basel bleibt dieser Zuwachs im Raum Zürich nicht nur auf den Autobahnring beschränkt, sondern ist auch auf den zentralen Zulaufstrecken zum Zentrum erkennbar (Sihlhochstrasse und Milchbucktunnel). Auch die anderen regionalen Ausschnitte zeigen im Grundsatz diese am Beispiel Basel und Zürich genannten Tendenzen: Zunahme auf den bereits in 2017 stark befahrenen Verkehrsachsen mit lokal begründbaren Änderungen im nachgelagerten Strassennetz (lokal wirkende Infrastrukturausbauten, wie im Regionalausschnitt Bellinzona über die neue Umfahrung).

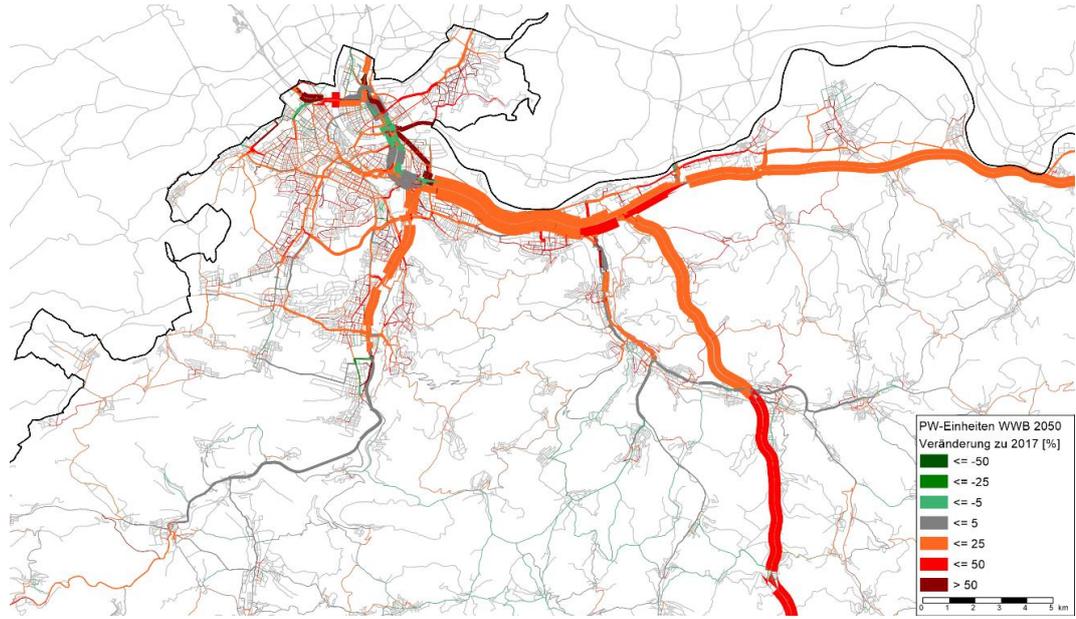


Abbildung 65: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Basel

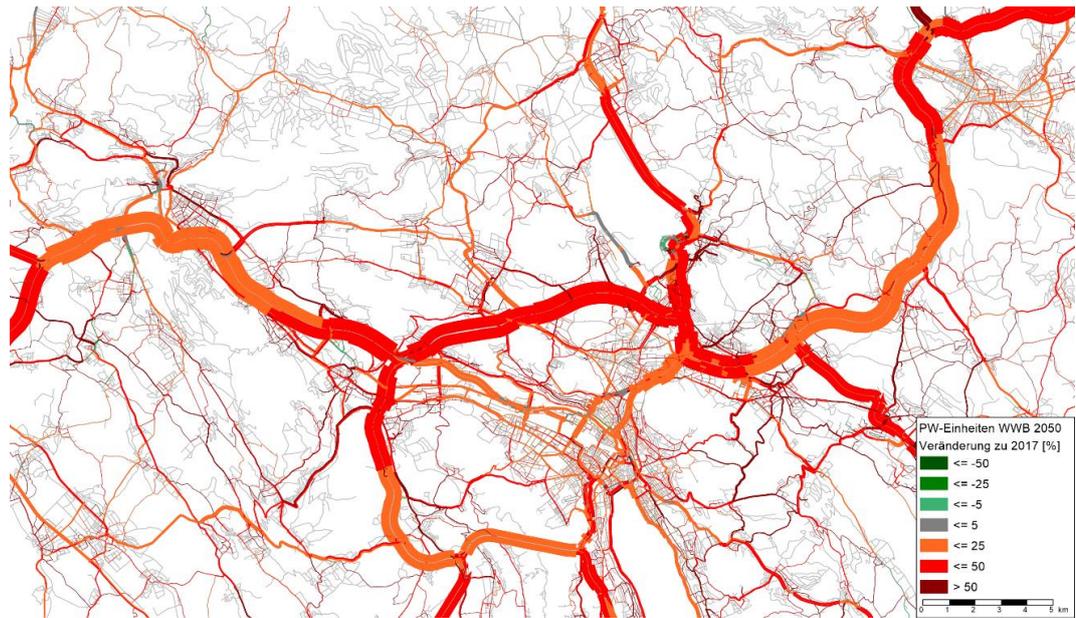


Abbildung 66: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Zürich

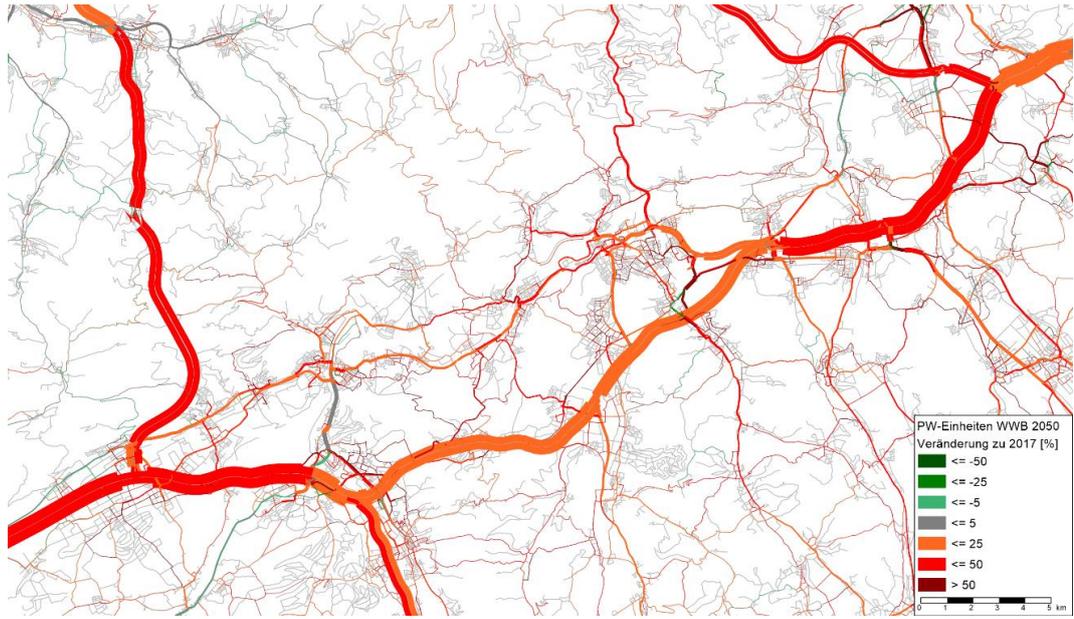


Abbildung 67: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Aarau & Olten

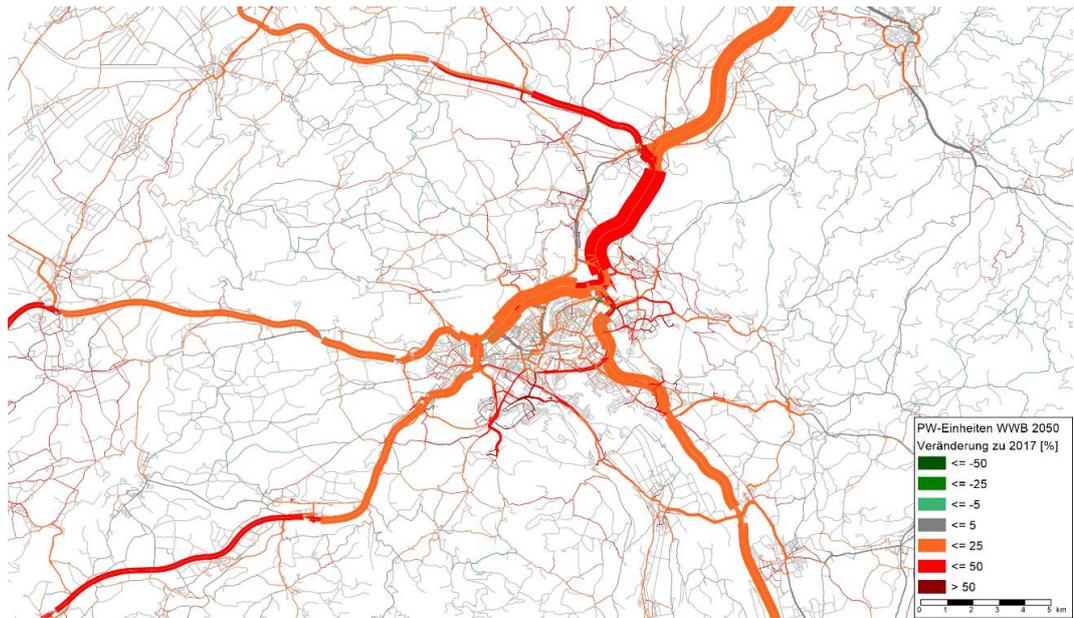


Abbildung 68: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Bern

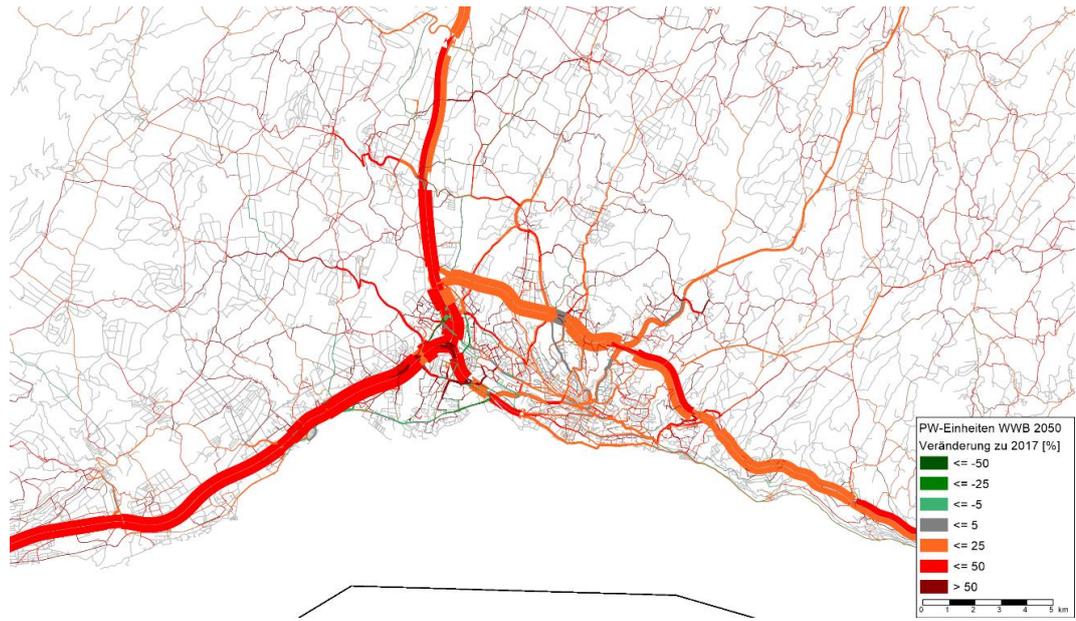


Abbildung 69: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Lausanne

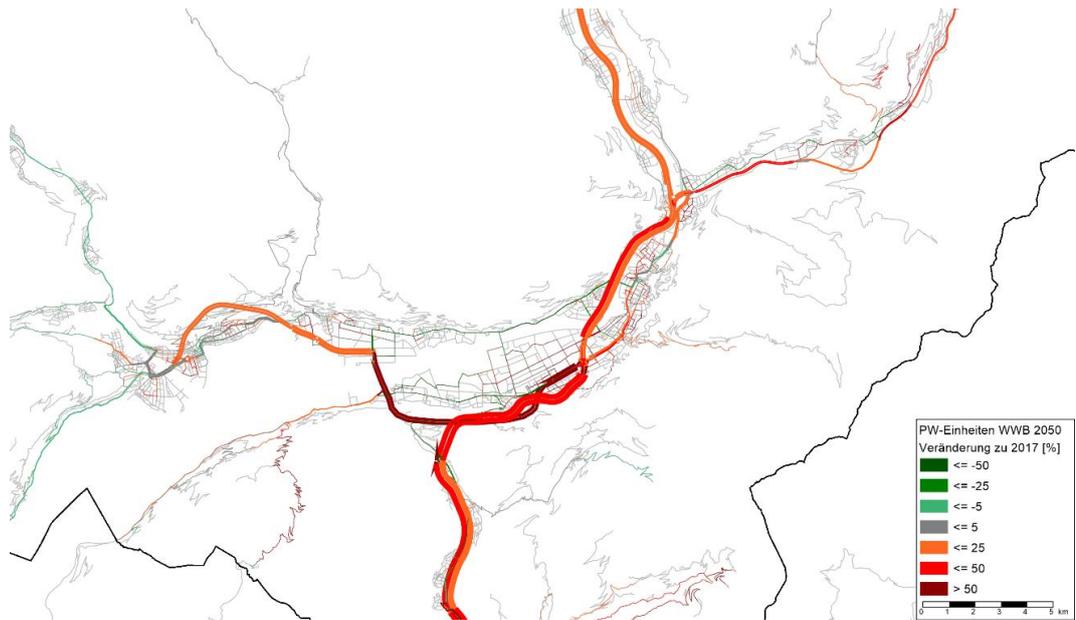


Abbildung 70: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Bellinzona

In Abbildung 71 werden die HLS und HVS Strassenabschnitte hervorgehoben, welche in 2050 durch eine hohe Auslastung gekennzeichnet sind. Insgesamt ist das Bild der überlasteten Strecken mit dem Bild der Verkehrszunahme (Abbildung 64) weitgehend deckungsgleich, bleibt jedoch stärker auf die Agglomerationszentren fokussiert.

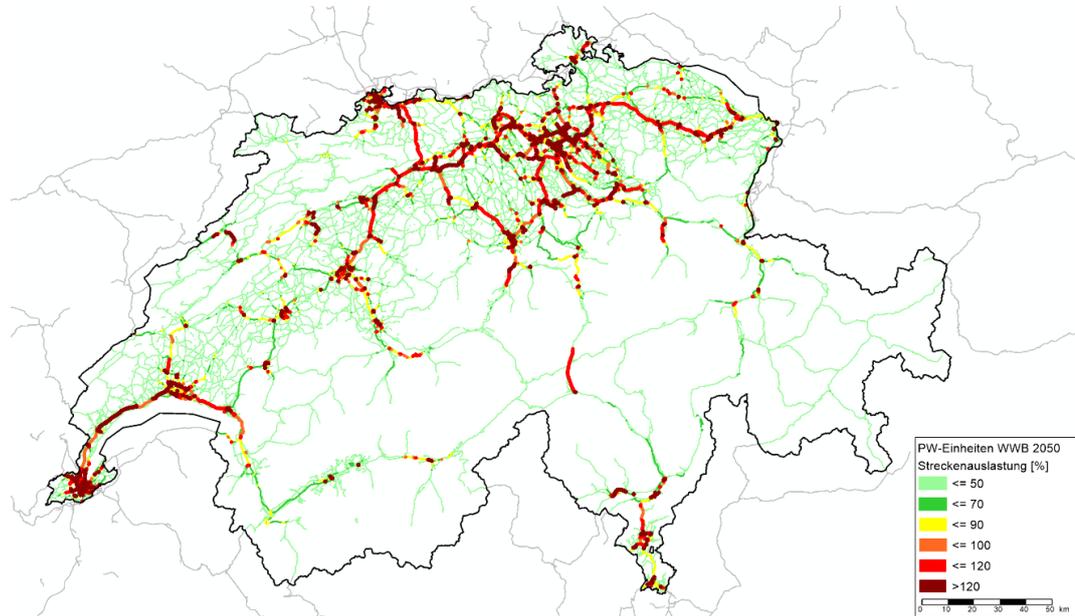


Abbildung 71: Auslastung HLS +HVS 2050 – Szenario WWB – Gesamt-Schweiz

Auch im ÖV gibt die dargestellte Balkenbreite ein Verständnis über die Gesamtanzahl an ÖV-Passagieren in 2050 und die Einfärbung symbolisiert die prozentuale Veränderung gegenüber 2017. Die Entwicklung der ÖV-Passagiere auf dem Schienennetz (Abbildung 72) zeigt schweizweit ein differenziertes Bild. Weiterhin sind die Hauptbeziehungen (z.B. Genf – Lausanne; Basel – Bern – Zürich) für das Gesamtbild prägend. Die Verbindungen zwischen Bern und Lausanne sowie entlang der Gotthardachse weisen hohe Zuwachszahlen auf. Insgesamt wird im WWB erkennbar, dass keine flächendeckenden Zunahmen eintreten, sondern sich die Zunahmen vielmehr im Rahmen der allgemeinen Wachstumsentwicklungen von Bevölkerung und Wirtschaft bewegen (mit Rückgängen im ländliche geprägten Raum).

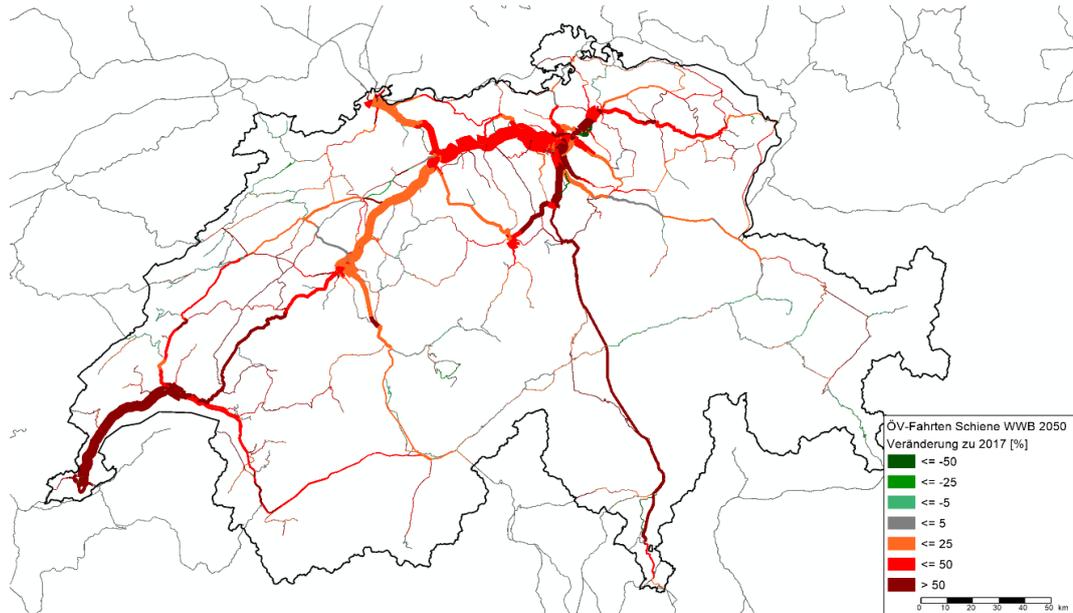


Abbildung 72: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Gesamt-Schweiz

In den regionalen Teilausschnitten (Abbildungen 73 bis 78) wird die angesprochene Verstärkung der bereits hoch belasteten Schienenstrecken im Personenverkehr sichtbar. Die zulaufenden Nebenachsen sind hingegen nicht immer durch Wachstum, sondern teilweise auch durch Stagnation resp. Abnahme gekennzeichnet (z.B. Verbindung Bern – Lyss, Waldenburgerbahn). Grosse Veränderungen auf der regionalen Ebene werden zumeist durch Infrastrukturausbauten und Angebotsveränderungen bewirkt. Die Wirkungen von Projekten wie dem Brüttener Tunnel (Winterthur – Dietlikon) oder den Angebotsverbesserungen zwischen Genf und Lausanne sind direkt und deutlich zu erkennen. Sie ziehen Verkehr auf sich und entlasten bestehende Verbindungen.

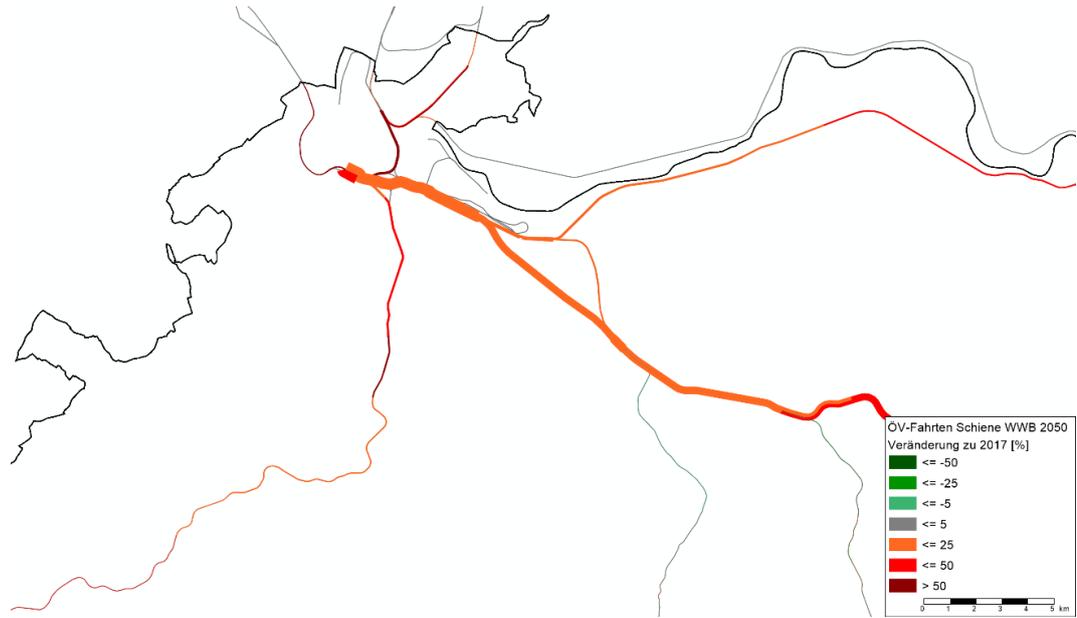


Abbildung 73: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Basel

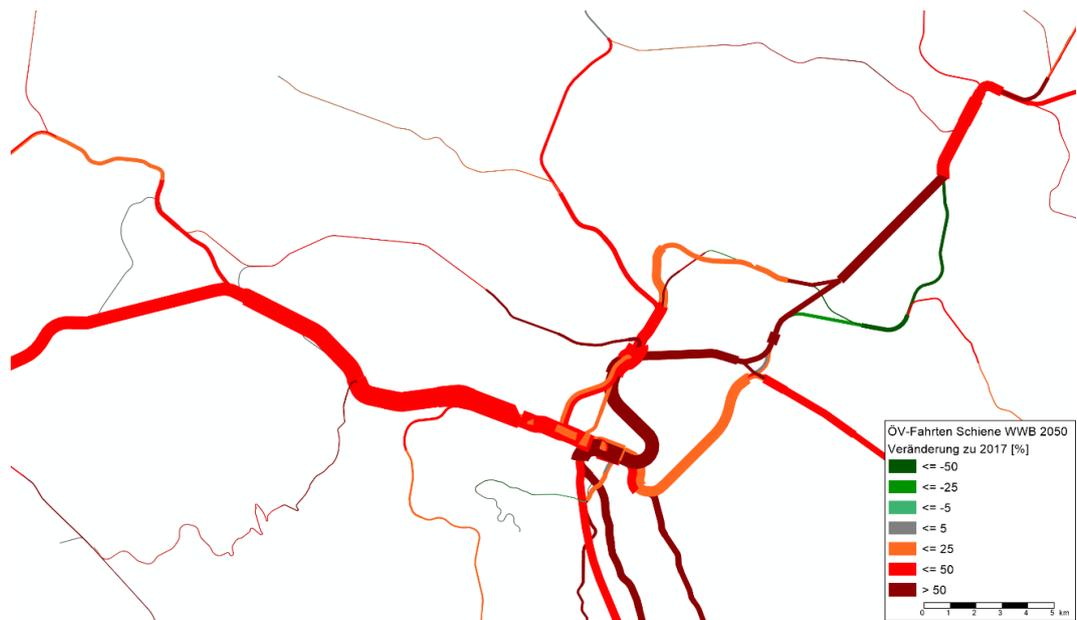


Abbildung 74: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Zürich

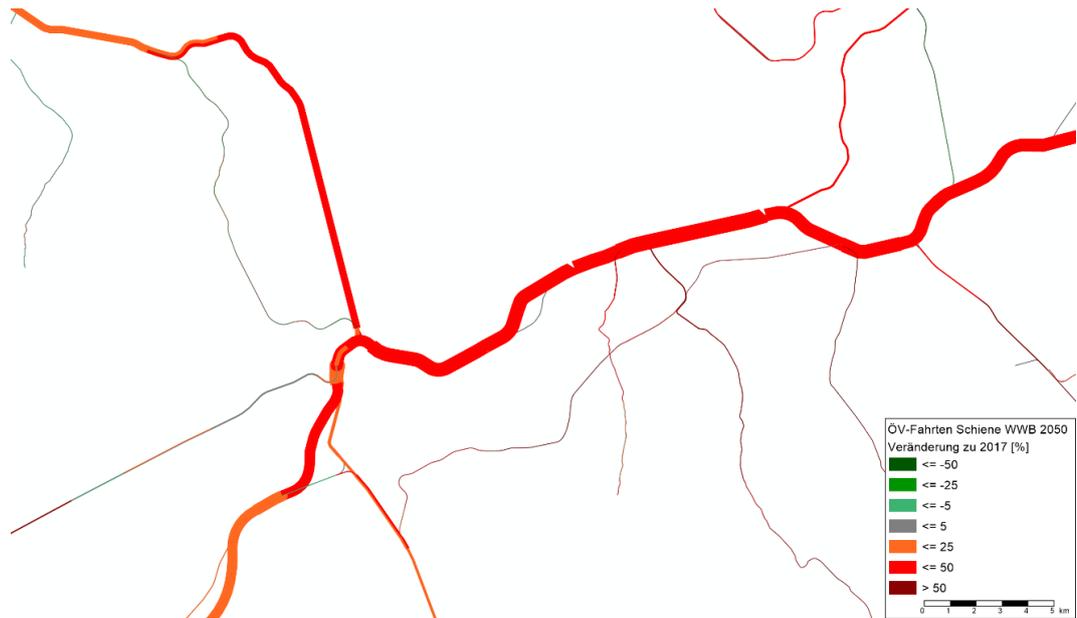


Abbildung 75: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Aarau & Olten



Abbildung 76: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Bern

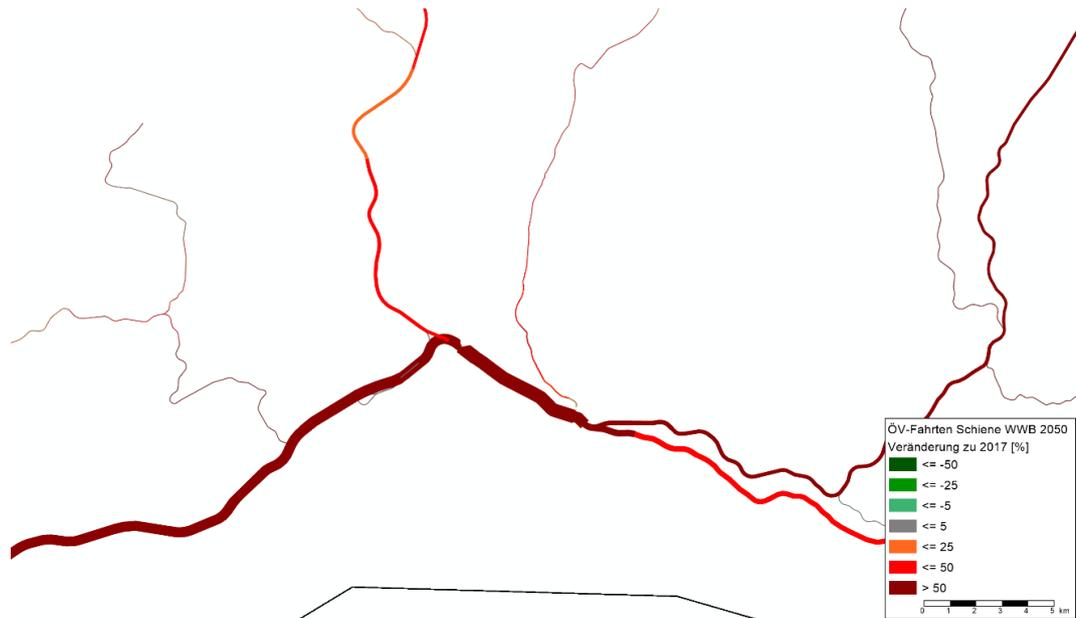


Abbildung 77: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Lausanne

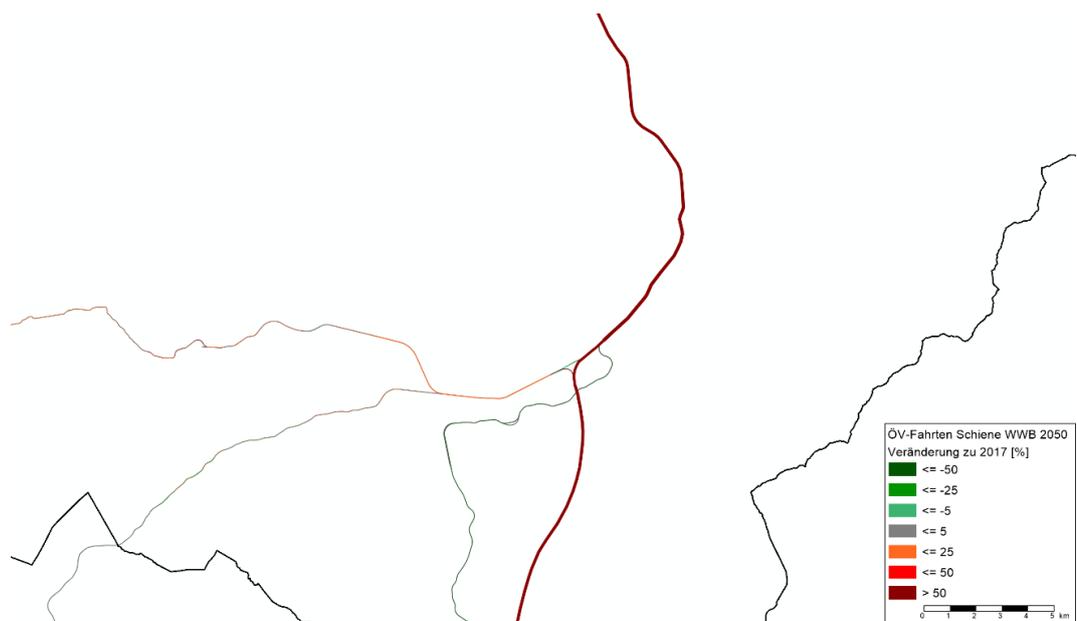


Abbildung 78: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Bellinzona

5.3. Szenario BASIS

Tabelle 9: Gesamtüberblick Ergebnisse - Szenario BASIS

BASIS	2017	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Δ 2050-2017	2050-2017[%]
Mobilitätswerkzeuge, Anzahl in Mio.									
PW Besitz	4.02	4.19	4.29	4.36	4.38	4.39	4.39	0.36	9.0%
PW Verfügbarkeit	5.89	6.13	6.27	6.39	6.42	6.44	6.43	0.54	9.2%
ÖV Abonnement Besitz	4.02	4.31	4.55	4.78	4.98	5.16	5.34	1.32	32.9%
GA	0.57	0.61	0.65	0.68	0.71	0.74	0.77	0.20	35.2%
Halbtax	2.46	2.64	2.78	2.92	3.04	3.15	3.25	0.79	32.2%
Verbundsabo	0.99	1.07	1.13	1.18	1.23	1.28	1.33	0.33	33.3%
Kein Abonnement	4.58	4.78	4.91	5.01	5.07	5.11	5.14	0.55	12.1%
Wegeaufkommen, Mio. Wege pro Werktag									
Arbeit	8.73	8.34	8.18	8.03	7.88	7.76	7.64	-1.09	-12.5%
Bildung	2.15	2.27	2.34	2.38	2.39	2.41	2.43	0.28	13.0%
Nutzfahrt	0.91	0.91	0.90	0.89	0.89	0.88	0.88	-0.03	-3.6%
Einkaufen	5.94	5.97	6.06	6.24	6.42	6.62	6.83	0.89	15.0%
Freizeit	14.44	16.05	17.29	18.38	19.18	19.84	20.30	5.87	40.6%
Gesamt	32.18	33.54	34.77	35.93	36.75	37.51	38.09	5.91	18.4%
Modal Split, %									
PW	45.6%	44.8%	44.3%	43.2%	42.3%	41.3%	40.3%	-5.3%-P.	-11.7%
ÖV	13.1%	13.1%	13.1%	13.3%	13.3%	13.3%	13.4%	0.3%-P.	2.3%
Velo	8.7%	9.1%	9.7%	10.5%	11.2%	12.0%	12.9%	4.2%-P.	48.3%
Fuss	32.6%	33.0%	32.9%	33.1%	33.3%	33.4%	33.4%	0.8%-P.	2.5%
Güterverkehrsaufkommen, Mio. Tonnen									
Strasse	367.1	386.7	399.0	413.2	426.7	441.8	455.7	88.6	24.1%
Schiene	60.2	68.4	72.4	74.5	76.5	78.9	81.3	21.1	35.0%
Binnenschiff	5.8	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	-1.2	-20.1%
Rohrfernleitung	6.4	5.7	5.0	4.4	3.7	3.3	2.8	-3.6	-56.6%
Binnenverkehr	333.3	352.7	363.9	376.9	389.1	403.3	416.1	82.9	24.9%
Import	51.5	51.5	51.6	52.3	53.0	54.1	55.1	3.5	6.8%
Export	23.1	24.1	25.2	26.5	27.8	29.1	30.5	7.4	32.1%
Transitverkehr	31.6	37.2	40.2	40.9	41.6	42.1	42.6	11.0	34.7%
Gesamt	439.6	465.5	480.9	496.6	511.5	528.6	544.4	104.8	23.8%
Verkehrsleistungen, Mrd. Personenkilometer									
PW	91.0	94.1	95.7	95.9	95.9	94.9	93.4	2.4	2.6%
konventionell	91.0	94.1	94.8	91.3	89.0	75.4	61.9	-29.1	-31.9%
automatisiert	-	0.0	1.0	3.4	5.8	18.3	30.2	30.2	-
On-Demand	-	0.0	0.0	1.2	1.1	1.3	1.3	1.3	-
ÖV	26.0	26.9	28.2	30.2	31.3	32.5	33.7	7.7	29.4%
Schiene	21.1	21.8	22.9	24.8	25.8	26.9	28.0	6.9	33.0%
Nahverkehr	5.0	5.1	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	0.7	14.4%
Velo	2.7	3.0	3.4	3.8	4.2	4.7	5.3	2.6	97.2%
Fuss	4.9	5.2	5.4	5.6	5.7	5.8	5.9	1.0	21.1%
Gesamt	124.6	129.2	132.6	135.5	137.2	137.9	138.3	13.7	11.0%
Modal Split, %									
PW	73.1%	72.8%	72.2%	70.8%	69.9%	68.8%	67.6%	-5.5%-P.	-7.5%
ÖV	20.9%	20.8%	21.2%	22.3%	22.8%	23.5%	24.4%	3.5%-P.	16.6%
Velo	2.1%	2.3%	2.5%	2.8%	3.1%	3.4%	3.8%	1.7%-P.	77.7%
Fuss	3.9%	4.0%	4.1%	4.1%	4.2%	4.2%	4.3%	0.4%-P.	9.1%
Güterverkehrsleistung, Mrd. Tonnenkilometer									
Strasse	17.2	18.4	19.0	19.7	20.4	21.1	21.7	4.5	26.2%
Schiene	10.1	11.8	12.6	13.0	13.3	13.7	14.1	4.0	40.1%
Binnenverkehr	14.0	15.0	15.6	16.2	16.9	17.6	18.2	4.2	30.2%
Import	3.6	3.8	3.8	4.0	4.1	4.2	4.4	0.8	22.5%
Export	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	0.7	34.7%
Transitverkehr	7.7	9.2	10.0	10.1	10.3	10.4	10.6	2.8	36.6%
Gesamt	27.3	30.2	31.7	32.7	33.7	34.8	35.8	8.6	31.3%
Fahrleistungen Strassenverkehr, Mrd. Fahrzeugkilometer									
PW Gesamt	61.75	63.12	64.14	63.52	63.47	62.67	61.73	-0.02	0.0%
konventionell	61.75	63.12	63.49	60.92	59.26	50.15	41.24	-20.52	-33.2%
automatisiert	-	0.00	0.65	2.26	3.89	12.16	20.14	20.14	-
On-Demand	-	0.00	0.00	0.33	0.33	0.36	0.36	0.36	-
Nationalstrassen	28.52	29.49	30.11	29.87	29.78	29.43	28.97	0.45	1.6%
Andere Strecken	33.24	33.62	34.03	33.65	33.69	33.24	32.76	-0.47	-1.4%
LI Gesamt	6.34	7.15	7.64	8.20	8.68	9.22	9.68	3.34	52.7%
konventionell	6.34	7.15	7.60	7.88	8.04	7.06	5.86	-0.48	-7.6%
automatisiert	-	0.00	0.04	0.32	0.63	2.16	3.82	3.82	-
Nationalstrassen	2.95	3.31	3.53	3.79	4.01	4.28	4.51	1.55	52.6%
Andere Strecken	3.39	3.84	4.11	4.40	4.67	4.94	5.18	1.79	52.8%
LW Gesamt	1.17	1.28	1.29	1.32	1.35	1.39	1.43	0.26	22.6%
konventionell	1.17	1.28	1.28	1.27	1.25	1.07	0.87	-0.30	-25.3%
automatisiert	-	0.00	0.01	0.05	0.10	0.32	0.56	0.56	-
Nationalstrassen	0.73	0.81	0.81	0.83	0.84	0.87	0.90	0.17	22.8%
Andere Strecken	0.43	0.47	0.47	0.49	0.50	0.52	0.53	0.10	22.1%
LZ Gesamt	1.26	1.50	1.52	1.56	1.60	1.65	1.70	0.44	34.8%
konventionell	1.26	1.50	1.51	1.50	1.49	1.27	1.04	-0.22	-17.8%
automatisiert	-	0.00	0.01	0.06	0.12	0.38	0.66	0.66	-
Nationalstrassen	1.06	1.29	1.30	1.32	1.35	1.40	1.43	0.37	34.9%
Andere Strecken	0.20	0.21	0.22	0.24	0.25	0.26	0.26	0.07	34.2%
Gesamt	70.52	73.05	74.58	74.59	75.10	74.94	74.55	4.03	5.7%
Nationalstrassen	33.27	34.91	35.75	35.81	35.99	35.98	35.81	2.55	7.7%
Andere Strecken	37.25	38.14	38.83	38.78	39.11	38.96	38.73	1.48	4.0%
PW nach Strassenkategorie, Mrd. Fahrzeugkilometer									
Autobahn / Autostrasse	27.45	28.44	29.19	29.21	29.67	29.32	28.86	1.40	5.1%
Hauptverkehrsstrasse	26.95	27.22	27.38	26.79	26.30	25.92	25.54	-1.41	-5.2%
Übrige Strassen	7.34	7.45	7.56	7.52	7.50	7.42	7.33	-0.01	-0.1%
Innerorts	23.46	23.71	23.86	23.46	23.22	22.97	22.69	-0.77	-3.3%
Ausserorts	38.29	39.41	40.28	40.06	40.25	39.70	39.04	0.75	2.0%
LI nach Strassenkategorie, Mrd. Fahrzeugkilometer									
Autobahn / Autostrasse	2.87	3.22	3.44	3.72	3.99	4.26	4.50	1.63	56.8%
Hauptverkehrsstrasse	2.33	2.62	2.80	2.97	3.09	3.27	3.42	1.09	46.7%
Übrige Strassen	1.14	1.31	1.40	1.51	1.59	1.69	1.77	0.63	54.9%
Innerorts	2.63	3.00	3.20	3.41	3.59	3.80	3.98	1.35	51.3%
Ausserorts	3.71	4.15	4.44	4.78	5.08	5.42	5.70	1.99	53.7%
LW und LZ nach Strassenkategorie, Mrd. Fahrzeugkilometer									
Autobahn / Autostrasse	1.76	2.06	2.08	2.14	2.22	2.29	2.36	0.60	33.9%
Hauptverkehrsstrasse	0.55	0.59	0.59	0.60	0.61	0.61	0.63	0.08	14.7%
Übrige Strassen	0.12	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.03	21.1%
Innerorts	0.42	0.45	0.45	0.46	0.46	0.48	0.49	0.07	16.4%
Ausserorts	2.01	2.33	2.35	2.42	2.49	2.57	2.64	0.63	31.5%

Raumentwicklung

Das Szenario BASIS zeichnet sich durch eine gesteigerte Ausnutzung der Bauzonen, sowie der leichten Erhöhung des Geschossflächenverbrauches aus (mit Ausnahme der Zentren). Während die Anzahl ÖV-Abos pro Einwohner steigt, sinkt die Anzahl PWs pro Einwohner. Die Gewichtung der Bereitschaft für längere Arbeitswege sinkt leicht, d.h. tendenziell werden kürzere Distanzen zwischen Wohn- und Arbeitsort präferiert. Die Bedeutung einer guten Erreichbarkeit von PW und ÖV wird ab ca. 2040 (und dem Aufkommen automatisierter Fahrzeuge) etwas weniger stark gewichtet. Analog nimmt die Bedeutung der Nähe zu Bahnhöfen und Autobahnanschlüssen geringfügig ab. Die Eigentumsquote steigt auf rund 45%.

Quellpotenzial: Bevölkerungsverteilung

Die Bevölkerung verteilt sich wie folgt auf die Raumtypen:

Tabelle 10: Übersicht Verteilung Bevölkerung auf Raumtypen 2017 zu 2050 – Szenario BASIS

BASIS	Bevölkerung 2050	Anteile 2050 [%]	Anteile 2017 [%]	Saldo 2050 zu 2017
Stadt	6'849'123.00	65.6	62.9	+1'465'114
Intermediär	2'079'079.00	19.9	21.1	+268'708
Land	1'510'439	14.5	16.0	+144'579

Damit steigt der Anteil der städtischen Bevölkerung im Vergleich zu 2017 um rund 2.7%. Dies auf Kosten der Anteile der ländlichen (-1.5%) und der intermediären (-1.2%) Bevölkerung. Die Bevölkerungsverteilung ist in der Abbildung 79 nach Verkehrszonen ausgewiesen. Es wird sichtbar, dass sich die Entwicklung der Bevölkerung v.a. auf das Mittelland bezieht, wo auch bereits heute die grosse Mehrheit der Bevölkerung lebt. Ländliche Regionen z.B. entlang des Jurabogens, im Engadin oder im Emmental, als auch das Tessin erfahren eine Stagnation oder gar einen mässigen Rückgang der wohnhaften Bevölkerung bis 2050. Eine starke Zunahme ist in Genf, dem Kanton Waadt, sowie in der Agglomeration Zürich zu beobachten. Die Entwicklung findet vorwiegend im städtischen Gebiet statt.

Quellpotenzial: Erwerbstätige

Die Erwerbstätigen nehmen im Raum der grossen Schweizer Städte im Vergleich zum Jahr 2017 erheblich zu (Abbildung 80), dies korreliert stark mit der Entwicklung der 18-64-jährigen Bevölkerung. Die Abnahme an Erwerbstätigen im ländlichen Raum hat im Szenario BASIS zur Konsequenz, dass sich die Konzentration des relativen Wachstums an Erwerbstätigen im Agglomerationsraum und v. a. den dazugehörigen Kernstädten stark akzentuiert. Der Anteil einfacher Erwerbstätiger steigt leicht von 64.6% auf 65.4% und sinkt entsprechend leicht bei den Qualifizierten von 35.4% auf 34.6%.

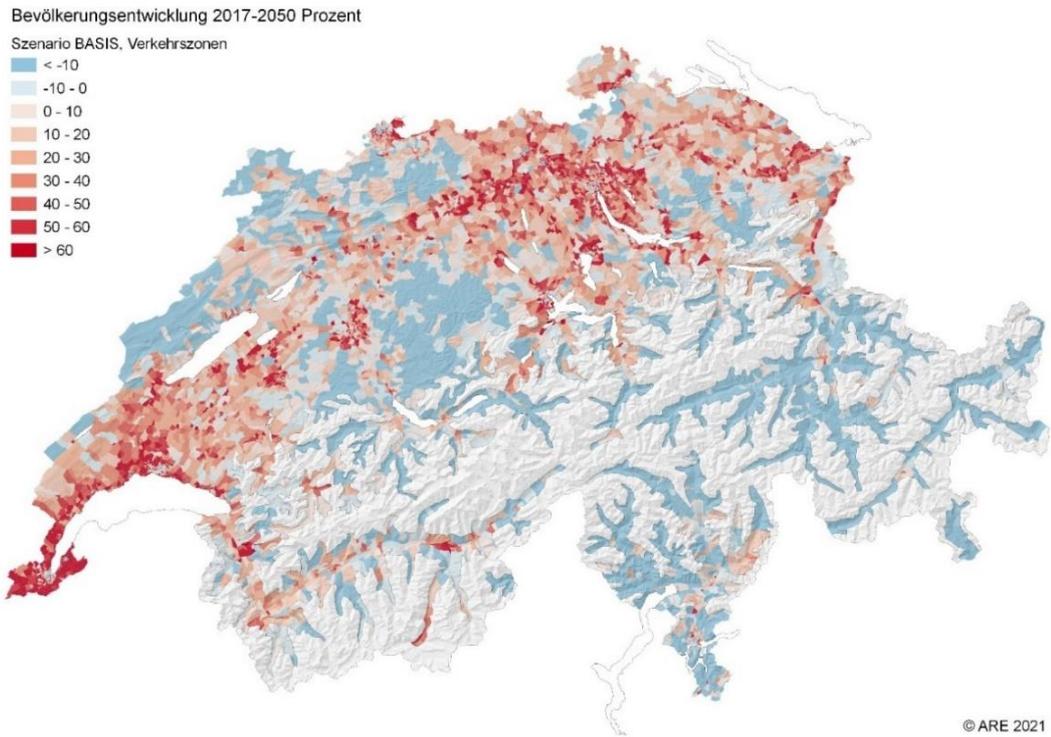


Abbildung 79: Entwicklung Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario BASIS
relative Veränderung 2017 – 2050

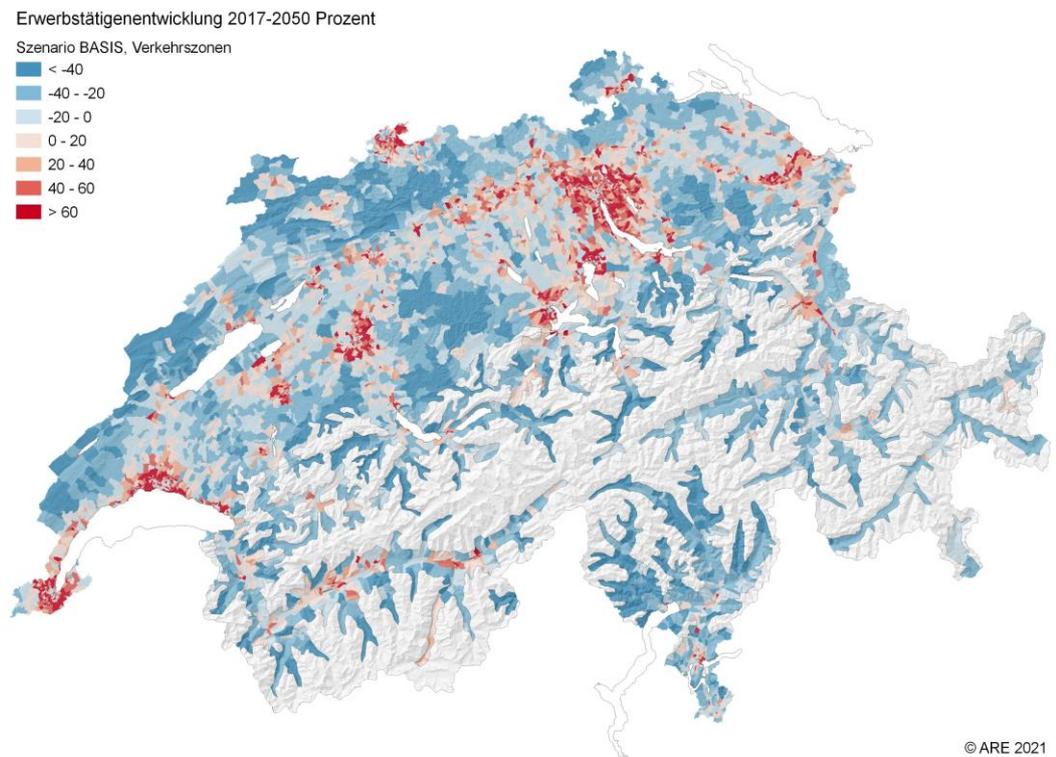


Abbildung 80: Entwicklung Erwerbstätige nach Verkehrszonen - Szenario BASIS
relative Veränderung 2017 – 2050

Mobilitätswerkzeuge

Die Entwicklung der Mobilitätswerkzeuge folgt den Annahmen aus der Stellgrössen-Herleitung. Die absolute Zahl der autobesitzenden Personen steigt um ca. 9% bis 2050 (vgl. Tabelle 9). Während der Anteil im städtischen Raumtyp um 12.0% sinkt, sinkt der Pro-Kopf-Anteil im Intermediären weniger stark um 8.9% und in ländlichen Gemeinden nur um 3.8%. Der Anteil Personenwagen je Einwohner nimmt schweizweit mit 10.0% zwischen 2017 und 2050 ab (Abbildung 81). Die Anzahl der ÖV-Abonnemente nimmt über die Jahre deutlicher zu, während Personenwagen je Einwohner abnehmen. Es wachsen nebst den Generalabonnementen je Einwohner auch die Anteile Halbtax- und Verbund-Abos je Einwohner in einem ähnlichen Rahmen. Der Anteil der Generalabonnemente je Einwohner legt im Szenario BASIS im Vergleich zum Jahr 2017 um über 10% zu und verhält sich je nach Raumtyp folgendermassen: Städtisch +9.4%, Intermediär +12.8% und Ländlich +8.9%. Auch ein Vergleich der absoluten Zahlen zwischen 2017 und 2050 zeigt eine Zunahme der ÖV-Abonnemente um ca. 33%.

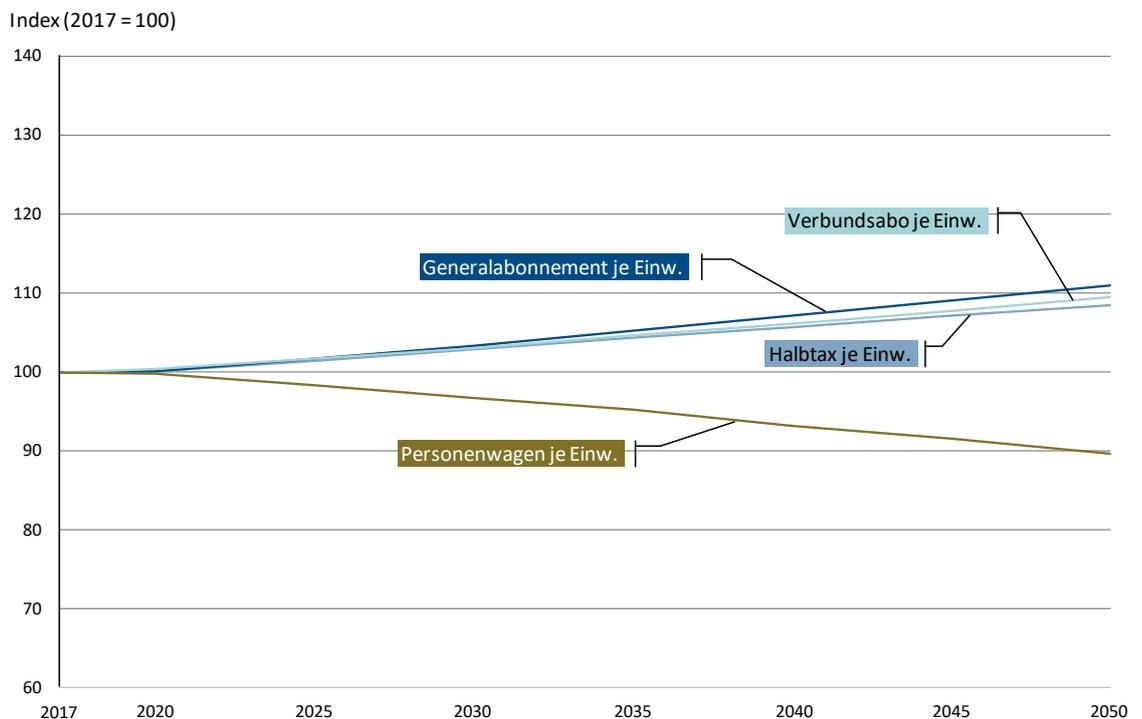


Abbildung 81: Entwicklung Mobilitätswerkzeuge je Einwohner – Szenario BASIS
Veränderung 2017 – 2050

Es sind die Kernstädte, welche besonders hohe Bevölkerungsanteile mit einem ÖV-Abonnement im Jahr 2050 ausweisen, was sich am Beispiel von Bern und Zürich mit 65.6% resp. 64.3% zeigt (Abbildung 82 und Abbildung 83). Die Agglomerationen weisen ebenfalls einen hohen Anteil der Bevölkerung mit einem ÖV-Abonnement aus mit Werten im Bereich zwischen 40% und 60%.

Der Anteil der Autobesitzenden an der Gesamtbevölkerung im Jahr 2050 zeigt ein entgegengesetztes Bild der Stadt-Land-Verteilung verglichen mit den ÖV-Abonnements-Anteilen (Abbildung 84 und Abbildung 85), da Agglomerationen und im Speziellen die dazugehörigen Kernstädte (Basel, Genf, Lausanne, Bern, Zürich) deutlich tiefere Autobesitzende-Anteile aufweisen als das ländliche Gebiet. Die höchsten Anteile von Autobesitzenden an der Bevölkerung, mit Werten grösser 50%, weisen die ländlichen Regionen der Zentral- und Südschweiz, dem Raum Emmental und Teilen des Jurabogens aus.

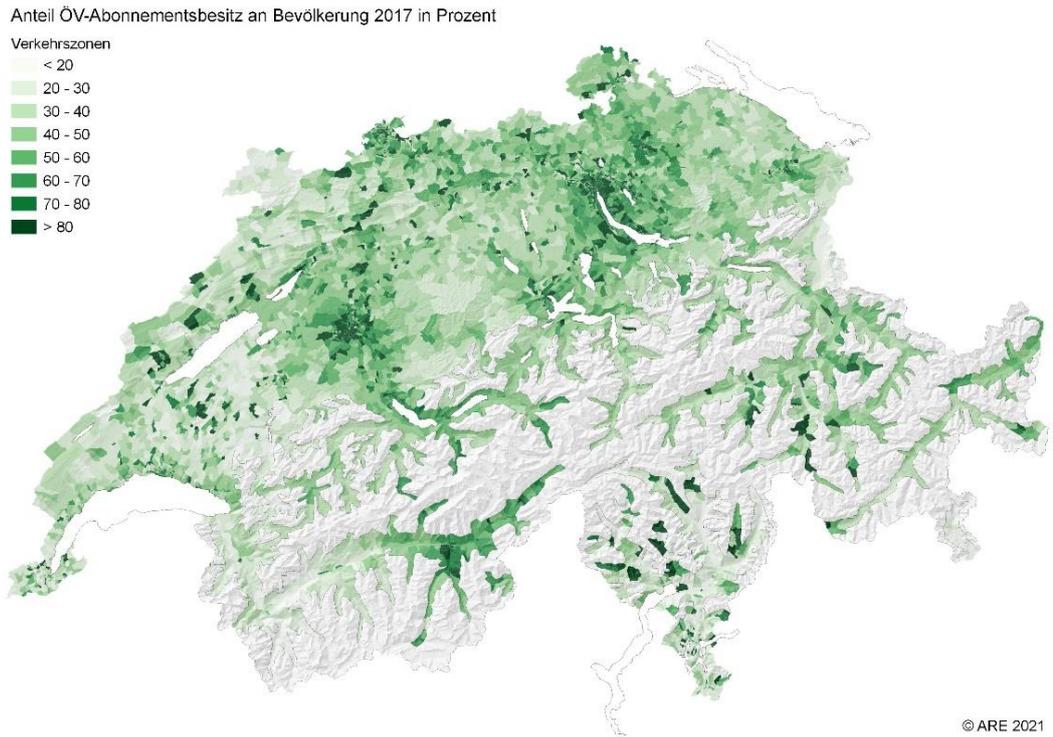


Abbildung 82: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz – Szenario BASIS
prozentualer Anteil für das Jahr 2017 (ÖV-Abonnement = GA, Halbtax, Verbund)

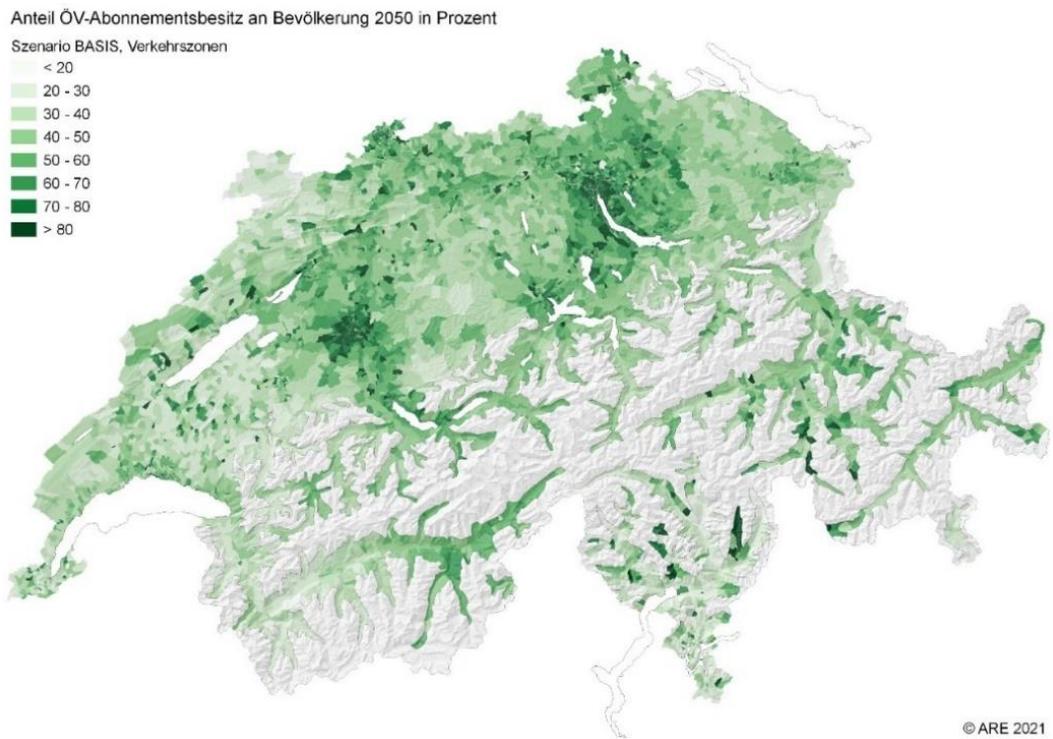


Abbildung 83: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz – Szenario BASIS
prozentualer Anteil für das Jahr 2050 (ÖV-Abonnement = GA, Halbtax, Verbund)

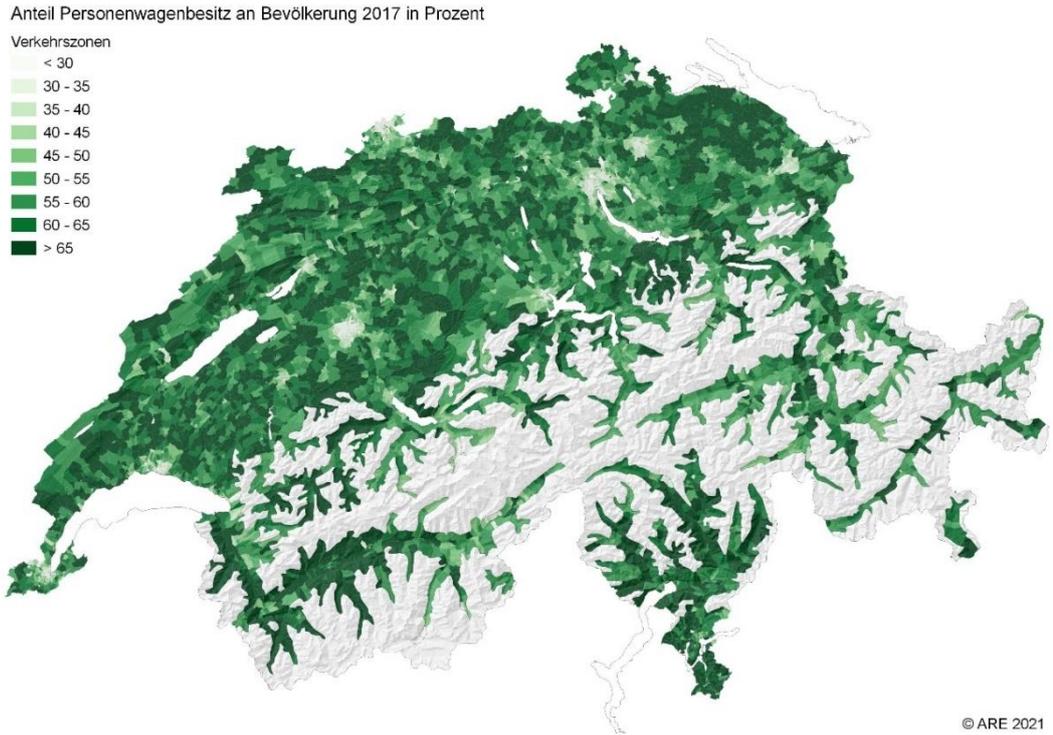


Abbildung 84: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario BASIS
prozentualer Anteil für das Jahr 2017

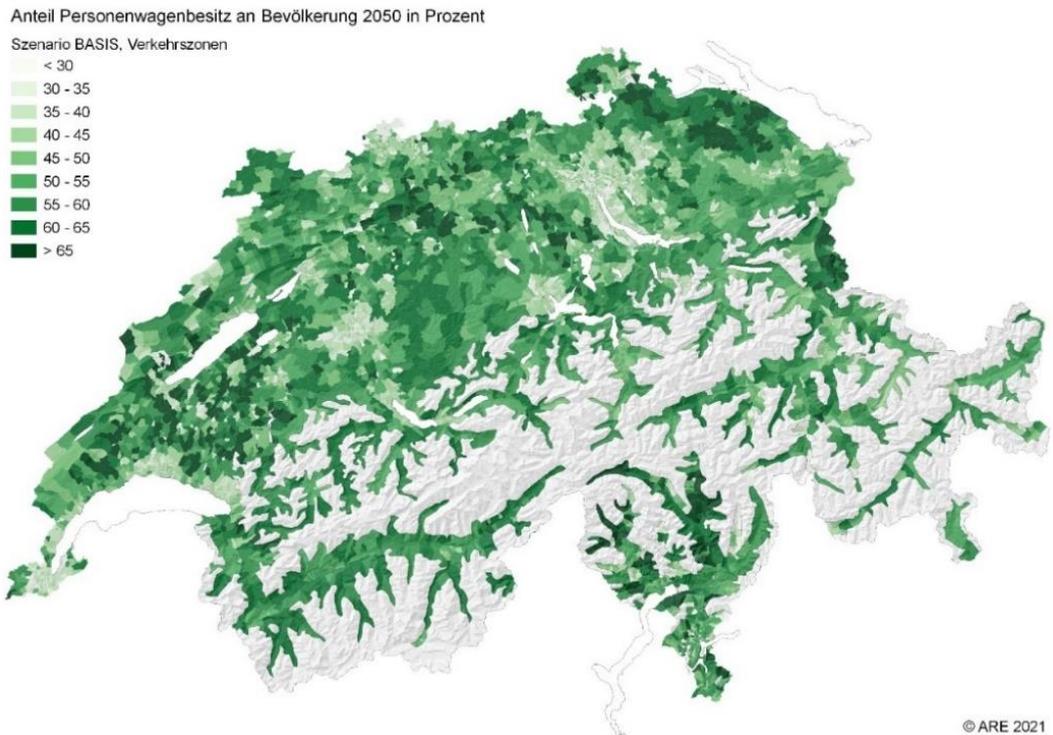


Abbildung 85: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario BASIS
prozentualer Anteil für das Jahr 2050

Güterverkehr

Entwicklung im Überblick

Im Szenario BASIS steigen Aufkommen und Verkehrsleistung im Güterverkehr bis 2050 kontinuierlich an. Im Jahr 2050 werden 544 Mio. Tonnen zu transportieren sein, das entspricht einem Zuwachs von 24% gegenüber 2017 (440 Mio. Tonnen). Die Verkehrsleistung im Jahr 2050 wird 35.8 Mrd. Tonnenkilometer betragen, das sind 31% mehr als im Jahr 2017 (27.3 Mrd. Tonnenkilometer).

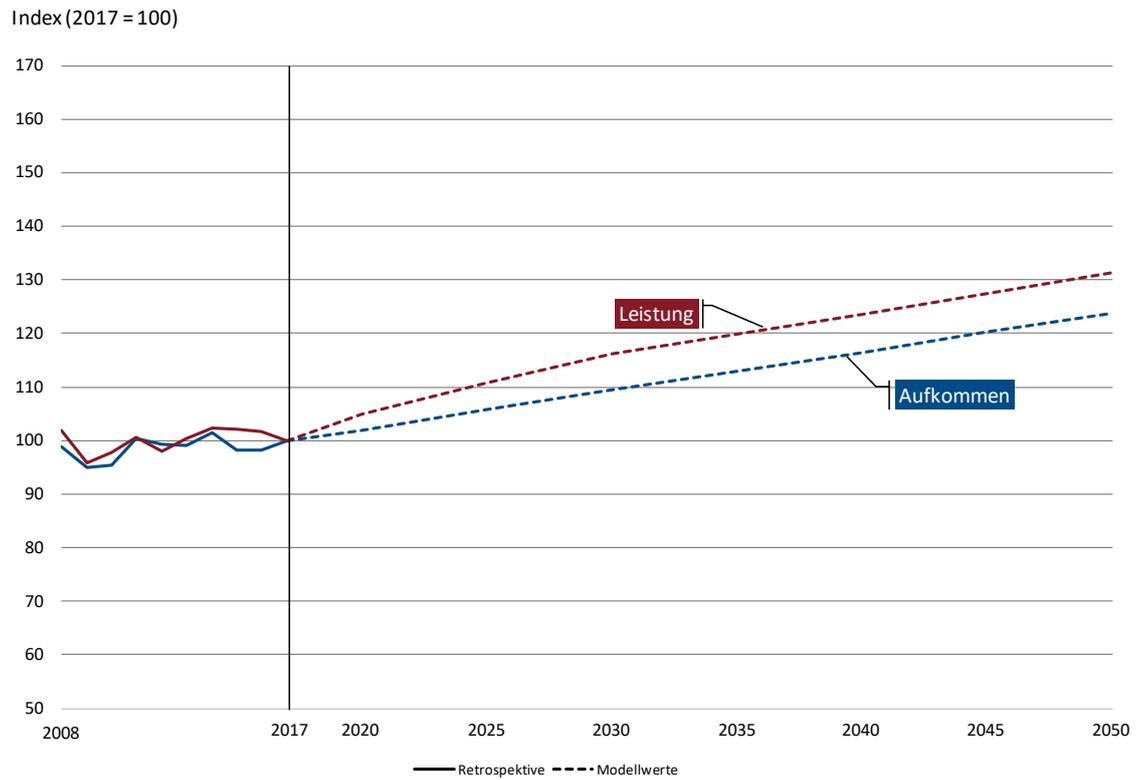


Abbildung 86: Güterverkehrsaufkommen und -leistung - Szenario BASIS; Index: 2017=100

Entwicklung nach Warengruppe

Bis im Jahr 2050 werden im Szenario BASIS vor allem beim Güterverkehrsaufkommen in den Warengruppen Abfälle (+64%), Stück- und Sammelgut (+57%) und Landwirtschaft (+49%) deutliche Zuwächse gegenüber 2017 erwartet. Steigen wird auch das Aufkommen in den Warengruppen Chemie und Kunststoffe (+31%), Nahrungsmittel (+30%) sowie Baustoffe, Glas (+25%), während die Aufkommen in den Warengruppen Erze, Steine und Erden (+5%) so wie Halb- und Fertigwaren (+4%) nahezu konstant bleiben. Das Aufkommen in der Warengruppe Metalle und Halbzeug wird sinken (-23%), einen deutlichen Rückgang wird es bei den Energieträgern geben (-60%). Aufkommenstärkste Warengruppen sind und bleiben Erze, Steine und Erden, die Stück- und Sammelgüter sowie Baustoffe, Glas. Die Aufkommen der beiden erstgenannten Warengruppen befinden sich 2017 auf ähnlichem Niveau wie im Jahr 2050, von den Stück- und Sammelgütern werden im Jahr 2050 deutlich mehr Tonnen transportiert werden als im Basisjahr 2017.

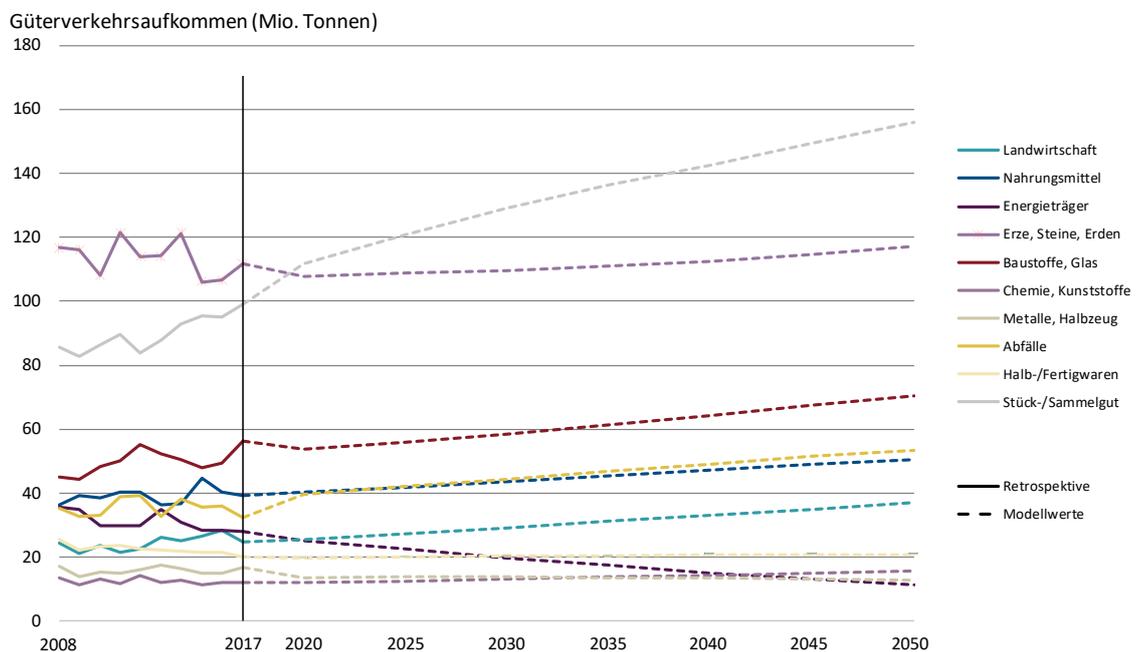


Abbildung 87: Güterverkehrsaufkommen nach Warengruppe - Szenario BASIS

Die Entwicklung der Verkehrsleistung nach Warengruppe wird grösstenteils analog zur Entwicklung der Aufkommen erwartet. Für die Warengruppen Stück- und Sammelgut (+61% zwischen 2017 und 2050), Abfälle (+60%) sowie Landwirtschaft (+53%) werden die grössten Zuwächse prognostiziert, die Verkehrsleistung in der Warengruppe Energieträger wird deutlich zurückgehen (-56%). Die Verkehrsleistungen in den Warengruppen Nahrungsmittel (+21%), Chemie und Kunststoffe (+20%), Baustoffe, Glas (+19%) sowie Erze, Steine und Erden (+15%) werden steigen, während die Verkehrsleistung in der Warengruppe Metalle und Halbzeug (-21%) und auch in der Warengruppe Halb- und Fertigwaren (-12%) zurückgehen wird.

Entwicklung nach Verkehrsart

Die Wachstumsraten der Güterverkehrsleistungen sind bei den Verkehrsarten Binnenverkehr, Export und Transit sehr ähnlich. Im Binnenverkehr steigt die Verkehrsleistung auf 18.2 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050, das sind 30% mehr als im Jahr 2017 (14.0 Mrd. Tonnenkilometer). Im Export und Transit entsprechen die 2.7 bzw. 10.6 Mrd. Tonnenkilometer wiederum einer Steigerung von etwa einem Drittel (35 bzw. 37%). Die Werte beim Transit sind bis 2040 auf die Ergebnisse des Berichtes «Verkehrsentwicklung im alpenquerenden Güterverkehr infolge Fertigstellung der NEAT» (Greinus and Ickert, 2019) abgestützt, welcher bis 2030 eine deutliche und anschliessend eine leichte Zunahme prognostiziert.

Beim Import steigt die Verkehrsleistung auf 4.4 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050 an. Dies entspricht einer Zunahme um 22% gegenüber 2017. Der Rückgang in der Warengruppe der Energieträger fällt bei der Verkehrsleistung weniger stark ins Gewicht als beim Aufkommen, da die Transportweiten der Energieträger kürzer sind als der Durchschnitt.

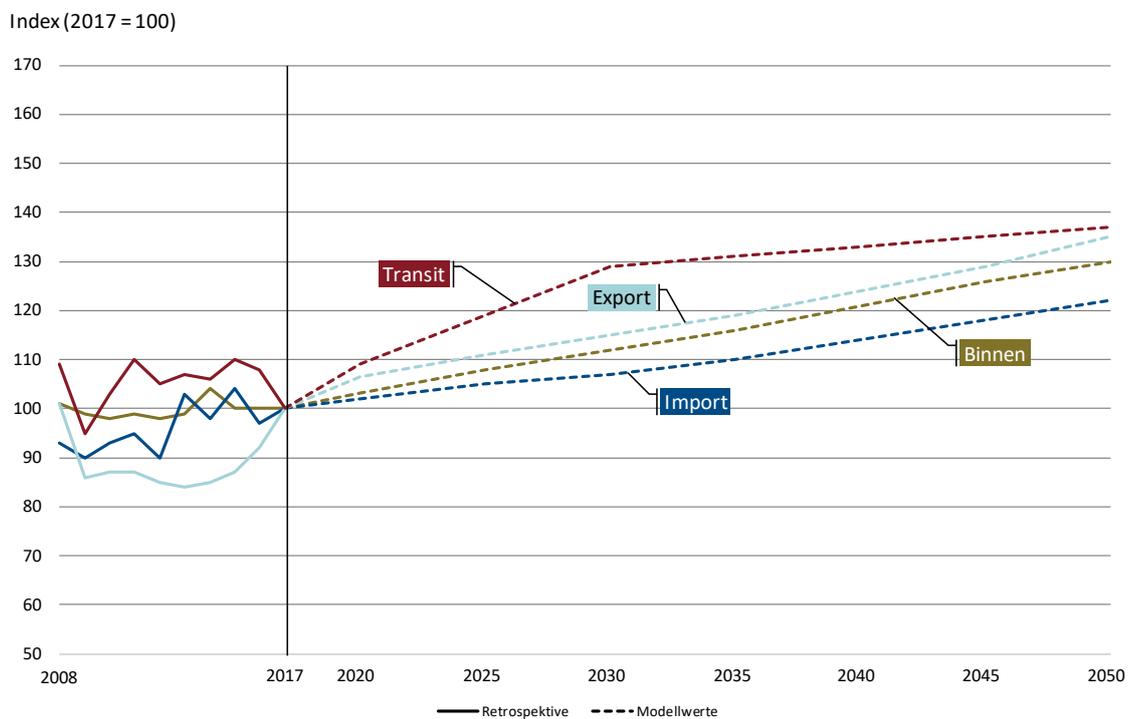


Abbildung 88: Güterverkehrsleistung nach Verkehrsarten - Szenario BASIS

Entwicklung nach Modus

Mit Blick auf die Verkehrsträger sind im Szenario BASIS keine markanten Veränderungen zu beobachten. Die Strasse bleibt bis zum Jahr 2050 der Verkehrsträger mit der höchsten Nachfragemenge. Der Anteil am Aufkommen verändert sich minimal von 83.5% im Jahr 2017 auf 83.7% im Jahr 2050. Etwas grösser ist die Veränderung bei der Schiene. Hier steigt der Anteil am Aufkommen von 13.7% im Jahr 2017 auf 14.9% im Jahr 2050. Einen leichten Rückgang gibt es bei der Binnenschifffahrt: Hier geht der Anteil am Aufkommen von 1.3% im Jahr 2017 auf 0.9% im Jahr 2050 zurück. Deutlicher ist der Rückgang bei den Rohrfernleitungen. Hier sinkt der Anteil am Aufkommen von 1.5% im Jahr 2017 auf 0.5% im Jahr 2050. Dies ist mit dem Rückgang des Aufkommens in der Warengruppe der Energieträger zu erklären.

Insgesamt werden auf der Strasse im Jahr 2050 455.7 Mio. Tonnen transportiert, dies entspricht einem Zuwachs von 24.1% gegenüber 2017. Der Grossteil dieses Aufkommens wird von schweren Nutzfahrzeugen transportiert: 412.4 Mio. Tonnen entsprechen 75.8% des Gesamtaufkommens im Jahr 2050 (2017: 340 Mio. Tonnen, 77.3% des Gesamtaufkommens). Auf die leichten Nutzfahrzeuge entfallen im Jahr 2050 43.3 Mio. Tonnen, das sind 7.9% des Gesamtaufkommens (2017: 28 Mio. Tonnen, 6.3%).

Auf der Schiene werden im Jahr 2050 81.3 Mio. Tonnen transportiert (+35.0% gegenüber 2017), davon 37.5 Mio. Tonnen im WLW, 42.0 Mio. Tonnen im UKV und 1.8 Mio. Tonnen auf der RoLa. Damit wird sich das Aufkommen im UKV gegenüber 2017 verdoppeln (2017: 21.8 Mio. Tonnen), im WLW (2017: 37.7 Mio. Tonnen) und auf der RoLa (2017: 1.6 Mio. Tonnen) wird es nur kleine Änderungen geben.

In der Binnenschifffahrt werden im Jahr 2050 4.6 Mio. Tonnen transportiert, 2017 waren es noch 5.8 Mio. Tonnen (-20.1%). Die Prognosen sind auf Basis der Daten des Jahres 2018 erfolgt. Aufgrund des langanhaltenden Niedrigwassers am Rhein war das Aufkommen im Jahr 2018 deutlich geringer als im Vorjahr (-19%). Ab 2018 prognostiziert das Modell ein nahezu unverändertes Aufkommen für die Binnenschifffahrt. Bei den Rohrfernleitungen sinkt das Aufkommen zwischen 2017 und 2050 von 6.4 auf 2.8 Mio. Tonnen (-56.6%).

Im Vergleich mit dem Aufkommen entfällt bei der Verkehrsleistung ein grösserer Anteil auf die Schiene, da die Schienentransporte bei den grenzüberschreitenden Verkehren höhere Anteile haben als beim vergleichswisen kurzläufigen Binnenverkehr. Betrachtet man den bimodalen Modal Split, so werden im Jahr 2017 63.1% der Verkehrsleistung auf der Strasse und 36.9% auf der Schiene erbracht. Bis zum Jahr 2030 wird sich der Anteil der Schiene im Szenario BASIS auf 39.9% erhöhen, im Jahr 2050 wird er mit 39.4% wieder etwas niedriger liegen.

Dabei wird sich die auf der Strasse erbrachte Verkehrsleistung von 17.2 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2017 auf 21.7 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050 erhöhen, das entspricht einer Steigerung von 26.2%. Die auf der Schiene erbrachte Verkehrsleistung wird um 40.1% von 10.1 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2017 auf 14.1 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050 steigen.

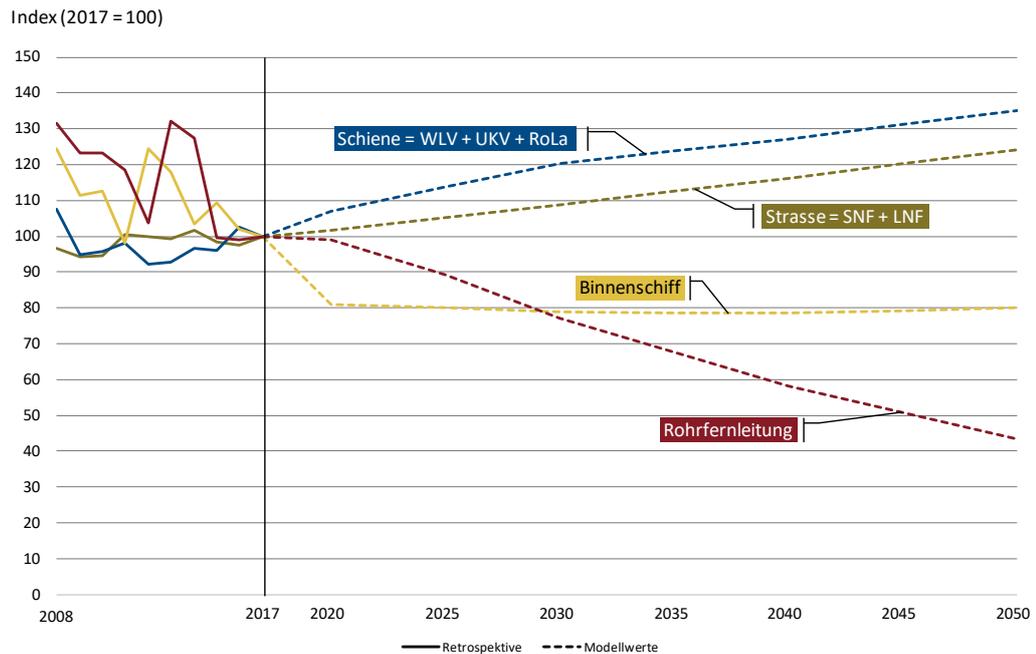


Abbildung 89: Güterverkehrsaufkommen nach Modus - Szenario BASIS

Entwicklung der Fahrleistung

Bei den Entwicklungen der Fahrleistungen der leichten und schweren Nutzfahrzeuge wird es im Szenario BASIS keine grossen Unterschiede zu den Entwicklungen der entsprechenden Verkehrsleistungen geben.

Die Fahrleistung der leichten Nutzfahrzeuge wird im Jahr 2050 bei 9.7 Mrd. Fahrzeugkilometern liegen. Das entspricht einer Steigerung von 52.7% gegenüber den 6.3 Mrd. Fahrzeugkilometern im Jahr 2017 (Verkehrsleistung: ebenfalls +55.6%, d.h. die mittlere Auslastung der Fahrzeuge bleibt etwa auf dem Niveau des Jahres 2017).

Die Fahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge wird im Jahr 2050 bei 3.1 Mrd. Fahrzeugkilometern erwartet. Das bedeutet eine Zunahme von 28.8% gegenüber den 2.4 Mrd. Fahrzeugkilometern im Jahr 2017 (Verkehrsleistung: ebenfalls +24.6%, d.h. die mittlere Auslastung der Fahrzeuge bleibt ebenfalls etwa auf dem Niveau des Jahres 2017).

Personenverkehr

Entwicklung im Überblick

Die jährlichen Verkehrsleistungen im Personenverkehr steigen zwischen 2017 und 2050 von 124.6 auf 138.3 Mrd. Personenkilometer, d.h. gesamthaft um 11.0%. Das höchste relative Wachstum weist der Veloverkehr auf, der sich nahezu verdoppelt (+97.2%). Der ÖV weist mit +29.4% ein deutlich höheres Wachstum auf als der PW mit +2.6%, der Fussverkehr (+21.1%) liegt dazwischen. Die ÖV-Verkehrsleistung steigt im Schienennetz stärker (+33.0%) an als im Nahverkehr (+14.4%).

Als Folge der modalen Verkehrsleistungsentwicklungen reduziert sich der Anteil des PW am Modal Split bei den Verkehrsleistungen von 73.1% im Jahr 2017 auf 67.5% im Jahr 2050 (-5.6%-P.). Zunahmen werden für den ÖV (+3.5%-P.) und den Veloverkehr (+1.7%-P.) prognostiziert. Der Anteil des Fussverkehrs wächst leicht (+0.4%-P.).

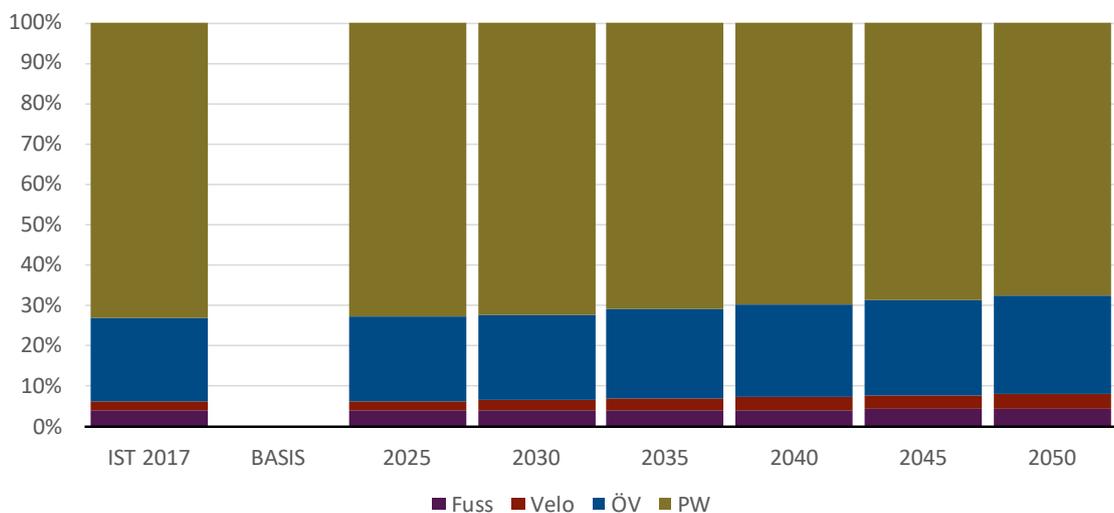


Abbildung 90: Modale Verkehrsleistung Personenverkehr – Szenario BASIS

Entwicklung nach Verkehrszweck

Die Entwicklung nach Verkehrszwecken zeigt eine sehr unterschiedliche Ausprägung. Während für die Zwecke Arbeit (-12.5%) und Nutzfahrt (-3.6%) ein Rückgang zu verzeichnen ist, nimmt das Wegeaufkommen der anderen drei Wegezwecke zu. Die Zunahmen reichen von +13.0% (Zweck Bildung) über +15.0% (Zweck Einkaufen) bis +40.6% (Zweck Freizeit).

Wegeaufkommen im Modal Split

Das Wegeaufkommen steigt von 2017 bis 2050 um 18.4%. Die Zunahme der Wege verteilt sich jedoch unterschiedlich auf die einzelnen Verkehrsmittel. So steigt der Anteil des Velos am Modal-Split von 8.7% auf 12.9%, der Anteil des ÖVs von 13.1% auf 13.4% und der Anteil des Fussverkehrs von 32.6% auf 33.4%. Lediglich für den PW wird eine Abnahme prognostiziert: Von 45.6% auf 40.3%.

Fahrleistung Strassennetz

Für den Strassenverkehr (PW & Strassengüterverkehr) wird eine Zunahme der Fahrleistung um +5.7% prognostiziert. Die Veränderung der Fahrleistung unterscheidet sich zwischen den verschiedenen Fahrzeugarten. Für den PW bleibt sie konstant (+0.0%), für den Strassengüterverkehr werden hingegen Zunahmen prognostiziert. Diese Zunahmen reichen von +22.6% (LW) über +34.8% (LZ) bis +52.7% (LI). Aufgrund der zunehmenden Nutzung automatisier-

ter Fahrzeuge wird für alle vier Fahrzeugarten ein Rückgang der Fahrleistung der konventionellen Fahrzeuge prognostiziert. Wird die Entwicklung der Fahrleistung nach den Schweizer Nationalstrassen und den restlichen Strassen in der Schweiz differenziert, zeigt sich, dass die Fahrleistung in beiden Kategorien zunimmt, im Nationalstrassennetz jedoch etwas stärker als im restlichen Netz (+7.7% im Nationalstrassennetz gegenüber +4.0% im restlichen Netz). Die Fahrleistung der Lastwagen und Lastzüge nimmt dabei auf den Nationalstrassen stärker zu als auf den anderen Strecken. Für die Lieferwagen ist die prozentuale Zunahme auf den Nationalstrassen geringfügig höher als im restlichen Strassennetz. Für die Personenwagen steigt die Fahrleistung auf den Nationalstrassen, während sie im restlichen Strassennetz abnimmt.

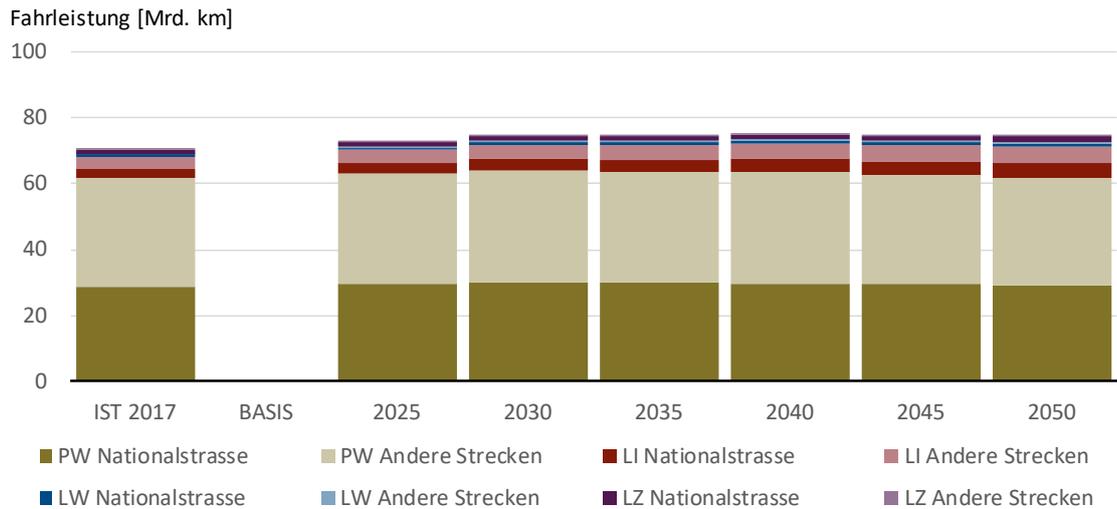


Abbildung 91: Fahrleistung Strassennetz - Szenario BASIS

Entwicklung Strassen- und Schienennetz

Abbildung 92 zeigt die Belastungsveränderungen im Szenario BASIS. Die flächenhafte Zunahme der Verkehrsbelastung in PW-Einheiten (siehe Erläuterungen zu den PW-Einheiten im WWB) auf dem Strassennetz der Schweiz übersteigt gegenüber 2017 nur an wenigen Abschnitten ein prozentuales Wachstum von mehr als 25%.

Die im Szenario hinterlegten Massnahmen zur Dämpfung der Verkehrsnachfrage zeigen Wirkung. Die Veränderungen im Mobilitätsverhalten (leichte Abnahme der Anzahl Wege pro Person, mehr Homeoffice und Kompensation durch kürzere, eher Fuss- und Velo-affine Wege) sowie die leichte Verteuerung der PW-Nutzung ggü. dem ÖV begrenzen die Zunahme v.a. dort, wo eine Alternative besteht. Zudem ist im Szenario BASIS eine stärkere Urbanisierung der Bevölkerungszunahme bis 2050 hinterlegt. Lediglich die Netzintegration von wichtigen Neubauprojekten (z.B. Oberlandautobahn, Hirzel-Strassentunnel) sowie die Umsetzung von Kapazitätserweiterungen (z.B. entlang der N1) lassen die Verkehrsleistungen auch im BASIS merklich steigen.

In vielen Teilräumen ist mancherorts eine stagnierende resp. rückläufige Entwicklungstendenz der Verkehrsbelastungen auf der Strasse zu erkennen. Besonders in ländlich geprägten Räumen, welche nicht in unmittelbarer Nähe zu den grossen Agglomerationszentren liegen, tritt dieser Effekt auf (z.B. im Kanton Bern, aber auch im Raum St. Gallen zwischen den Nationalstrassenachsen).

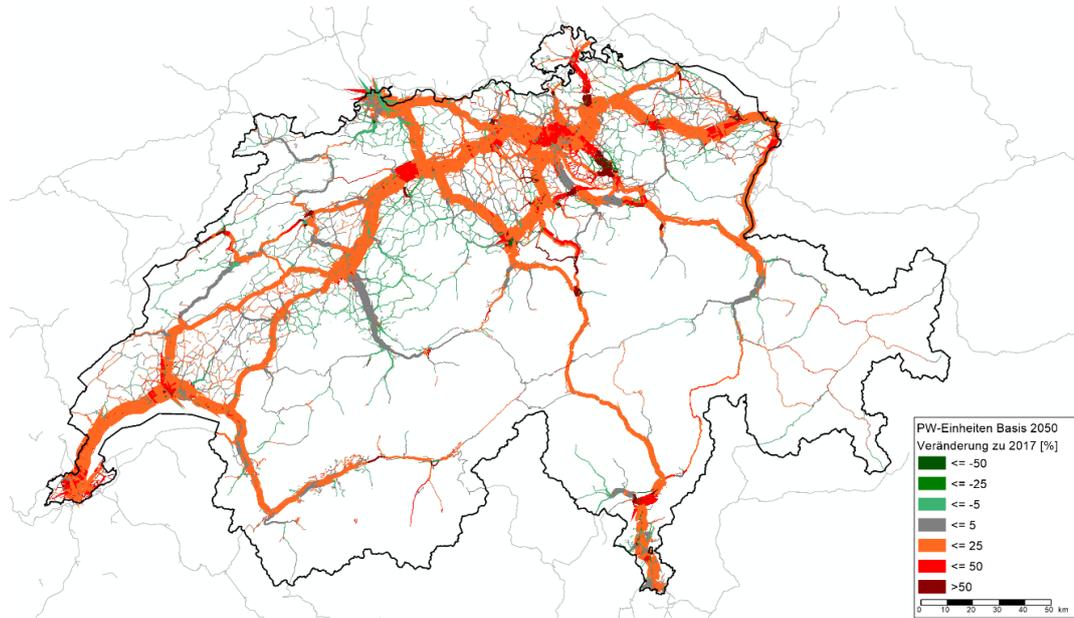


Abbildung 92: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Gesamt-Schweiz

In den Abbildungen 93 bis 98 sind die verkehrlichen Entwicklungen für die sechs Teilräume Basel, Zürich, Aarau & Olten, Bern, Lausanne und Bellinzona detailliert dargestellt. Die Unterschiede zwischen den verbindenden Achsen der Agglomerationen (durch Wachstum gekennzeichnet) und den Entwicklungstendenzen im ländlichen Raum (oftmals durch Abnahme gekennzeichnet) werden besonders gut in den Teilräumen Basel und Bern sichtbar. Weiter ist in allen gezeigten Teilräumen eine Entlastungswirkung in den Kernräumen der Agglomerationen zu erkennen (insbesondere in Zürich, Bern und Lausanne). Hierbei spielen auch die – in der Wirkungsrelevanz untergeordneten – Massnahmen im BASIS von erhöhten Parksuchzeiten und Parkkosten sowie einer rückläufigen PW-Verfügbarkeit eine ergänzende Rolle.

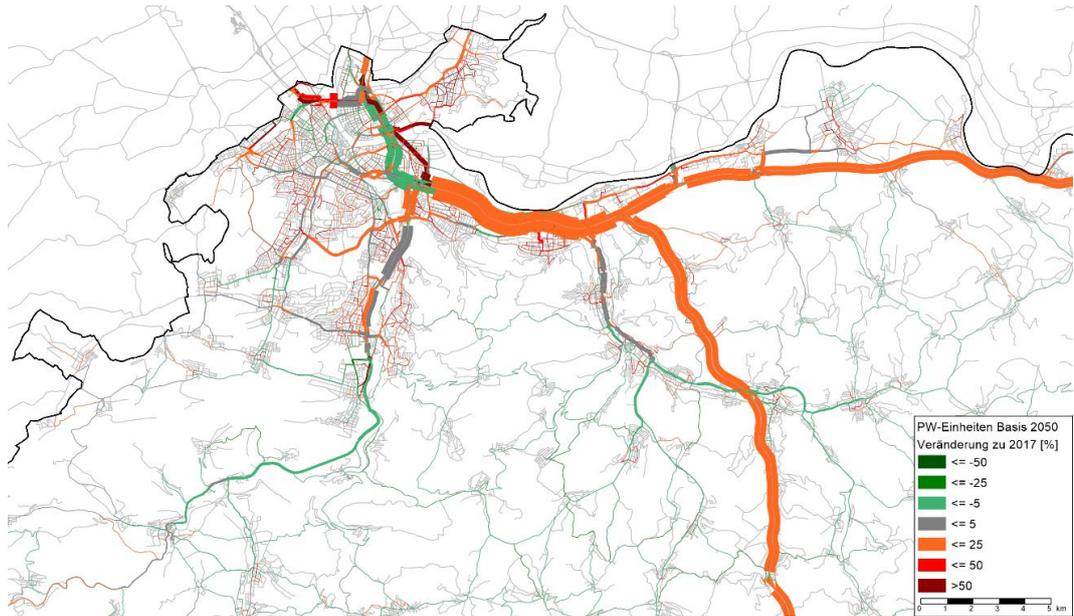


Abbildung 93: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Basel

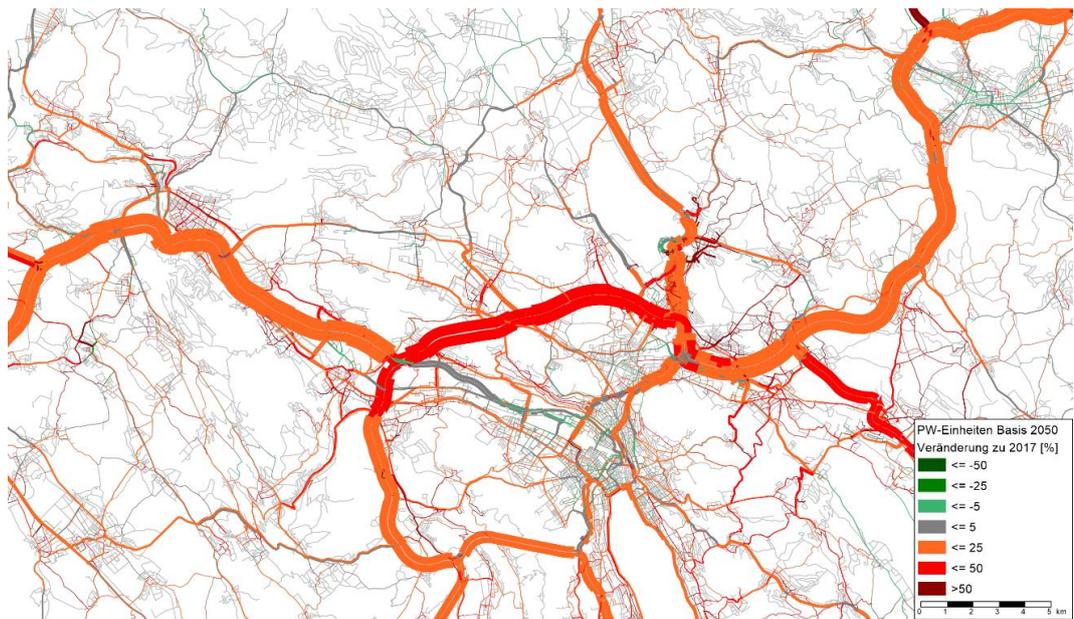


Abbildung 94: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Zürich

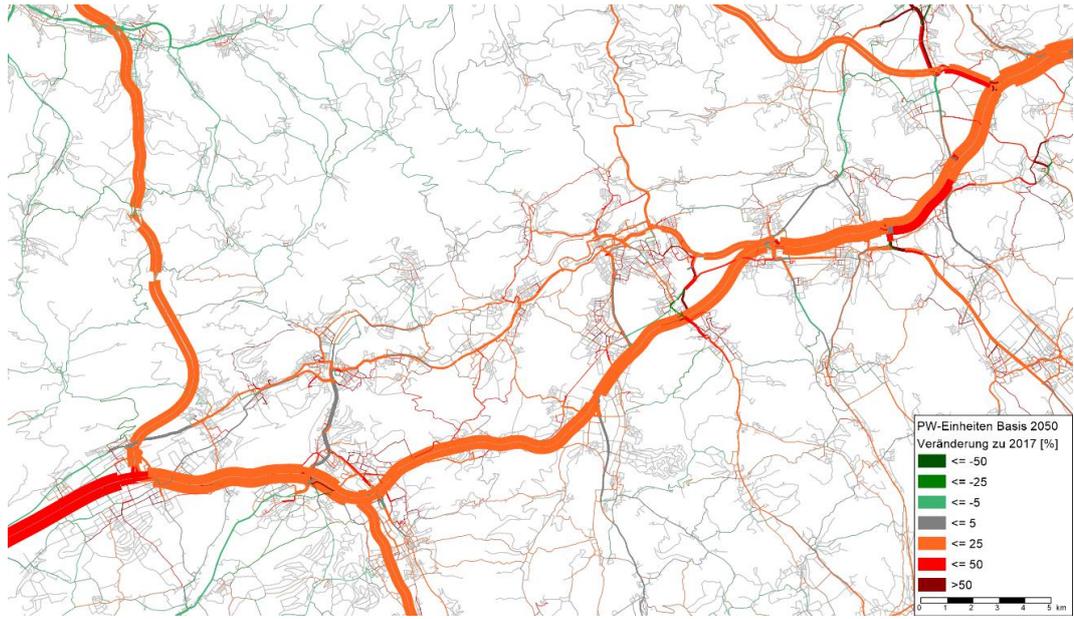


Abbildung 95: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Aarau & Olten

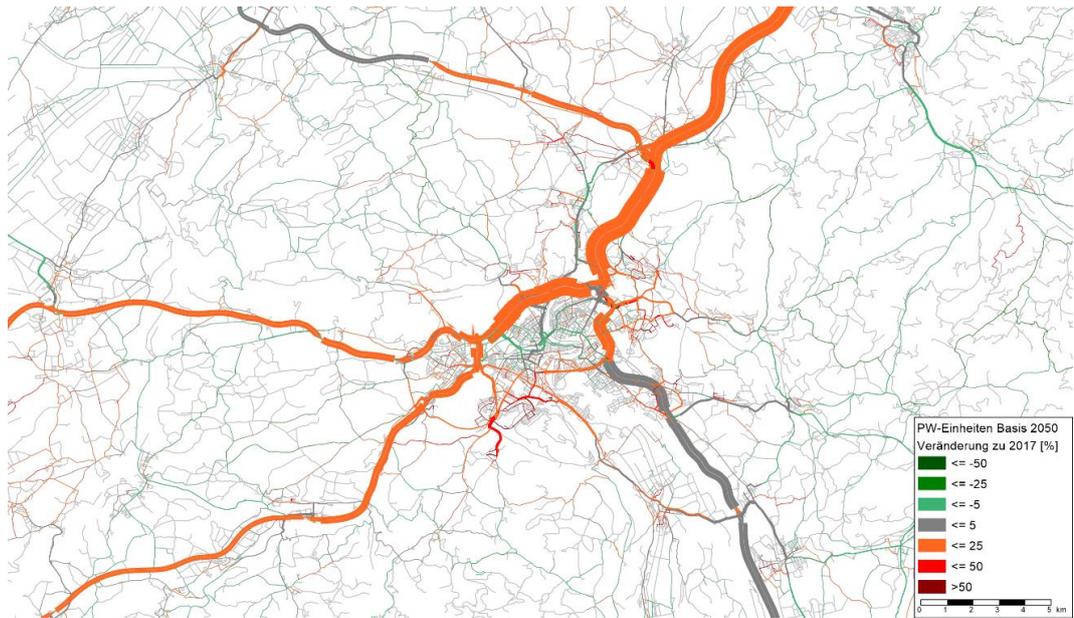


Abbildung 96: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Bern

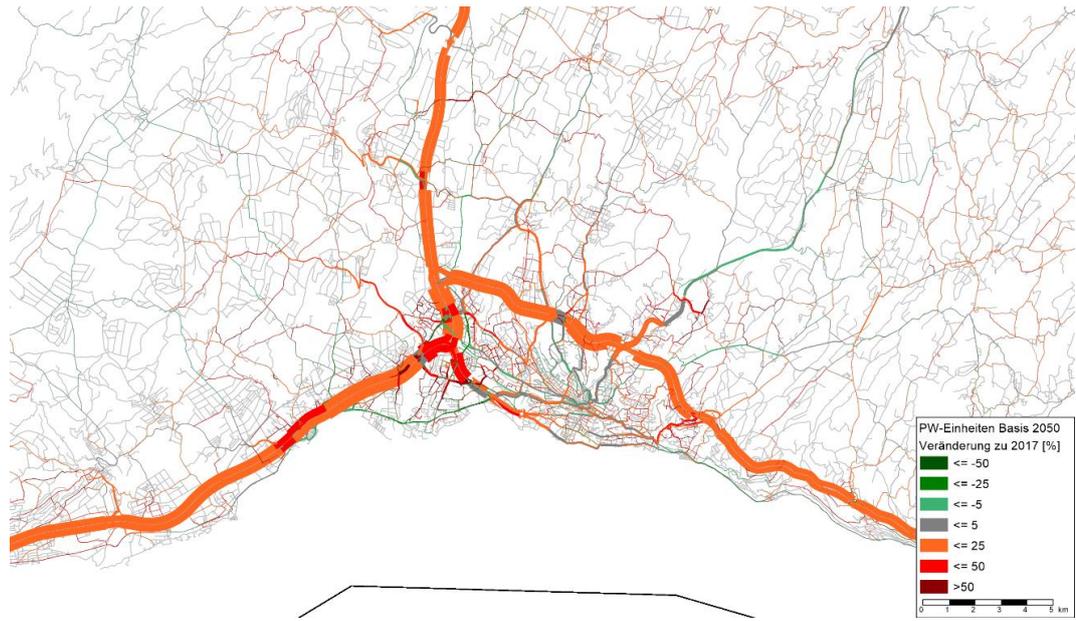


Abbildung 97: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Lausanne

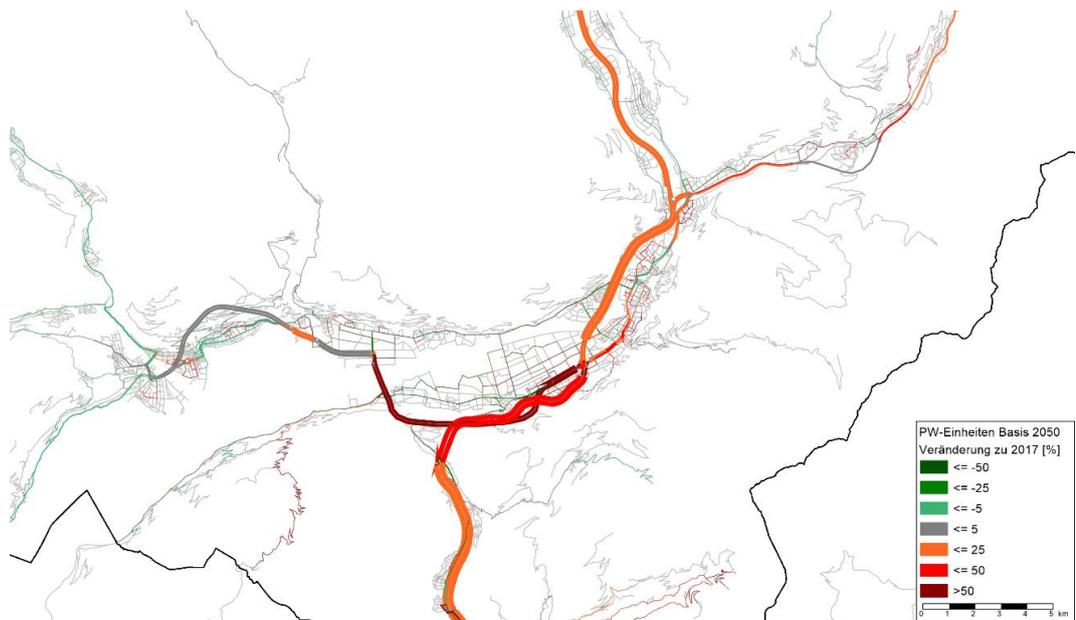


Abbildung 98: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Bellinzona

In Abbildung 99 werden die HLS und HVS Strassensegmente hervorgehoben, welche durch eine hohe Auslastung gekennzeichnet sind. Insgesamt ist dabei das Bild der überlasteten Strecken mit dem Bild der Verkehrszunahme (Abbildung 92) recht deckungsgleich, bleibt jedoch stärker auf die Agglomerationszentren fokussiert. Die im BASIS hinterlegte, verstärkte Urbanisierung löst folglich auch relevante Verkehrszuwächse auf der Strasse in den Agglomerationen aus. Dies, obwohl in den Zentren eher die Möglichkeit zur Verlagerung auf alternative Verkehrsmittel besteht. Einzelne Teilräume werden nur durch punktuelle Überlaststellen beeinflusst (z.B. Kanton Neuchâtel, Kanton Thurgau).

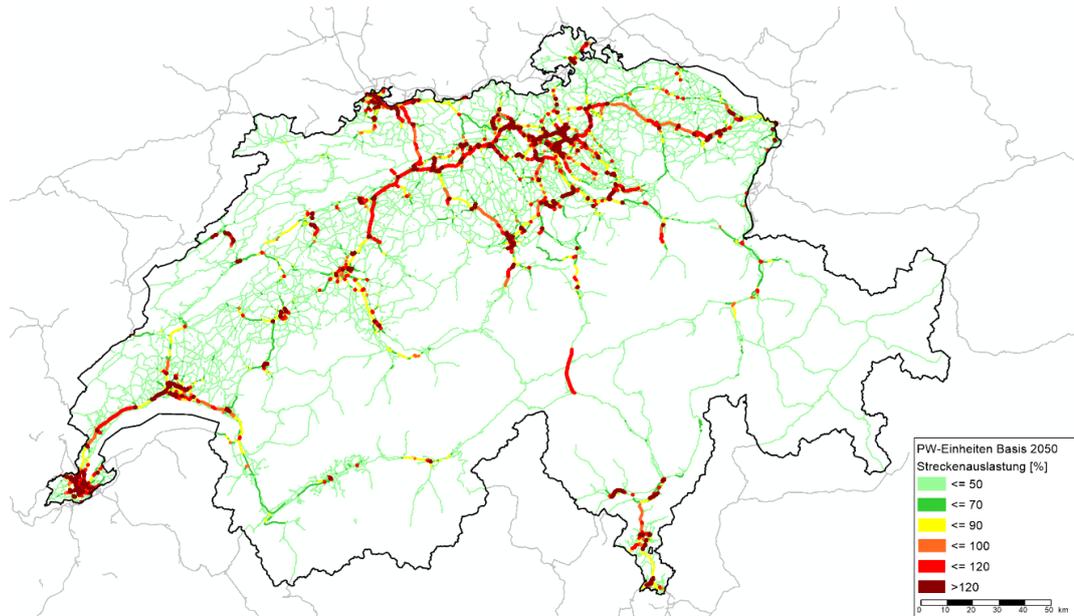


Abbildung 99: Auslastung HLS + HVS 2050 – Szenario BASIS – Gesamt-Schweiz

Die Entwicklung der ÖV-Passagiere auf dem Schienennetz (Abbildung 100) zeigt im Szenario BASIS schweizweit ein wachsendes Bild mit punktuellen Ausnahmen. Weiterhin sind die regionalen Hauptbeziehungen (z.B. Genf – Lausanne; Basel – Bern – Zürich) für das Gesamtbild prägend. Aber auch die Nord-Süd-Verbindung entlang der Gotthardachse weist hohe Zuwachszahlen auf. Insgesamt wird erkennbar, dass die Anzahl langer überregionaler ÖV-Fahrten weniger stark ansteigt als im Szenario WWB und eher die Fahrten zwischen den Agglomerationskernen und ihren Einzugsbereichen zunehmen.

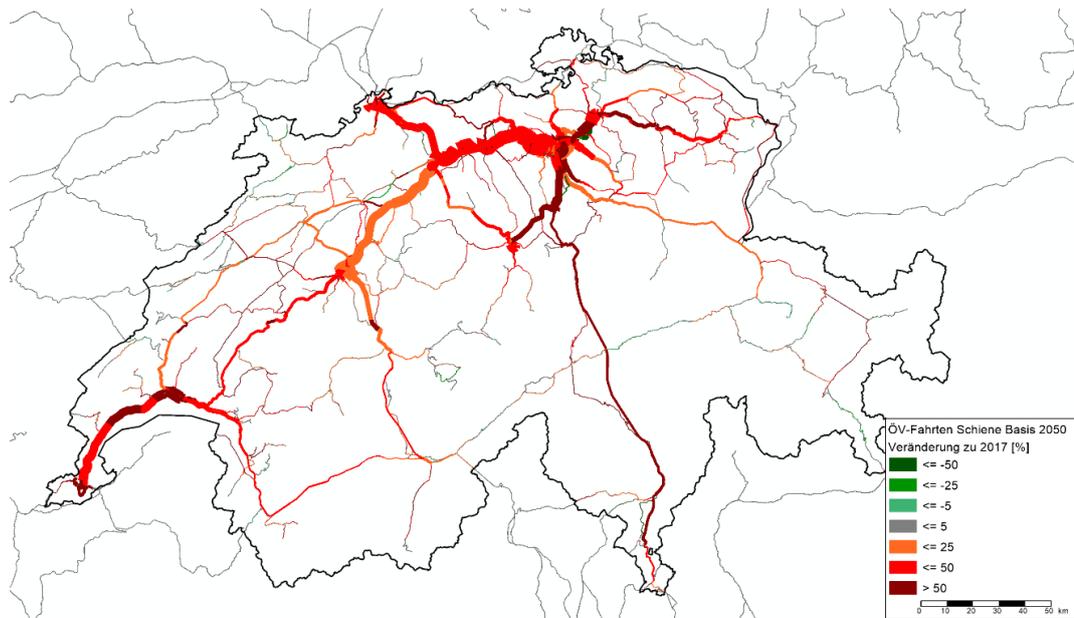


Abbildung 100: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Gesamt-Schweiz

In den regionalen Teilausschnitten (Abbildung 101 bis 106) wird die Veränderung im Personenverkehr auf der Schiene sichtbar. Es ist festzustellen, dass nahezu keine Nebenstrecke durch sinkende Belastungszahlen gekennzeichnet ist (mit Ausnahme im Raum Bellinzona).

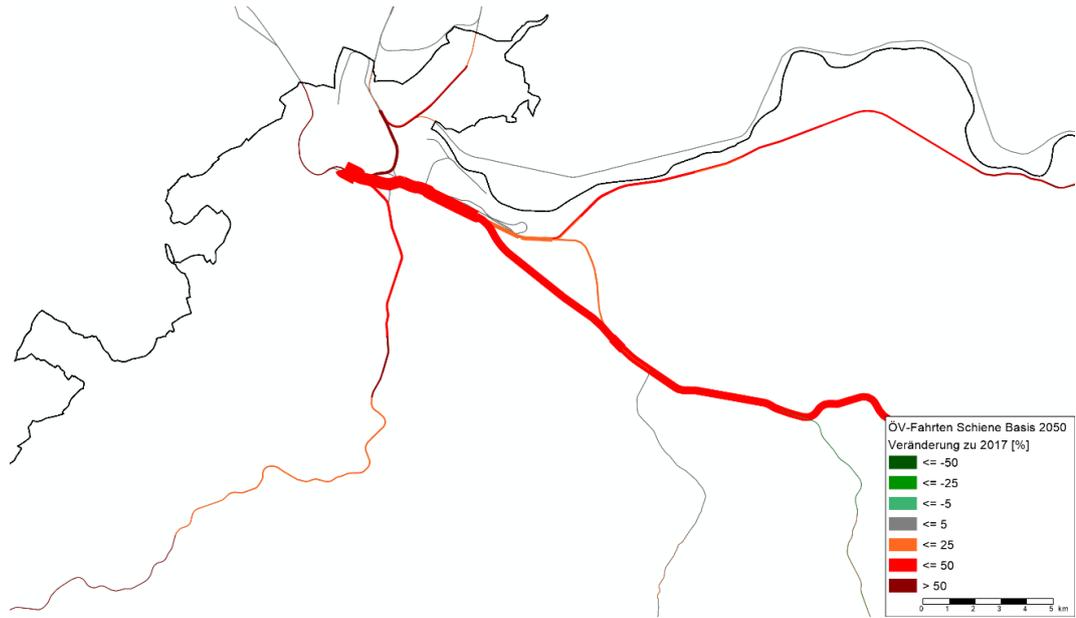


Abbildung 101: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Basel

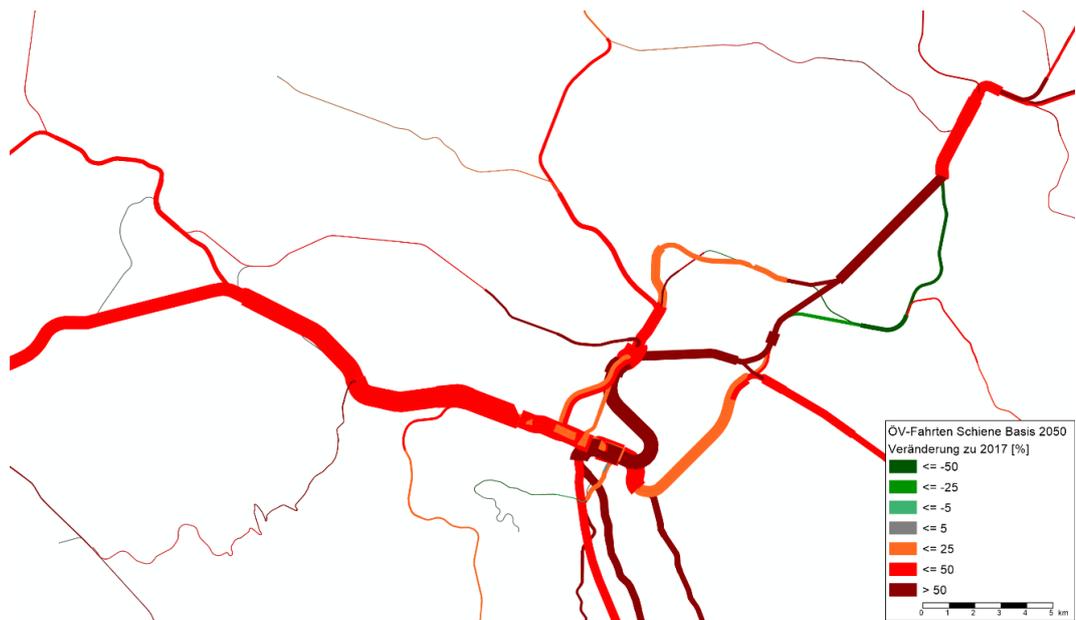


Abbildung 102: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Zürich

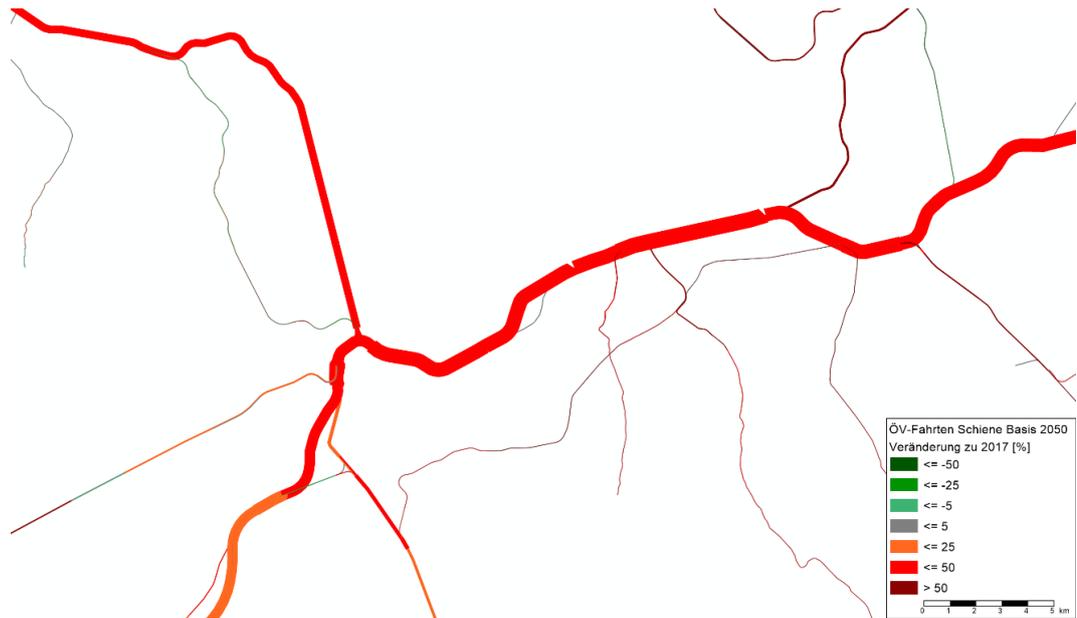


Abbildung 103: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Aarau & Olten

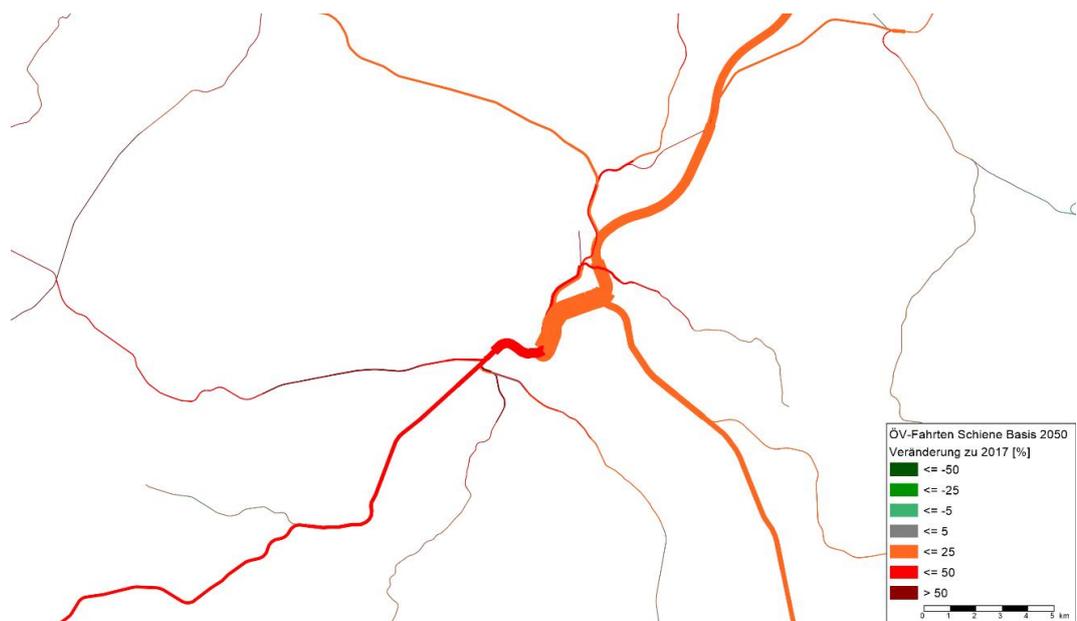


Abbildung 104: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Bern



Abbildung 105: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Lausanne

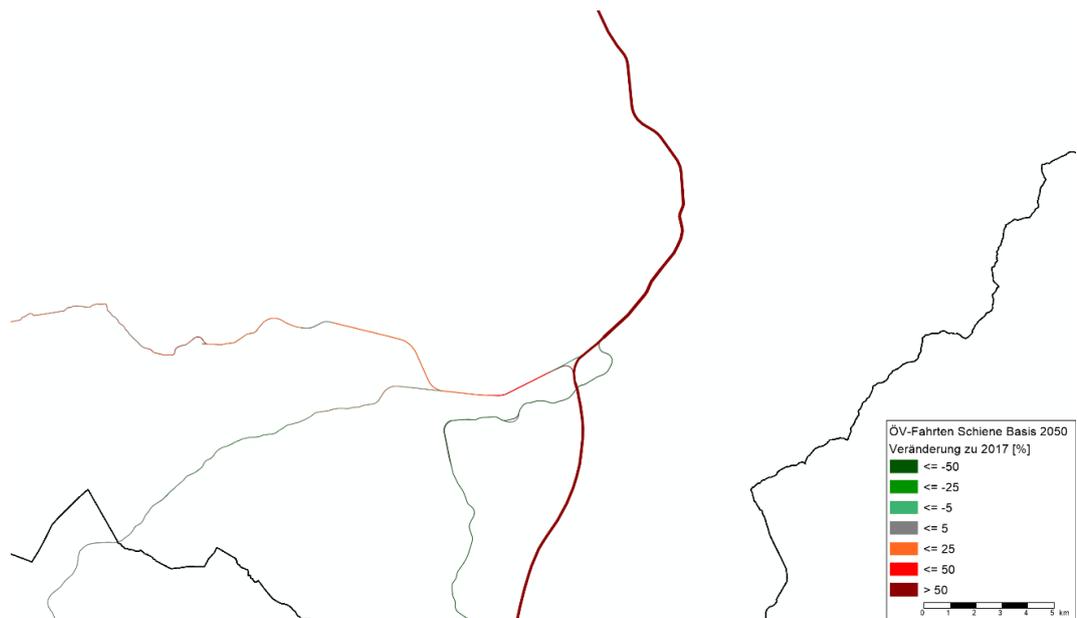


Abbildung 106: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Bellinzona

5.4. Szenario NTG

Tabelle 11: Gesamtüberblick Ergebnisse - Szenario NTG

BASIS	2017	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Δ 2050-2017	2050-2017[%]
Mobilitätswerkzeuge, Anzahl in Mio.									
PW Besitz	4.02	4.12	4.14	4.13	4.08	3.99	3.90	-0.12	-3.0%
PW Verfügbarkeit	5.89	6.07	6.16	6.22	6.19	6.15	6.07	0.18	3.0%
ÖV Abonnement Besitz	4.02	4.37	4.67	4.97	5.23	5.48	5.73	1.71	42.5%
GA	0.57	0.62	0.67	0.71	0.76	0.80	0.84	0.27	47.4%
Halbtax	2.46	2.67	2.85	3.03	3.18	3.33	3.48	1.02	41.4%
Verbundsabo	0.99	1.08	1.15	1.23	1.29	1.35	1.42	0.42	42.4%
Kein Abonnement	4.58	4.72	4.80	4.83	4.82	4.79	4.75	0.16	3.6%
Wegeaufkommen, Mio. Wege pro Werktag									
Arbeit	8.73	8.14	7.89	7.68	7.48	7.33	7.20	-1.54	-17.6%
Bildung	2.15	2.25	2.32	2.35	2.37	2.39	2.40	0.25	11.4%
Nutzfahrt	0.91	0.90	0.89	0.88	0.86	0.86	0.85	-0.06	-7.0%
Einkaufen	5.94	5.88	5.95	6.05	6.16	6.40	6.57	0.63	10.6%
Freizeit	14.44	16.10	17.28	18.25	19.06	19.72	20.22	5.78	40.1%
Gesamt	32.18	33.27	34.33	35.21	35.94	36.70	37.24	5.06	15.7%
Modal Split, %									
PW	45.6%	45.0%	44.2%	43.2%	42.1%	40.5%	39.1%	-6.5%-P.	-14.2%
ÖV	13.1%	12.9%	12.9%	13.0%	12.9%	13.2%	13.4%	0.3%-P.	2.1%
Velo	8.7%	9.2%	10.0%	10.8%	11.8%	12.9%	14.1%	5.4%-P.	61.6%
Fuss	32.6%	32.8%	32.9%	33.0%	33.2%	33.4%	33.4%	0.8%-P.	2.6%
Güterverkehrsaufkommen, Mio. Tonnen									
Strasse	367.1	388.2	401.5	415.9	429.4	443.7	456.9	89.8	24.5%
Schiene	60.2	68.2	72.0	73.9	76.0	77.8	79.8	19.6	32.6%
Binnenschiff	5.8	4.4	4.2	4.0	3.8	3.6	3.5	-2.3	-39.5%
Rohrleitung	6.4	5.4	4.3	3.2	2.3	1.1	0.1	-6.4	-99.0%
Binnenverkehr	333.3	356.5	370.0	384.3	397.3	411.0	423.5	90.3	27.1%
Import	51.5	49.6	48.6	48.0	48.0	47.5	47.6	-4.0	-7.7%
Export	23.1	22.9	23.2	23.8	24.7	25.6	26.5	3.4	14.9%
Transitverkehr	31.6	37.2	40.2	40.9	41.6	42.1	42.6	11.0	34.7%
Gesamt	439.6	466.2	482.0	497.0	511.5	526.2	540.3	100.7	22.9%
Verkehrsleistungen, Mrd. Personenkilometer									
PW	91.0	95.1	93.6	94.8	93.3	90.6	88.5	-2.5	-2.7%
konventionell	91.0	95.1	91.7	83.5	74.8	52.8	32.6	-58.5	-64.2%
automatisiert	-	0.0	1.9	9.6	17.0	36.5	54.9	54.9	-
On-Demand	-	0.0	0.0	1.7	1.6	1.4	1.1	1.1	-
ÖV	26.0	26.3	27.0	28.7	28.9	30.6	32.0	5.9	22.8%
Schiene	21.1	21.2	21.9	23.5	23.7	25.1	26.4	5.4	25.5%
Nahverkehr	5.0	5.0	5.1	5.2	5.2	5.4	5.5	0.6	11.4%
Velo	2.7	3.0	3.5	3.9	4.5	5.2	6.0	3.3	123.3%
Fuss	4.9	5.1	5.3	5.4	5.5	5.7	5.8	0.9	18.4%
Gesamt	124.6	129.6	129.4	132.8	132.4	132.1	132.2	7.6	6.1%
Modal Split, %									
PW	73.1%	73.4%	72.3%	71.4%	70.5%	68.6%	67.0%	-6.1%-P.	-8.4%
ÖV	20.9%	20.3%	20.9%	21.6%	21.9%	23.1%	24.2%	3.3%-P.	15.7%
Velo	2.1%	2.3%	2.7%	3.0%	3.4%	4.0%	4.5%	2.4%-P.	110.4%
Fuss	3.9%	4.0%	4.1%	4.1%	4.2%	4.3%	4.4%	0.5%-P.	11.6%
Güterverkehrsleistung, Mrd. Tonnenkilometer									
Strasse	17.2	18.4	19.0	19.6	20.3	20.9	21.5	4.3	25.0%
Schiene	10.1	11.8	12.6	12.9	13.3	13.6	14.0	3.9	38.8%
Binnenverkehr	14.0	15.2	15.8	16.5	17.1	17.8	18.4	4.4	31.6%
Import	3.6	3.7	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	0.5	14.8%
Export	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4	0.4	21.3%
Transitverkehr	7.7	9.2	10.0	10.1	10.3	10.4	10.6	2.8	36.6%
Gesamt	27.3	30.1	31.6	32.5	33.5	34.5	35.5	8.2	30.1%
Fahrleistungen Strassenverkehr, Mrd. Fahrzeugkilometer									
PW Gesamt	61.75	62.87	59.39	58.49	55.43	53.63	51.49	-10.26	-16.6%
konventionell	61.75	62.87	58.19	52.06	44.85	31.53	19.11	-42.64	-69.1%
automatisiert	-	0.00	1.20	5.95	10.13	21.71	32.07	32.07	-
On-Demand	-	0.00	0.00	0.48	0.45	0.39	0.31	0.31	-
Nationalstrassen	28.52	29.70	28.06	27.95	26.45	25.49	24.78	-3.73	-13.1%
Andere Strecken	33.24	33.17	31.33	30.54	28.98	28.13	26.71	-6.53	-19.6%
LI Gesamt	6.34	7.22	7.76	8.37	8.88	9.41	9.87	3.53	55.7%
konventionell	6.34	7.22	7.56	7.31	6.86	5.16	3.22	-3.12	-49.3%
automatisiert	-	0.00	0.20	1.07	2.02	4.25	6.65	6.65	-
Nationalstrassen	2.95	3.34	3.61	3.91	4.16	4.43	4.69	1.74	58.8%
Andere Strecken	3.39	3.88	4.15	4.46	4.72	4.98	5.18	1.79	52.9%
LW Gesamt	1.17	1.27	1.28	1.30	1.32	1.36	1.38	0.21	18.3%
konventionell	1.17	1.27	1.25	1.14	1.03	0.75	0.45	-0.72	-61.3%
automatisiert	-	0.00	0.03	0.16	0.30	0.61	0.93	0.93	-
Nationalstrassen	0.73	0.81	0.81	0.82	0.83	0.85	0.87	0.13	18.2%
Andere Strecken	0.43	0.46	0.47	0.48	0.50	0.51	0.51	0.08	18.6%
LZ Gesamt	1.26	1.48	1.48	1.50	1.53	1.57	1.60	0.34	27.2%
konventionell	1.26	1.48	1.44	1.31	1.19	0.87	0.52	-0.74	-58.4%
automatisiert	-	0.00	0.04	0.19	0.34	0.70	1.08	1.08	-
Nationalstrassen	1.06	1.27	1.26	1.27	1.29	1.32	1.35	0.29	27.0%
Andere Strecken	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.25	0.06	28.5%
Gesamt	70.52	72.84	69.90	69.67	67.15	65.96	64.34	-6.18	-8.8%
Nationalstrassen	33.27	35.12	33.74	33.95	32.72	32.09	31.69	-1.58	-4.7%
Andere Strecken	37.25	37.72	36.17	35.72	34.43	33.87	32.65	-4.60	-12.4%
PW nach Strassenkategorie, Mrd. Fahrzeugkilometer									
Autobahn / Autostrasse	27.45	28.66	27.18	27.32	26.35	25.39	24.69	-2.76	-10.1%
Hauptverkehrsstrasse	26.95	26.90	25.24	24.37	22.65	21.96	20.82	-6.13	-22.8%
Übrige Strassen	7.34	7.31	6.97	6.79	6.43	6.28	5.97	-1.37	-18.6%
Innerorts	23.46	23.35	22.01	21.30	19.98	19.45	18.51	-4.95	-21.1%
Ausserorts	38.29	39.52	37.38	37.20	35.44	34.18	32.98	-5.31	-13.9%
LI nach Strassenkategorie, Mrd. Fahrzeugkilometer									
Autobahn / Autostrasse	2.87	3.25	3.52	3.84	4.15	4.42	4.69	1.82	63.5%
Hauptverkehrsstrasse	2.33	2.65	2.82	3.00	3.12	3.29	3.40	1.07	46.0%
Übrige Strassen	1.14	1.32	1.42	1.53	1.61	1.71	1.78	0.64	55.9%
Innerorts	2.63	3.03	3.24	3.46	3.64	3.84	4.00	1.36	51.8%
Ausserorts	3.71	4.19	4.52	4.91	5.24	5.57	5.87	2.17	58.4%
LW und LZ nach Strassenkategorie, Mrd. Fahrzeugkilometer									
Autobahn / Autostrasse	1.76	2.03	2.04	2.08	2.13	2.19	2.23	0.48	27.0%
Hauptverkehrsstrasse	0.55	0.59	0.59	0.59	0.59	0.60	0.61	0.06	11.1%
Übrige Strassen	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.14	0.14	0.02	17.1%
Innerorts	0.42	0.45	0.45	0.45	0.45	0.46	0.47	0.05	12.6%
Ausserorts	2.01	2.30	2.31	2.35	2.40	2.46	2.51	0.50	25.1%

Raumentwicklung

Das NTG-Szenario zeichnet sich durch eine hohe Verdichtung aus. Einerseits findet eine markante Steigerung der Ausnützung der Bauzonen statt, wobei andererseits der Flächenverbrauch pro Einwohner reduziert wird. Die Bereitschaft für längere Arbeitswege sinkt, die Nähe zum Arbeitsplatz ist wichtig. Die Erreichbarkeit hat dementsprechend weniger Gewicht, zumal die Nähe bereits gegeben ist. Vor dem Hintergrund möglichst kurzer Wege nimmt die Preissensitivität für Land und Mietwohnungen ab. Es folgt entsprechend dem Szenarienbild eine starke Abnahme des PW-Besitzes, wobei die ÖV-Abonnemente stark zunehmen. Das ÖV-Angebot in Nähe der Arbeitsplätze ist demnach ansprechend.

Quellpotenzial: Bevölkerungsverteilung

Die Bevölkerung verteilt sich wie folgt auf die Raumtypen:

Tabelle 12: Übersicht Verteilung Bevölkerung auf Raumtypen 2017 zu 2050 – Szenario NTG

NTG	Bevölkerung 2050	Anteile 2050 [%]	Anteile 2017 [%]	Saldo 2050 zu 2017
Stadt	6'653'671	63.8	62.9	+1'269'662
Intermediär	2'131'217	20.4	21.1	+320'846
Land	1'653'081	15.8	16.0	+287'221

Damit steigt der Anteil der städtischen Bevölkerung im Vergleich zu 2017 um rund 0.9%. Dies auf Kosten der Anteile der ländlichen (-0.2%) und der intermediären (-0.7%) Bevölkerung. Die Bevölkerungsverteilung ist Abbildung 107 nach Verkehrszonen ausgewiesen. Es wird sichtbar, dass sich die Entwicklung der Bevölkerung v.a. auf das Mittelland bezieht, wo sich auch bereits heute die grosse Mehrheit der Bevölkerung niedergelassen hat. Handkehrum erfahren sowohl ländliche Regionen z.B. entlang des Jurabogens, im Engadin oder im Emmental, als auch das Tessin eine Stagnation oder gar einen leichten Rückgang der wohnhaften Bevölkerung bis 2050. Eine starke Zunahme ist in Genf, dem Kanton Waadt, sowie in der Agglomeration Zürich deutlich zu beobachten. Die Bevölkerung verteilt sich weit um Kernstädte herum.

Quellpotenzial: Erwerbstätige

Die Erwerbstätigen nehmen im Raum der grossen Schweizer Städte im Vergleich zum Jahr 2017 eher stark zu, dies korreliert stark mit der Entwicklung der 18-64-jährigen Bevölkerung. Die Abnahme an Erwerbstätigen im ländlichen Raum hat im NTG-Szenario zur Konsequenz, dass sich die Konzentration des relativen Wachstums an Erwerbstätigen im Agglomerationsraum und den dazugehörigen Kernstädten eher stark akzentuiert. Der Anteil einfacher Erwerbstätiger steigt leicht von 64.6% auf 65.4% und sinkt entsprechend leicht bei den Qualifizierten von 35.4% auf 34.6%. Zumal die Distanz, bzw. die Reisezeit vom Wohnort zum Arbeitsplatz ein entscheidender Faktor bei der Wohnstandortwahl ist, versucht das FLNM dies unter anderen Aspekten zu optimieren. In Bezug sowohl darauf als auch auf die Entwicklung der 18-64-jährigen Bevölkerung ist die Entwicklung der Erwerbstätigen wie erwartet. Das grösste Wachstum der Arbeitsplätze findet im Grossraum Zürich, in der Waadt und in Genf statt (wie Abbildung 50 bereits verdeutlichte).

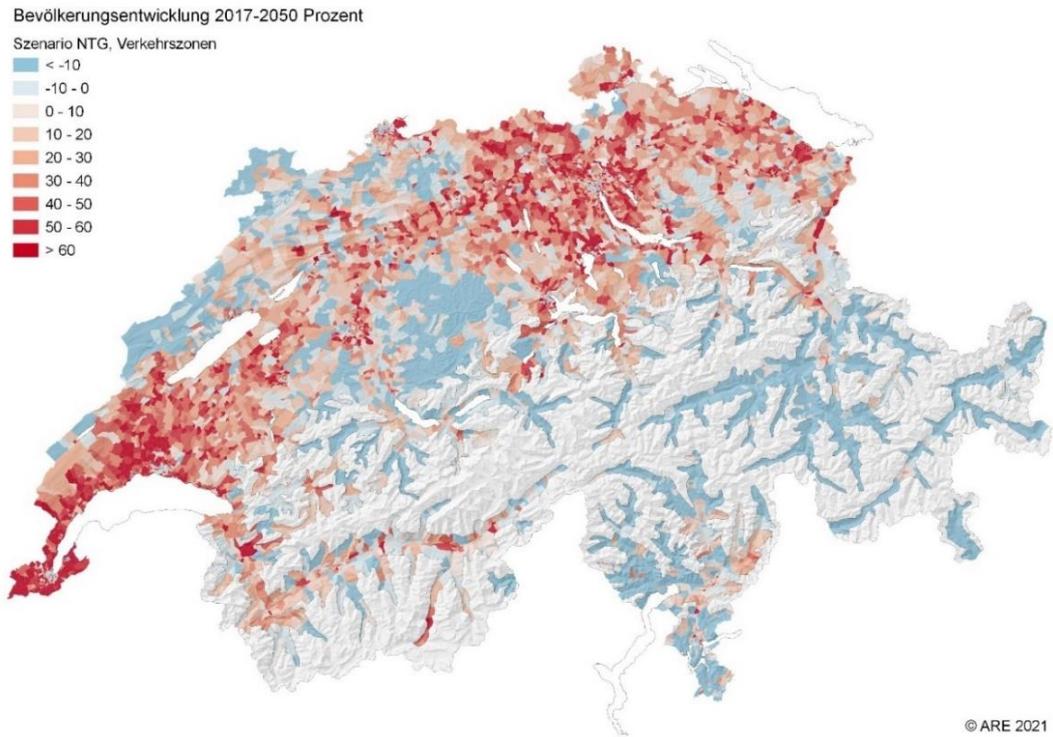


Abbildung 107: Entwicklung Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario NTG
relative Veränderung 2017 – 2050

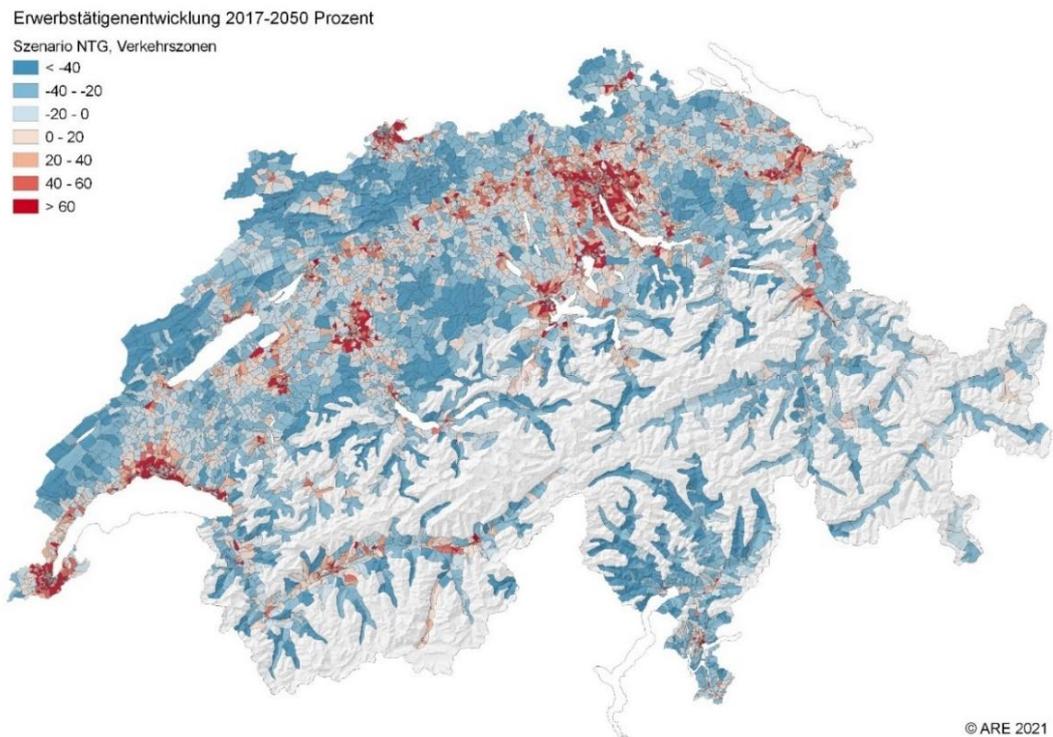


Abbildung 108: Entwicklung Erwerbstätige nach Verkehrszonen - Szenario NTG
relative Veränderung 2017 – 2050

Mobilitätswerkzeuge

Die Entwicklung der Mobilitätswerkzeuge folgt den Annahmen aus der Stellgrössen-Herleitung. Die absolute Zahl der autobesitzenden Personen sinkt um ca. 3% bis 2050 (vgl. Tabelle 11). Während der Anteil im städtischen Raumtyp um 23.1% sinkt, sinkt der Pro-Kopf-Anteil im Intermediären leicht weniger um 18.4% und in ländlichen Gemeinden am geringsten um 10.8%. Der Anteil Personenwagen je Einwohner nimmt schweizweit zwischen 2017 und 2050 stark ab (Abbildung 109). Die Anzahl der ÖV-Abonnemente steigt über die Jahre erheblich, Personenwagen je Einwohner nehmen deutlich ab. Nebst dem deutlichen Wachstum der Generalabonnemente je Einwohner, wachsen auch die Anteile Halbtax- und Verbund-Abos je Einwohner stark. Der Anteil der Generalabonnemente je Einwohner legt im NTG-Szenario im Vergleich zum Jahr 2017 um über 20% zu und verhält sich je nach Raumtyp folgendermassen: Städtisch +18.4%, Intermediär +26.6% und Ländlich +18.9%. Ein Vergleich der absoluten Zahlen zwischen 2017 und 2050 zeigt eine Zunahme der ÖV-Abonnemente um ca. 43%.

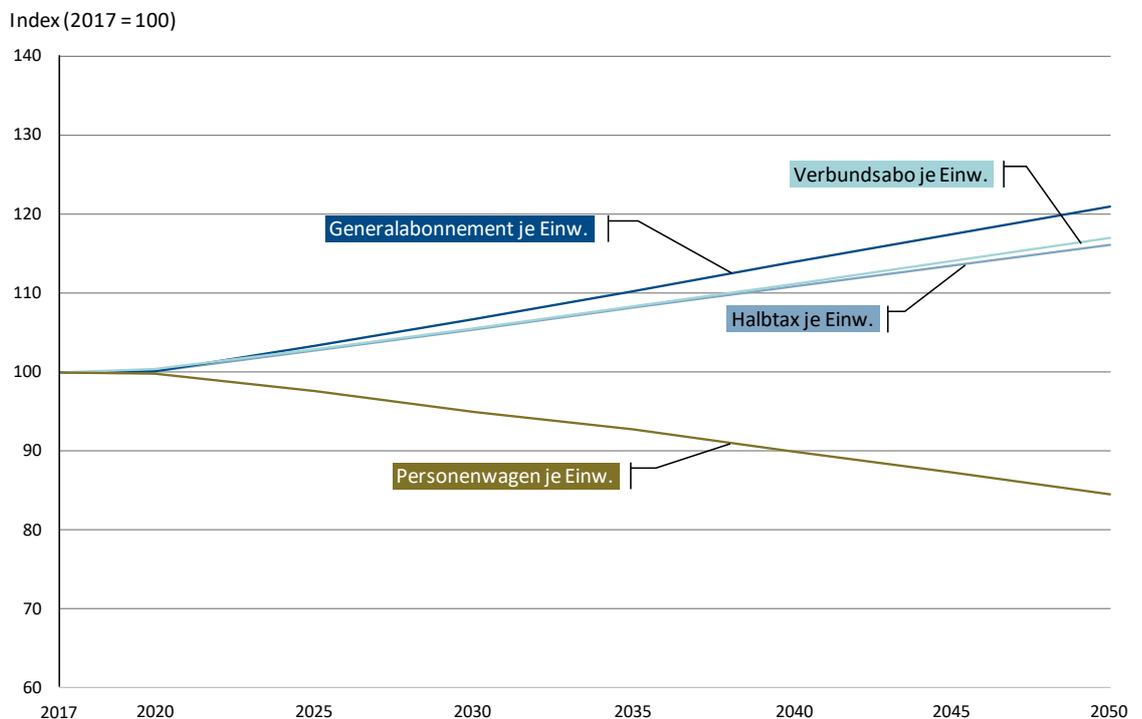


Abbildung 109: Entwicklung Mobilitätswerkzeuge je Einwohner – Szenario NTG
Veränderung 2017 – 2050

Es sind die Kernstädte, welche besonders hohe Bevölkerungsanteile mit einem ÖV-Abonnement im Jahr 2050 ausweisen, was sich am Beispiel von Bern und Zürich mit 40.0% resp. 40.6% zeigt (Abbildung 110 und Abbildung 111). Die Agglomeration weisen ebenfalls einen hohen Anteil der Bevölkerung mit einem ÖV-Abonnement aus mit Werten im Bereich zwischen 20% und 30%.

Der Anteil der Autobesitzenden an der Gesamtbevölkerung im Jahr 2050 zeigt ein geografisch entgegengesetztes Bild der Stadt-Land-Verteilung verglichen mit den ÖV-Abonnements-Anteilen (Abbildung 112 und Abbildung 113), da Agglomerationen und im Speziellen die dazugehörigen Kernstädte (Basel, Genf, Lausanne, Bern, Zürich) deutlich tiefere Autobesitzende-Anteile aufweisen als das ländliche Gebiet. Die höchsten Anteile von Autobesitzenden an der Bevölkerung, mit Werten grösser 45%, weisen die ländlichen Regionen der Zentral-, Ost- und Südschweiz und Teilen des Jurabogens aus.

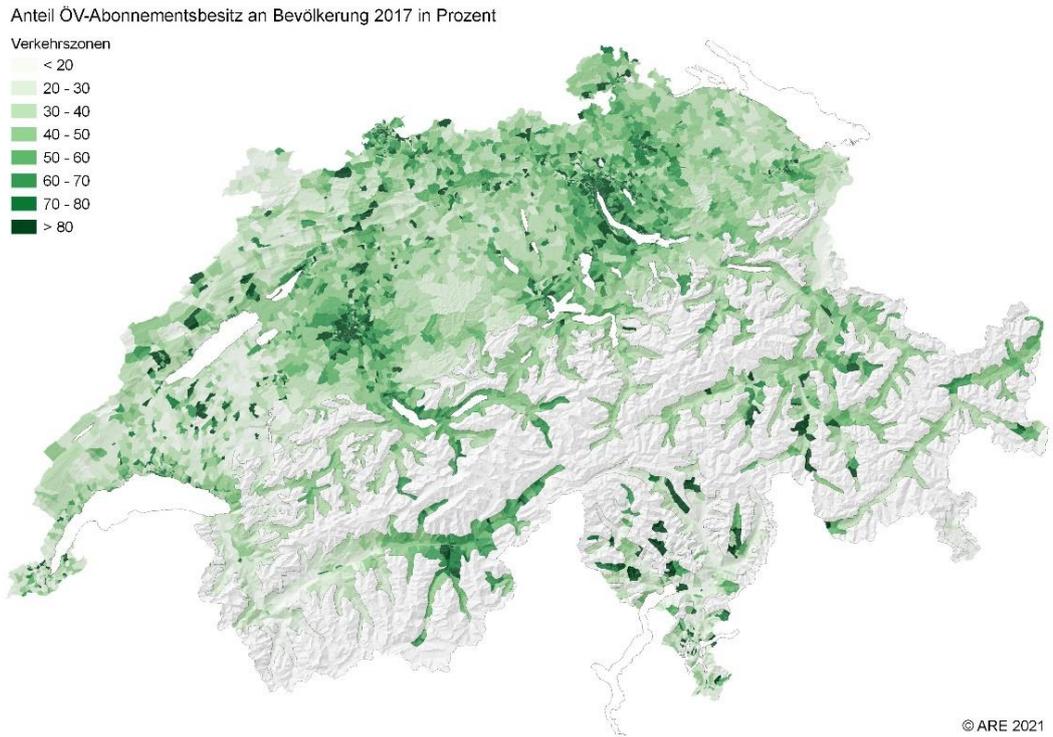


Abbildung 110: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz - Szenario NTG
prozentualer Anteil für das Jahr 2017 (ÖV-Abonnement = GA, Halbtax, Verbund)

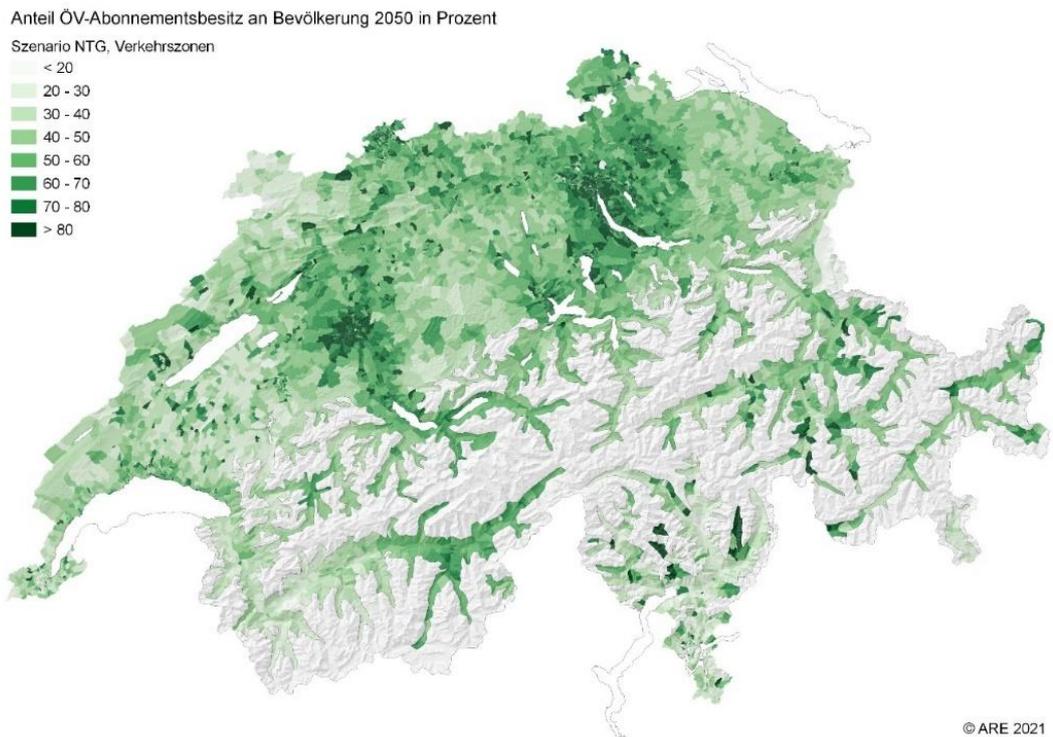


Abbildung 111: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz- Szenario NTG
prozentualer Anteil für das Jahr 2050 (ÖV-Abonnement = GA, Halbtax, Verbund)

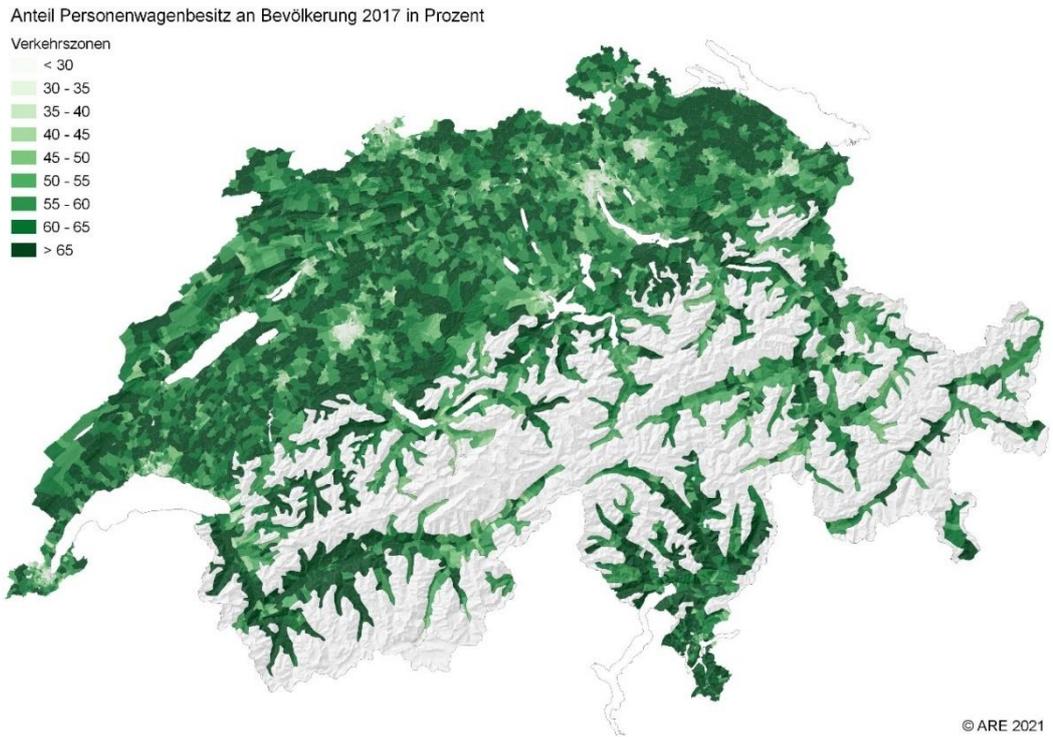


Abbildung 112: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen - Szenario NTG
prozentualer Anteil für das Jahr 2017

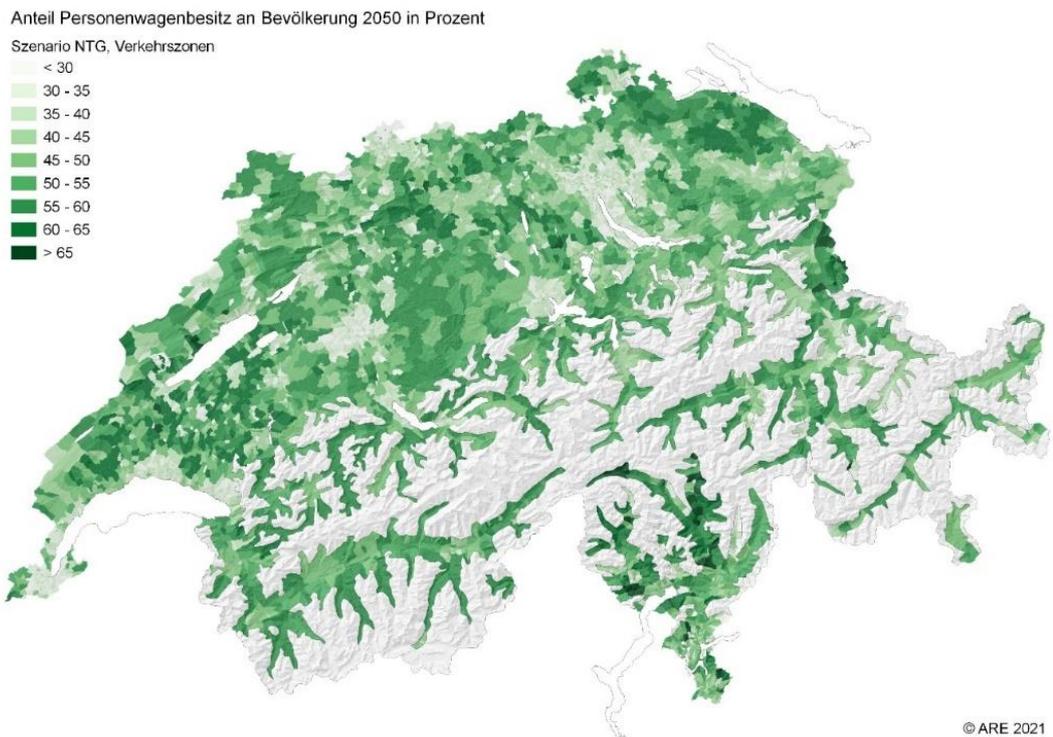


Abbildung 113: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen - Szenario NTG
prozentualer Anteil für das Jahr 2050

Güterverkehr

Entwicklung im Überblick

Mit den Annahmen im NTG-Szenario steigen sowohl das Aufkommen als auch die Verkehrsleistung im Güterverkehr bis 2050 kontinuierlich an. Im Jahr 2050 werden 540 Mio. Tonnen zu transportieren sein, das entspricht einem Zuwachs von 23% gegenüber 2017 (440 Mio. Tonnen). Die Verkehrsleistung im Jahr 2050 wird 35.5 Mrd. Tonnenkilometer betragen, das sind 30% mehr als im Jahr 2017 (27.3 Mrd. Tonnenkilometer).

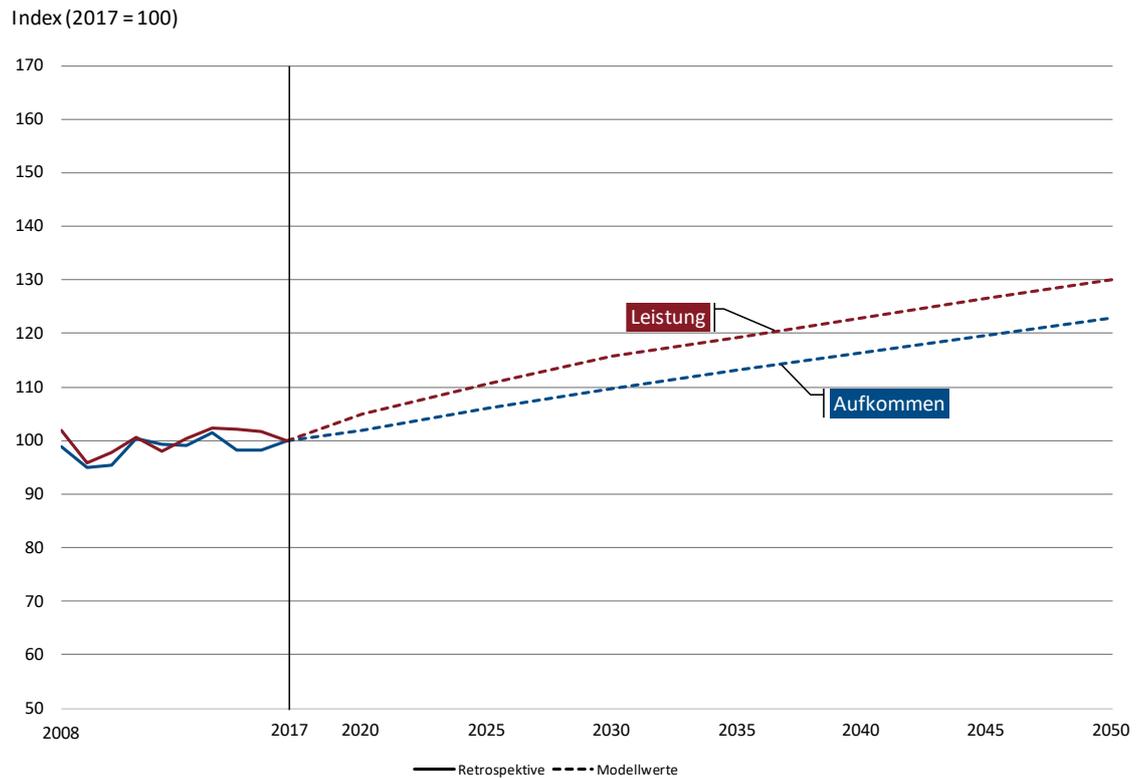


Abbildung 114: Güterverkehrsaufkommen und -leistung - Szenario NTG; Index: 2017=100

Entwicklung nach Warengruppe

Im NTG-Szenario wird bis zum Jahr 2050 vor allem das Güterverkehrsaufkommen in der Warengruppe Stück- und Sammelgut deutlich zunehmen. 154 Mio. Tonnen bedeuten einen Zuwachs um 56% gegenüber 2017. Damit sind die Stück- und Sammelgüter im Jahr 2050 die mit Abstand aufkommensstärkste Warengruppe. Ebenfalls deutliche Zuwächse wird es in den Warengruppen Landwirtschaft (+76% gegenüber 2017) und Abfälle (+52%) geben. In den meisten übrigen Warengruppen fallen die Zunahmen etwas moderater aus (+2 bis +15 Mio. Tonnen, +10 bis +23% gegenüber 2017). Ein leichter Rückgang des Aufkommens wird in der Warengruppe Metalle und Halbzeug erwartet (-17% gegenüber 2017). In der Warengruppe Energieträger werden im Jahr 2050 nur noch 0.3 Mio. Tonnen transportiert (-99% gegenüber 2017).

Güterverkehrsaufkommen (Mio. Tonnen)

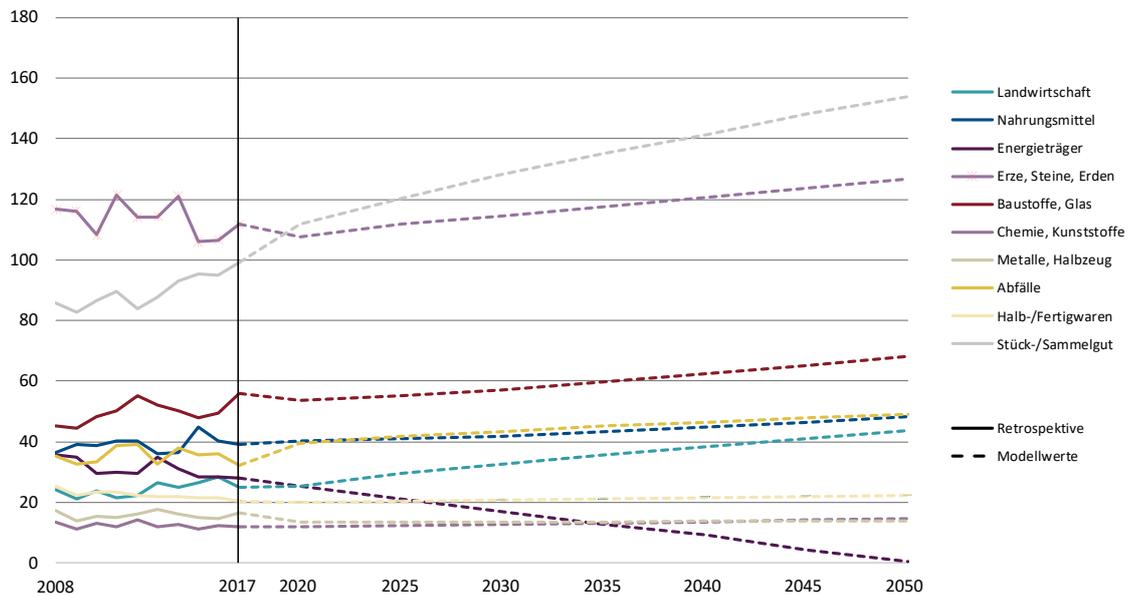


Abbildung 115: Güterverkehrsaufkommen nach Warengruppe - Szenario NTG

Die Entwicklung der Verkehrsleistung nach Warengruppe wird grösstenteils analog zur Entwicklung der Aufkommen erwartet. Für die Warengruppen Landwirtschaft (+76% zwischen 2017 und 2050), Stück- und Sammelgut (+60%) sowie Abfälle (+48%) werden die grössten Zuwächse prognostiziert, die Verkehrsleistung in der Warengruppe Energieträger wird bis 2050 um 99% zurückgehen. Die Verkehrsleistungen in den Warengruppen Erze, Steine und Erden (+24%), Nahrungsmittel (+14%), Chemie und Kunststoffe (+13%) sowie Baustoffe, Glas (+12%) werden steigen, während die Verkehrsleistung in der Warengruppe Metalle und Halbzeug (-16%) und auch in der Warengruppe Halb- und Fertigwaren (-3%) zurückgehen wird.

Entwicklung nach Verkehrsart

Die Güterverkehrsleistungen werden im NTG-Szenario sowohl im Binnenverkehr als auch im Transit deutlich steigen. Im Binnenverkehr bedeuten 18.4 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050 eine Zunahme von 32% gegenüber 2017. Im Transit sind es im Jahr 2050 10.6 Mrd. Tonnenkilometer, das sind 37% mehr als im Jahr 2017. Die Werte bis 2040 sind auf die Ergebnisse des Berichtes «Verkehrsentwicklung im alpenquerenden Güterverkehr infolge Fertigstellung der NEAT» (Greinus and Ickert, 2019) abgestützt, welcher bis 2030 eine deutliche und anschliessend eine leichte Zunahme prognostiziert. Beim Import und Export fällt der Anstieg mit 15% bzw. 21% geringer aus. Im Jahr 2050 beträgt die Verkehrsleistung im Import 4.1 Mrd. Tonnenkilometer und im Export 2.4 Mrd. Tonnenkilometer.

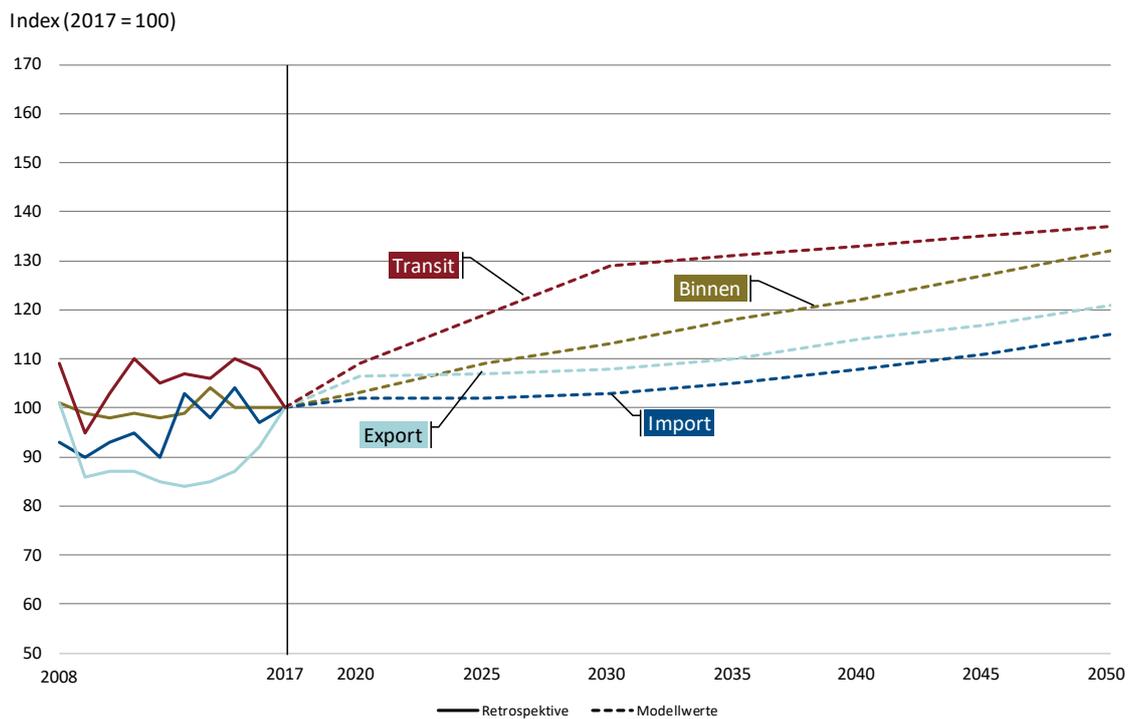


Abbildung 116: Güterverkehrsleistung nach Verkehrsarten - Szenario NTG

Entwicklung nach Modus

Mit Blick auf die Verkehrsträger sind im NTG-Szenario keine markanten Veränderungen zu beobachten. Die Strasse bleibt bis zum Jahr 2050 der Verkehrsträger mit der höchsten Nachfrage. Der Anteil am Aufkommen wächst leicht von 83.5% im Jahr 2017 auf 84.6% im Jahr 2050. Auch bei der Schiene steigt der Anteil am Aufkommen leicht von 13.7% im Jahr 2017 auf 14.8% im Jahr 2050. Bei der Binnenschifffahrt geht der Anteil am Aufkommen von 1.3% im Jahr 2017 auf 0.6% im Jahr 2050 zurück. Der Rückgang des Aufkommens in der Warengruppe der Energieträger führt dazu, dass der Anteil der Rohrfernleitungen auf nahezu 0 (0.01%) zurückgeht.

Insgesamt werden auf der Strasse im Jahr 2050 456.9 Mio. Tonnen transportiert, dies entspricht einem Zuwachs von 24.5% gegenüber 2017. Der Grossteil dieses Aufkommens wird von schweren Nutzfahrzeugen transportiert: 413.1 Mio. Tonnen entsprechen 76.5% des Gesamtaufkommens im Jahr 2050 (2017: 340 Mio. Tonnen, 77.3% des Gesamtaufkommens). Auf die leichten Nutzfahrzeuge entfallen im Jahr 2050 43.8 Mio. Tonnen, das sind 8.1% des Gesamtaufkommens (2017: 28 Mio. Tonnen, 6.3%).

Auf der Schiene werden im Jahr 2050 79.8 Mio. Tonnen transportiert (+32.6% gegenüber 2017), davon 35.5 Mio. Tonnen im WLK, 42.5 Mio. Tonnen im UKV und 1.8 Mio. Tonnen auf der RoLa. Damit wird sich das Aufkommen im UKV gegenüber 2017 mehr als verdoppeln (2017: 21.7 Mio. Tonnen), im WLK (2017: 37.7 Mio. Tonnen) und auf der RoLa (2017: 1.6 Mio. Tonnen) wird es nur kleine Änderungen geben.

In der Binnenschifffahrt werden im Jahr 2050 3.5 Mio. Tonnen transportiert, 2017 waren es noch 5.8 Mio. Tonnen (-39%). Die Prognosen sind auf Basis der Daten des Jahres 2018 erfolgt. Aufgrund des langanhaltenden Niedrigwassers am Rhein war das Aufkommen im Jahr 2018 deutlich geringer als im Vorjahr (-19%). Ab 2018 prognostiziert das Modell für das NTG-Szenario einen weiteren Rückgang bis im Jahr 2050.

Bei den Rohrfernleitungen sinkt das Aufkommen zwischen 2017 und 2050 von 6.4 Mio. Tonnen auf 67 Tsd. Tonnen (-99%).

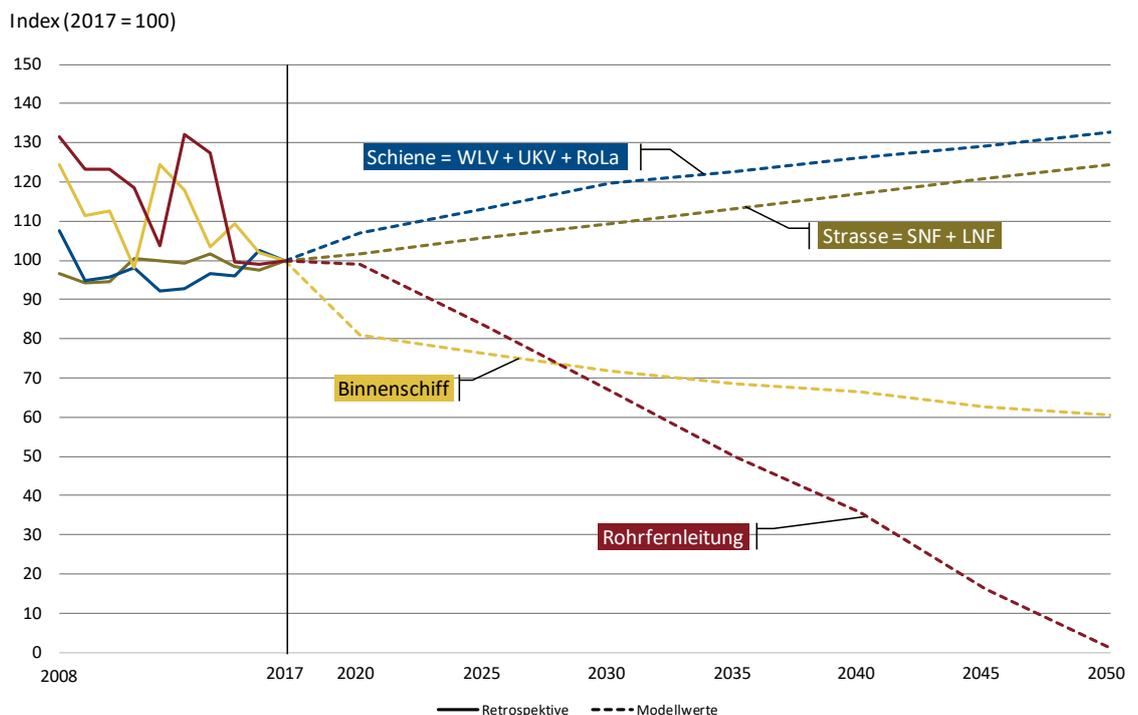


Abbildung 117: Güterverkehrsaufkommen nach Modus - Szenario NTG

Im Vergleich mit dem Aufkommen entfällt bei der Verkehrsleistung ein grösserer Anteil auf die Schiene. Betrachtet man den bimodalen Modal Split, so werden im Jahr 2017 63.1% der Verkehrsleistung auf der Strasse und 36.9% auf der Schiene erbracht. Bis zum Jahr 2030 wird sich der Anteil der Schiene im NTG-Szenario auf 39.9% erhöhen, im Jahr 2050 wird er mit 39.4% wieder etwas niedriger liegen.

Dabei wird sich die auf der Strasse erbrachte Verkehrsleistung von 17.2 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2017 auf 21.5 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050 erhöhen, das entspricht einer Steigerung von 25%. Die auf der Schiene erbrachte Verkehrsleistung wird um 39% von 10.1 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2018 auf 14.0 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050 steigen.

Entwicklung der Fahrleistung

Bei der Entwicklung der Fahrleistung der leichten Nutzfahrzeuge wird es im NTG-Szenario keine grossen Unterschiede zur Entwicklung der entsprechenden Verkehrsleistung geben. Die Fahrleistung der leichten Nutzfahrzeuge wird im Jahr 2050 bei 9.9 Mrd. Fahrzeugkilometern liegen. Das entspricht einer Steigerung von 55.7% gegenüber den 6.3 Mrd. Fahrzeugkilometern im Jahr 2017 (Verkehrsleistung: ebenfalls +57.6%, d.h. die mittlere Auslastung der Fahrzeuge bleibt etwa auf dem Niveau des Jahres 2017).

Auch die Entwicklung der Fahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge wird ähnlich zur Entwicklung der entsprechenden Verkehrsleistung erwartet. 3.0 Mrd. Fahrzeugkilometer im Jahr 2050 bedeuten eine Zunahme von 22.6% gegenüber den 2.4 Mrd. Fahrzeugkilometern im Jahr 2017 (Verkehrsleistung: +23.1%, d.h. die mittlere Auslastung der Fahrzeuge bleibt ebenfalls etwa auf dem Niveau des Jahres 2017).

Personenverkehr

Entwicklung im Überblick

Die jährlichen Verkehrsleistungen im Personenverkehr steigen zwischen 2017 und 2050 von 124.6 auf 132.2 Mrd. Personenkilometer, d.h. gesamthaft um 6.1%. Das höchste relative Wachstum weist der Veloverkehr auf, der sich mehr als verdoppelt (+123.3%). Der ÖV weist mit +22.8% ein höheres Wachstum auf als der Fussverkehr mit +18.4%. Für den PW wird eine Abnahme der Verkehrsleistung prognostiziert (-2.7%). Die ÖV-Verkehrsleistung steigt im Schienennetz stärker (+25.5%) an als im Nahverkehr (+11.4%).

Als Folge der modalen Verkehrsleistungsentwicklungen reduziert sich der Anteil des PW am Modal Split bei den Verkehrsleistungen von 73.1% im Jahr 2017 auf 67.0% im Jahr 2050 (-6.1%-P.). Zunahmen werden für den ÖV (+3.3%-P.) und den Veloverkehr (+2.4%-P.) prognostiziert. Der Anteil des Fussverkehrs wächst leicht (+0.5%-P.).

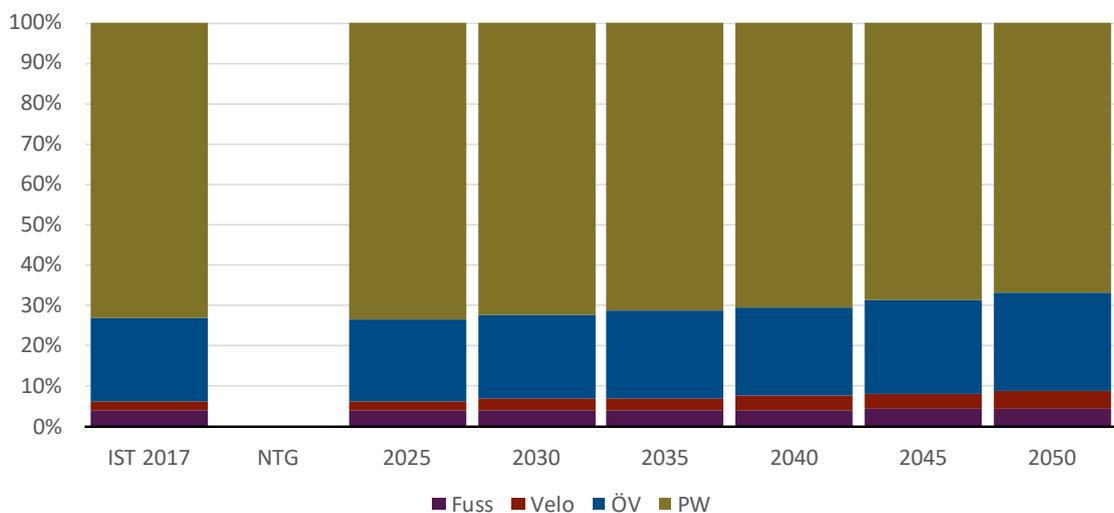


Abbildung 118: Modale Verkehrsleistung Personenverkehr – Szenario NTG

Entwicklung nach Verkehrszweck

Die Entwicklung nach Verkehrszwecken zeigt eine sehr unterschiedliche Ausprägung. Während für die Zwecke Arbeit (-17.6%) und Nutzfahrt (-7.0%) ein Rückgang zu verzeichnen ist, nimmt das Wegeaufkommen der anderen drei Wegezwecke zu. Die Zunahmen reichen von +10.6% (Zweck Einkaufen) über +11.4% (Zweck Bildung) bis +40.1% (Zweck Freizeit).

Wegeaufkommen im Modal Split

Das Wegeaufkommen steigt von 2017 bis 2050 um 15.7%. Die Zunahme der Wege verteilt sich jedoch unterschiedlich auf die einzelnen Verkehrsmittel. So steigt der Anteil des Velos am Modal-Split von 8.7% auf 14.1%, der Anteil des ÖVs von 13.1% auf 13.4% und der Anteil des Fussverkehrs von 32.6% auf 33.4%. Lediglich für den PW wird eine Abnahme prognostiziert: Von 45.6% auf 39.1%.

Fahrleistung Strassennetz

Für den Strassenverkehr (PW & Strassengüterverkehr) wird eine Abnahme der Fahrleistung um -8.8% prognostiziert. Die Veränderung der Fahrleistung unterscheidet sich zwischen den verschiedenen Fahrzeugarten. Für den PW ist sie negativ (-16.6%), für den Strassengüterverkehr werden hingegen Zunahmen prognostiziert. Diese Zunahmen reichen von +18.3% (LW) über +27.2% (LZ) bis +55.7% (LI). Aufgrund der zunehmenden Nutzung automatisierter Fahrzeuge wird für alle vier Fahrzeugarten ein Rückgang der Fahrleistung der konventionellen Fahrzeuge prognostiziert, welche beim Strassengüterverkehr durch die steigende Zahl

autonomer Fahrzeuge und die von ihnen erbrachte Fahrleistung jedoch mehr als ausgeglichen wird. Wird die Entwicklung der Fahrleistung nach den Schweizer Nationalstrassen und den restlichen Strassen in der Schweiz differenziert, zeigt sich, dass die Fahrleistung im übrigen Strassennetz gegenüber den Nationalstrassen stärker abnimmt (-4.7% im Nationalstrassennetz gegenüber -12.4% im restlichen Netz). Die Fahrleistung der Lastwagen und Lastzüge nimmt dabei auf den Nationalstrassen etwas schwächer zu als auf den anderen Strecken. Für die Lieferwagen hingegen fällt der relative Zuwachs auf den Nationalstrassen stärker aus als auf den anderen Strecken. Die Fahrleistung der Personenwagen nimmt auf den Nationalstrassen weniger stark ab als im restlichen Strassennetz.

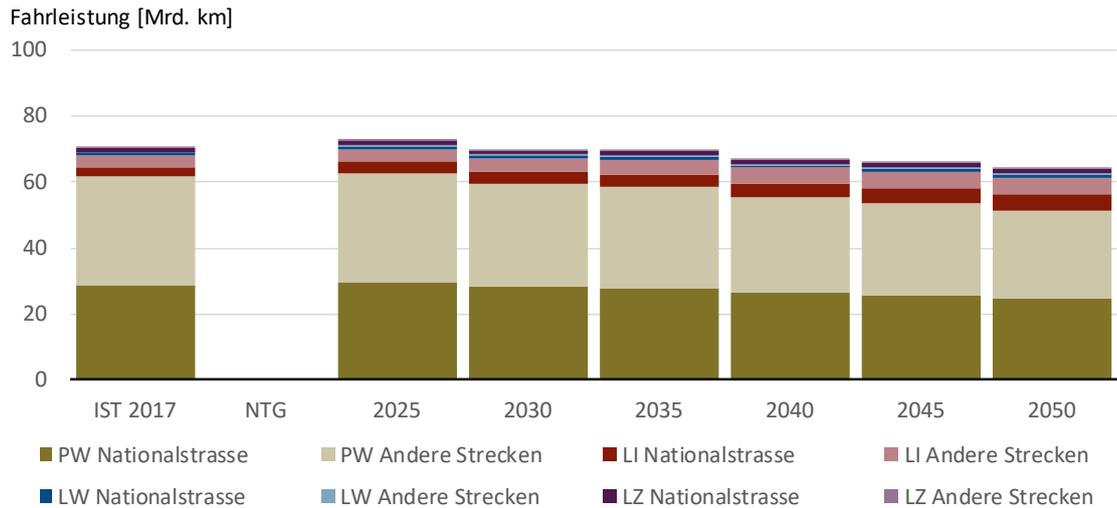


Abbildung 119: Fahrleistung Strassennetz – Szenario NTG

Entwicklung Strassen- und Schienennetz

Abbildung 120 zeigt die Belastungsveränderungen im Szenario NTG in PW-Einheiten (siehe Erläuterungen zu den PW-Einheiten im WWB). Eine flächenhafte Zunahme der Verkehrsbelastung auf dem Strassennetz der Schweiz ist im NTG nicht zu erkennen. Vielmehr können drei Teilbereiche abgegrenzt werden, in welchen eine Zunahme der Strassenverkehrsbelastung stattfinden wird: die zwischen Genf und Lausanne, die zentralen Achsen des Mittellands zwischen Kirchberg und St. Margrethen sowie auf der Nord-Süd-Verbindung zwischen Schaffhausen und Chiasso (Gotthardachse). Zu den Regionen mit abnehmender Verkehrsmenge gehören neben den dezentralen, ländlichen Räumen auch Agglomerationen wie Basel und Luzern.

Dieses eingeschränkte Wachstum ist auf die Wirkungen der angenommenen Massnahmen zurückzuführen. Aufgrund eines allgemein höheren Mobilitätskostenniveaus sinkt die Anzahl Wege pro Person und somit das Gesamtaufkommen ggü. den anderen Szenarien. Die monetären Instrumente wie Mobility Pricing und die anteilige Internalisierung von externen Kosten sowie im Gegenzug eine höhere Subventionsbereitschaft für den ÖV führen zur im Szenario erwarteten Dämpfung der Nachfrage im Strassenverkehr. Dabei spielen die Annahmen zum steigenden Besetzungsgrad eine zentrale Rolle: Sie reduzieren die Fahrleistungen und somit die Netzbelastung der Personenwagen markant. Lediglich die Netzintegration von wichtigen Neubauprojekten (z.B. Oberlandautobahn, Hirzel-Strassentunnel) sowie - eingeschränkt - die Umsetzung von Kapazitätserweiterungen (z.B. entlang der N1) lassen die Verkehrsleistungen steigen, jedoch auf niedrigerem Niveau als in den Szenarien WWB und BASIS. Auch ist es wichtig sich in Erinnerung zu rufen, dass die Nachfrage im Strassengüterverkehr, also die Fahrtenanzahl von Liefer- und Lastwagen sowie von Lastzügen im Szenario NTG auf ähnlich hohem Niveau bleibt, wie in den anderen Szenarien.

Diese Zuwächse sorgen dafür, dass der Rückgang der Belastungen im Strassennetz geringer ausfällt als allein mit Blick auf die Entwicklung der Personenwagen.

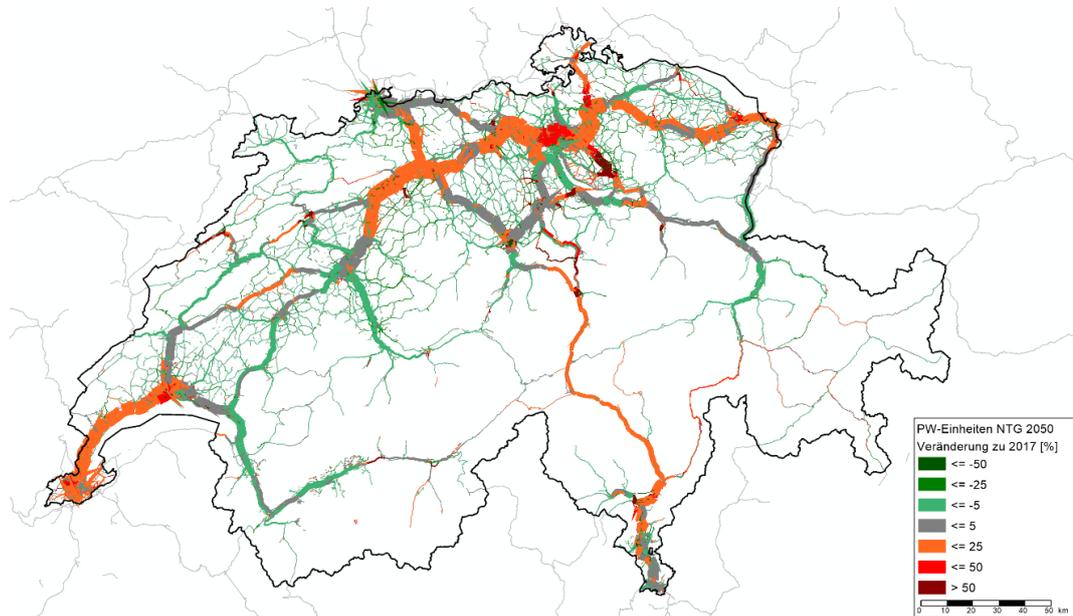


Abbildung 120: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Gesamt-Schweiz

In den Abbildungen 121 bis 126 sind die verkehrlichen Entwicklungen für die sechs Teilräume detailliert dargestellt. Sind in den Teilräumen Zürich, Aarau & Olten, Lausanne und Bellinzona noch Tendenzen eines Wachstums in den Strassenbelastungen zu erkennen, so zeigt das Bild von Basel sowie Bern, dass im NTG dort eine flächigere Entlastung eintritt. Besonders im Raum Bern ist kaum eine Strecke durch Wachstum gekennzeichnet. Eine Ausnahme dort ist die Gemeinde Köniz, welche durch dynamische Einwohner- und Arbeitsplatzzunahmen geprägt ist.

Neben der verbesserten Verbindung zwischen Basel und Olten (Richtung Zentralschweiz und Nord-Süd-Achse) sind die wichtigsten Veränderungen im Raum Basel die Auswirkungen aufgrund der Infrastrukturmassnahme Rheintunnel. Diese beiden Elemente (Nord-Süd-Achse und Neubaumassnahme) führen auch im Raum Bellinzona zu Wachstumseffekten auf der Strasse, wenngleich im Gegensatz zu Basel die Entlastungen weniger sichtbar werden. Lausanne und Zürich zeigen weiterhin ein auf die Zentren fokussiertes Wachstum in der Strassenverkehrsbelastung. An der Darstellung des Raums Aarau & Olten wird hingegen deutlich, dass die Einzugsgebiete des Verkehrswachstums eingeschränkt bleiben (aufgrund einer Stagnation auf dem Autobahnabschnitt Lenzburg – Aarau-West).

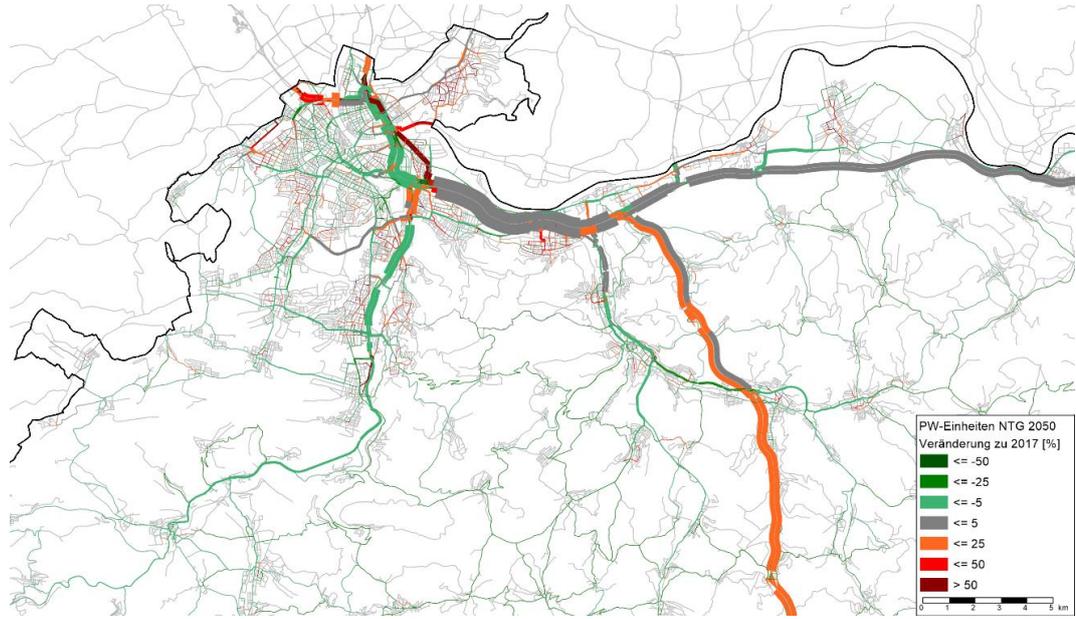


Abbildung 121: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Basel

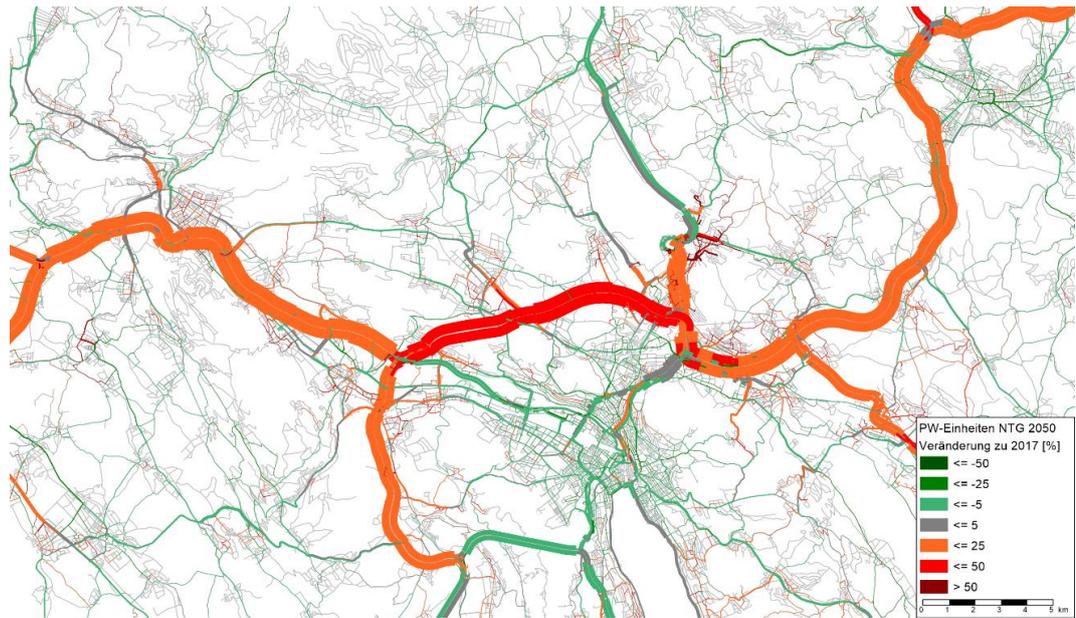


Abbildung 122: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Zürich



Abbildung 123: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Aarau & Olten

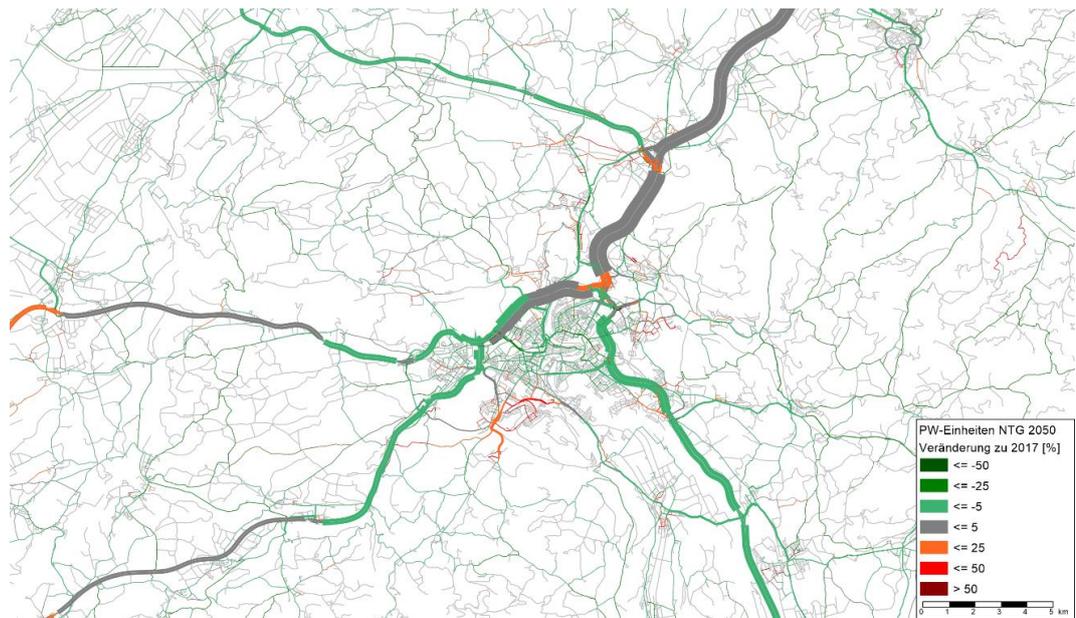


Abbildung 124: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Bern

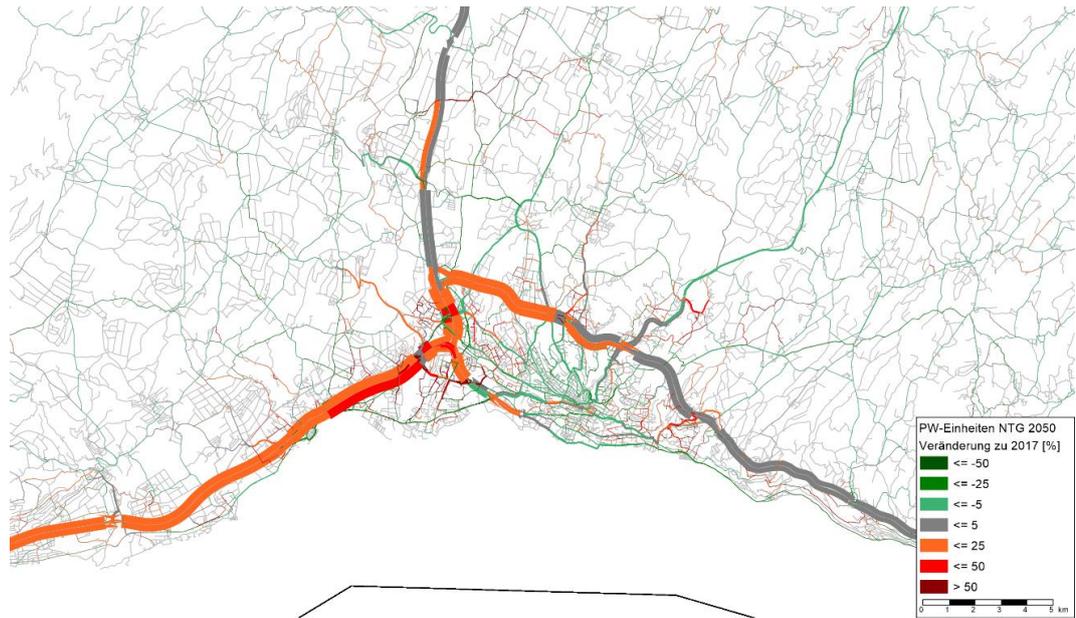


Abbildung 125: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Lausanne

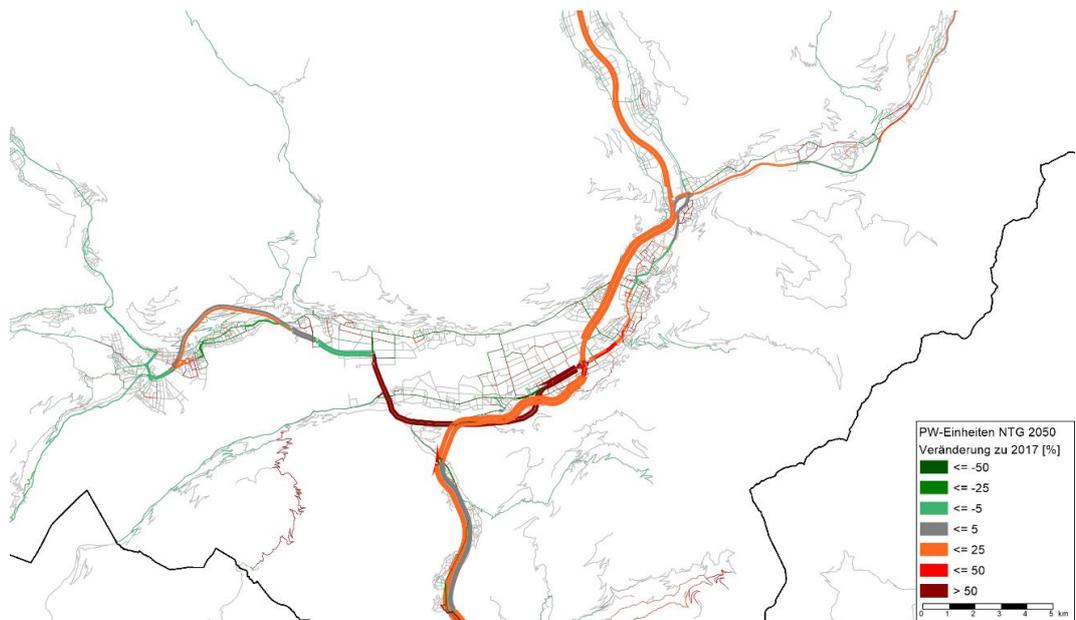


Abbildung 126: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Bellinzona

In der Darstellung der Strassensegmente mit steigender Auslastung gegenüber 2017 (Abbildung 127) wird deutlich, dass sich die Strecken mit einer Tagesauslastung von über 100% sehr punktuell über die Schweiz verteilen. Einzelne Häufungen dieser Punkte liegen in den Städten und Agglomerationen der Räume Lausanne, Genf, Basel, Olten und besonders Zürich vor. Diese Räume sind bereits 2017 durch Überlastungen geprägt und erfahren im Szenario NTG für 2050 grundsätzlich eher eine Entlastung. Einzelne Teilräume werden nahezu gänzlich frei von Überlaststellen (z.B. Kanton Graubünden, Kanton Thurgau), was jedoch einzelne Überlastungen in den Spitzenstunden nicht ausschliesst.

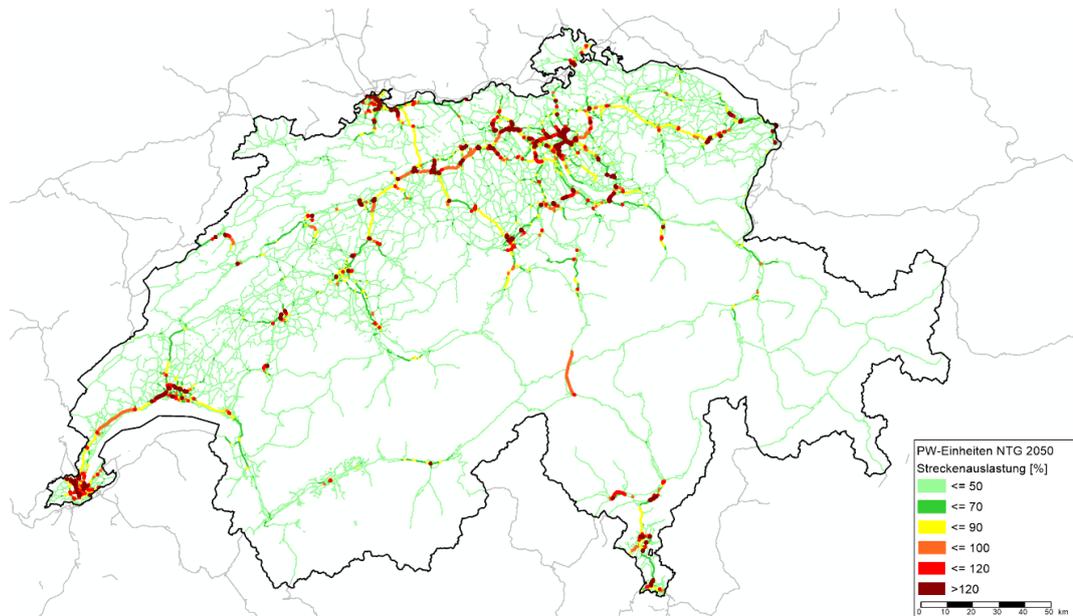


Abbildung 127: Auslastung HLS + HVS 2050 – Szenario NTG – Gesamt-Schweiz

Die Entwicklung der ÖV-Passagiere auf dem Schienennetz (Abbildung 128) zeigt im Szenario NTG schweizweit ein stabil wachsendes Bild. Besonders an den Beispielrelationen Basel – Olten und Aarau – Zürich ist abzuleiten, dass weniger die Verbindungen zwischen den Agglomerationen zunehmen (keine unmittelbare Verlagerung von der Strasse), sondern vielmehr eine Verkürzung der Wege auf nahe Gebiete mit Attraktionspotenzialen stattfindet.

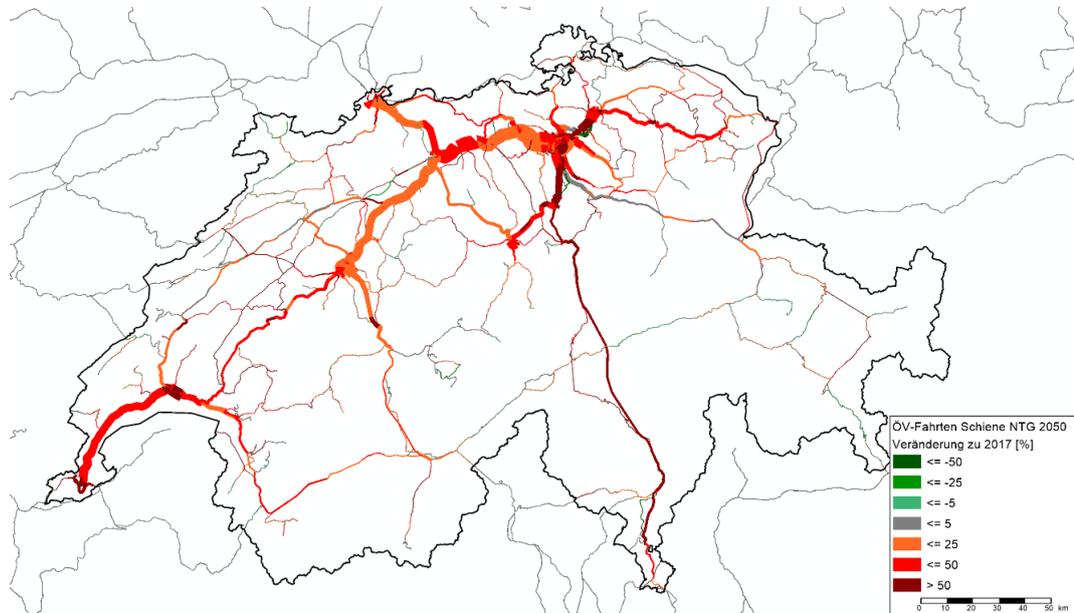


Abbildung 128: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Gesamt-Schweiz

In den regionalen Teilausschnitten (Abbildung 129 bis 134) wird die Veränderung im Personenverkehr auf der Schiene sichtbar.

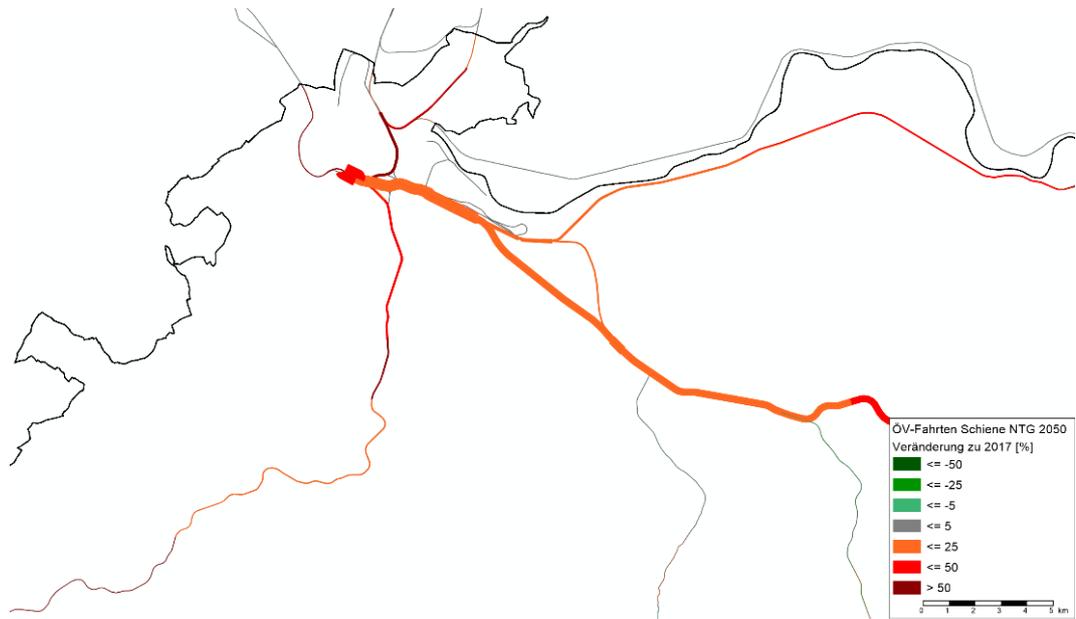


Abbildung 129: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Basel

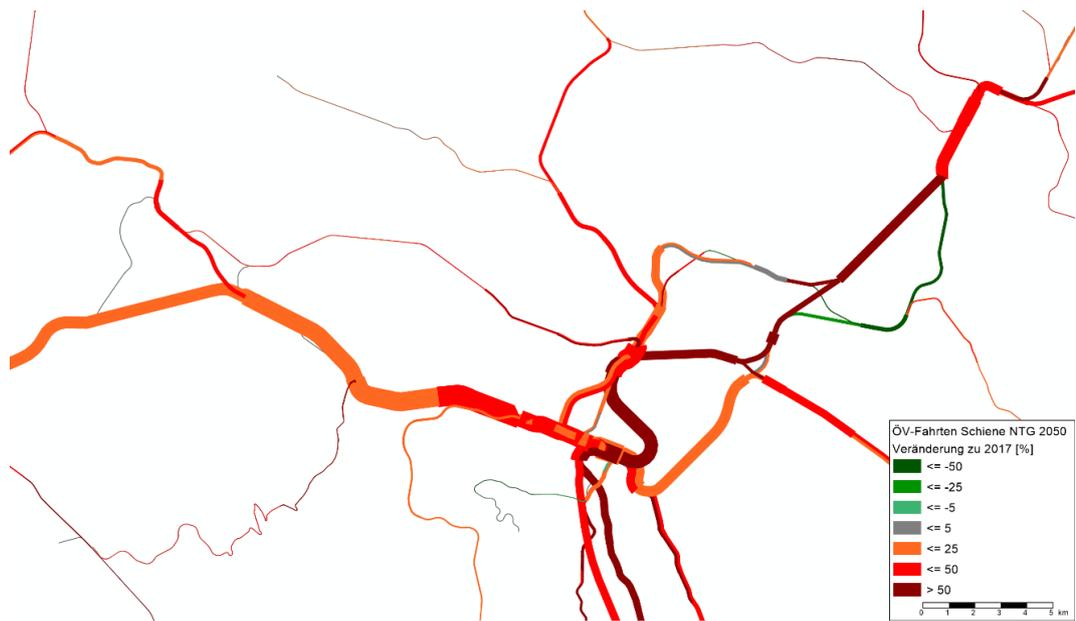


Abbildung 130: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Zürich

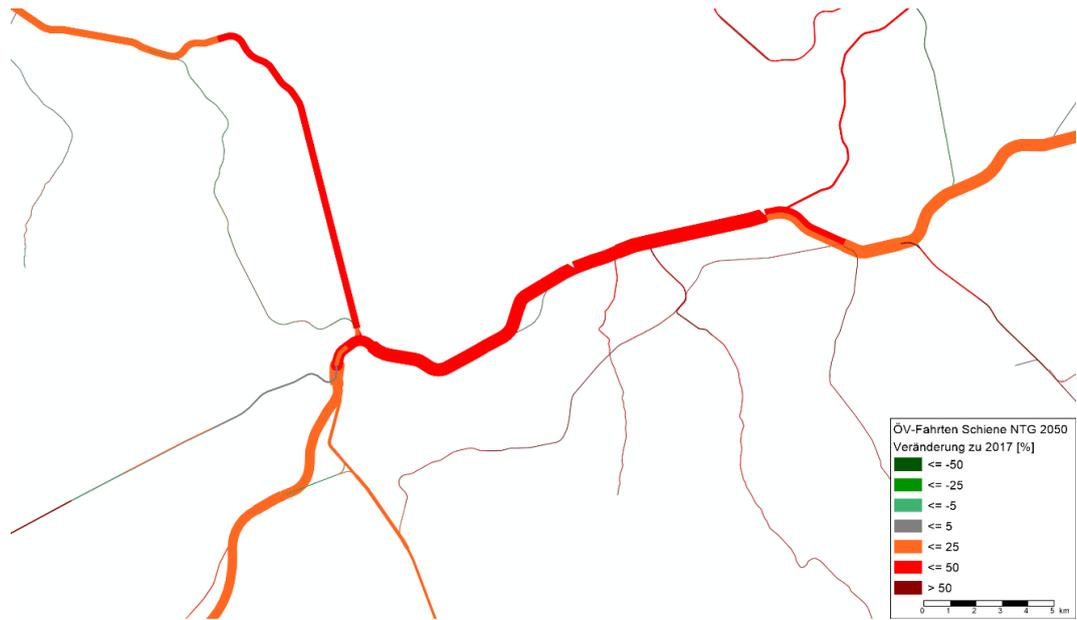


Abbildung 131: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Aarau & Olten

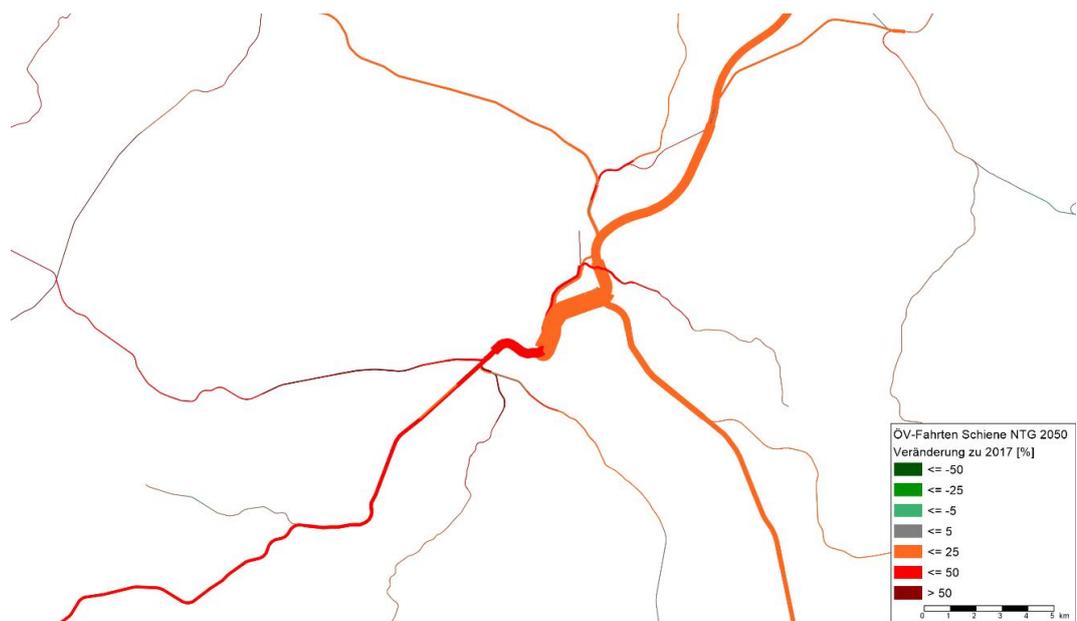


Abbildung 132: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Bern

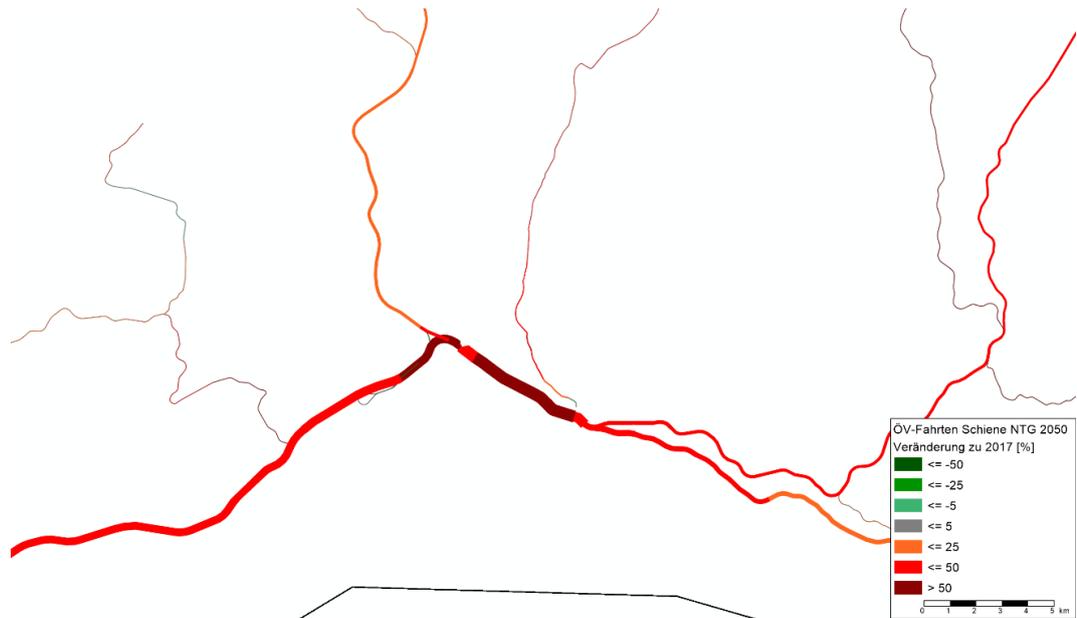


Abbildung 133: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Lausanne

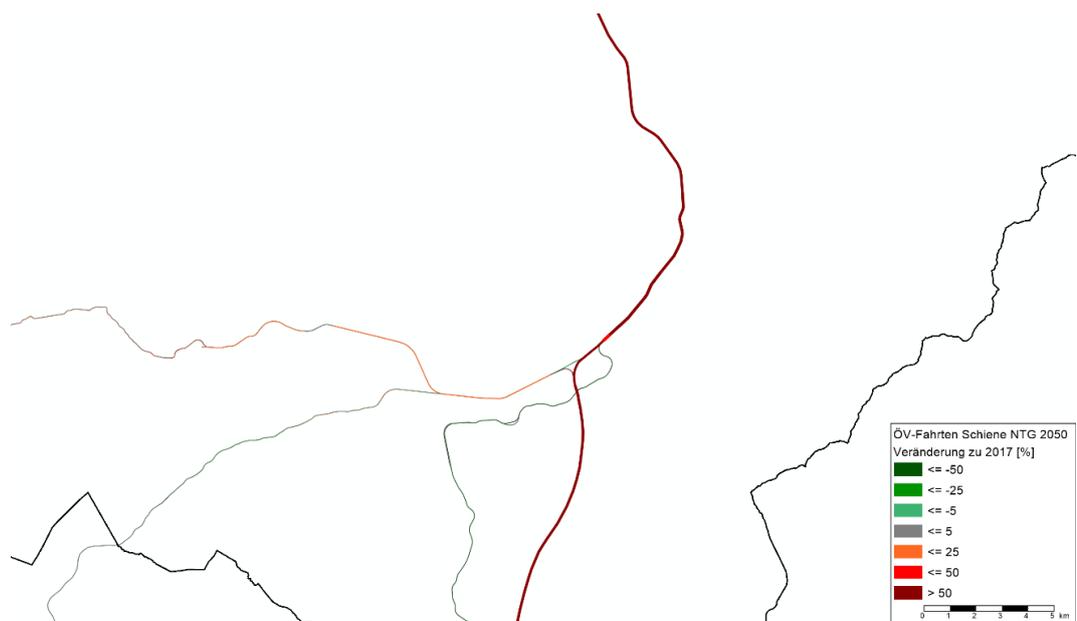


Abbildung 134: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Bellinzona

5.5. Szenario ITG

Tabelle 13: Gesamtüberblick Ergebnisse - Szenario ITG

ITG	2017	2025	2030	2035	2040	2045	2050	Δ 2050-2017	2050-2017[%]
Mobilitätswerkzeuge, Anzahl in Mio.									
PW Besitz	4.02	4.38	4.68	4.96	5.22	5.46	5.70	1.67	41.5%
PW Verfügbarkeit	5.89	6.39	6.82	7.22	7.50	7.76	7.99	2.09	35.5%
ÖV Abonnement Besitz	4.02	4.14	4.19	4.21	4.20	4.16	4.11	0.09	2.2%
GA	0.57	0.58	0.58	0.58	0.57	0.56	0.55	-0.02	-3.7%
Halbtax	2.46	2.53	2.57	2.58	2.58	2.56	2.53	0.07	2.9%
Verbundsabo	0.99	1.03	1.04	1.05	1.05	1.04	1.03	0.04	3.8%
Kein Abonnement	4.58	4.95	5.28	5.59	5.86	6.12	6.37	1.79	39.0%
Wegeaufkommen, Mio. Wege pro Werktag									
Arbeit	8.73	8.92	9.13	9.28	9.38	9.46	9.54	0.80	9.2%
Bildung	2.15	2.26	2.33	2.37	2.39	2.41	2.44	0.28	13.1%
Nutzfahrt	0.91	0.95	0.98	0.99	1.01	1.01	1.02	0.11	12.2%
Einkaufen	5.94	5.94	5.90	5.93	6.00	6.17	6.37	0.43	7.2%
Freizeit	14.44	16.13	17.29	18.27	19.04	20.03	20.65	6.21	43.0%
Gesamt	32.18	34.20	35.62	36.84	37.81	39.09	40.02	7.84	24.4%
Modal Split, %									
PW	45.6%	45.5%	45.7%	45.7%	45.5%	45.2%	45.0%	-0.6%-P.	-1.3%
ÖV	13.1%	12.8%	12.4%	12.1%	11.8%	11.6%	11.5%	-1.6%-P.	-12.4%
Velo	8.7%	9.1%	9.5%	9.9%	10.3%	10.7%	11.1%	2.4%-P.	27.4%
Fuss	32.6%	32.6%	32.5%	32.3%	32.4%	32.4%	32.4%	-0.2%-P.	-0.6%
Güterverkehrsaufkommen, Mio. Tonnen									
Strasse	367.1	401.7	427.0	455.4	480.0	503.5	523.6	156.5	42.6%
Schiene	60.2	69.4	74.0	76.9	79.4	81.8	83.9	23.7	39.3%
Binnenschiff	5.8	4.8	4.8	5.0	5.1	5.3	5.4	-0.4	-6.7%
Rohrfernleitung	6.4	5.7	5.0	4.4	3.7	3.3	2.8	-3.6	-56.6%
Binnenverkehr	333.3	365.6	387.6	412.5	433.5	453.5	470.3	137.0	41.1%
Import	51.5	54.3	56.7	59.8	62.5	65.2	67.5	16.0	31.0%
Export	23.1	24.6	26.3	28.5	30.7	33.0	35.2	12.1	52.3%
Transitverkehr	31.6	37.2	40.2	40.9	41.6	42.1	42.6	11.0	34.7%
Gesamt	439.6	481.6	510.7	541.6	568.3	593.8	615.7	176.1	40.1%
Verkehrsleistungen, Mrd. Personenkilometer									
PW	91.0	96.5	98.8	103.5	104.3	104.9	106.4	15.3	16.8%
konventionell	91.0	96.5	96.8	89.3	81.8	59.6	38.1	-53.0	-58.2%
automatisiert	-	0.0	2.0	10.4	18.9	42.2	65.9	65.9	-
On-Demand	-	0.0	0.0	3.8	3.6	3.2	2.4	2.4	-
ÖV	26.0	26.7	26.6	26.9	26.4	26.9	27.1	1.1	4.0%
Schiene	21.1	21.6	21.5	21.9	21.5	21.9	22.1	1.1	5.1%
Nahverkehr	5.0	5.1	5.1	5.0	4.9	5.0	5.0	-0.0	-0.3%
Velo	2.7	3.0	3.4	3.7	4.0	4.4	4.8	2.1	78.1%
Fuss	4.9	5.3	5.4	5.5	5.7	5.9	6.0	1.1	22.9%
Gesamt	124.6	131.6	134.2	139.6	140.4	142.1	144.2	19.6	15.7%
Modal Split, %									
PW	73.1%	73.4%	73.6%	74.1%	74.3%	73.8%	73.8%	0.7%-P.	1.0%
ÖV	20.9%	20.3%	19.8%	19.2%	18.8%	18.9%	18.8%	-2.1%-P.	-10.1%
Velo	2.1%	2.3%	2.5%	2.7%	2.9%	3.1%	3.3%	1.2%-P.	53.9%
Fuss	3.9%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%	4.1%	4.2%	0.2%-P.	6.2%
Güterverkehrsleistung, Mrd. Tonnenkilometer									
Strasse	17.2	19.1	20.3	21.6	22.9	24.0	25.0	7.8	45.5%
Schiene	10.1	11.9	12.8	13.2	13.6	14.0	14.3	4.2	41.8%
Binnenverkehr	14.0	15.5	16.5	17.6	18.5	19.4	20.2	6.2	44.6%
Import	3.6	4.0	4.3	4.6	4.9	5.2	5.5	1.9	53.8%
Export	2.0	2.2	2.4	2.5	2.7	2.9	3.0	1.0	52.0%
Transitverkehr	7.7	9.2	10.0	10.1	10.3	10.4	10.6	2.8	36.6%
Gesamt	27.3	31.0	33.1	34.8	36.5	38.0	39.3	12.0	44.1%
Fahrleistungen, Mrd. Fahrzeugkilometer									
PW Gesamt	61.75	65.12	66.78	69.49	70.57	72.53	75.44	13.69	22.2%
konventionell	61.75	65.12	65.42	61.26	56.48	41.88	27.29	-34.46	-55.8%
automatisiert	-	0.00	1.36	7.15	13.07	29.74	47.45	47.45	-
On-Demand	-	0.00	0.00	1.08	1.01	0.91	0.70	0.70	-
Nationalstrassen	28.52	30.04	30.56	31.98	32.05	32.61	34.46	5.95	20.9%
Anderer Strecken	33.24	35.08	36.22	37.51	38.51	39.92	40.97	7.74	23.3%
LI Gesamt	6.34	7.40	8.09	8.81	9.37	9.85	10.25	3.91	61.7%
konventionell	6.34	7.40	7.88	7.68	7.22	5.38	3.32	-3.02	-47.6%
automatisiert	-	0.00	0.21	1.13	2.14	4.48	6.93	6.93	-
Nationalstrassen	2.95	3.41	3.72	4.05	4.29	4.50	4.77	1.81	61.4%
Anderer Strecken	3.39	3.98	4.36	4.76	5.08	5.35	5.49	2.10	62.1%
LW Gesamt	1.17	1.32	1.37	1.44	1.52	1.59	1.66	0.49	42.3%
konventionell	1.17	1.32	1.33	1.26	1.18	0.88	0.54	-0.62	-53.4%
automatisiert	-	0.00	0.04	0.18	0.34	0.71	1.12	1.12	-
Nationalstrassen	0.73	0.84	0.87	0.92	0.96	1.02	1.06	0.33	44.6%
Anderer Strecken	0.43	0.48	0.50	0.53	0.56	0.58	0.60	0.17	38.6%
LZ Gesamt	1.26	1.56	1.63	1.73	1.83	1.93	2.01	0.75	59.4%
konventionell	1.26	1.56	1.58	1.51	1.42	1.06	0.66	-0.60	-47.8%
automatisiert	-	0.00	0.04	0.22	0.41	0.86	1.35	1.35	-
Nationalstrassen	1.06	1.34	1.39	1.47	1.55	1.63	1.70	0.64	59.9%
Anderer Strecken	0.20	0.22	0.23	0.26	0.28	0.30	0.31	0.11	56.7%
Gesamt	70.52	75.39	77.86	81.48	83.28	85.90	89.36	18.84	26.7%
Nationalstrassen	33.27	35.63	36.55	38.42	38.85	39.75	41.99	8.72	26.2%
Anderer Strecken	37.25	39.76	41.32	43.06	44.43	46.15	47.37	10.12	27.2%
PW + On-Demand nach Strassenkategorie, Mrd. Fahrzeugkilometer									
Autobahn / Autostrasse	27.45	28.97	29.63	31.30	31.95	32.49	34.39	6.93	25.2%
Hauptverkehrsstrasse	26.95	28.37	29.08	29.83	30.04	31.08	31.81	4.86	18.0%
Übrige Strassen	7.34	7.77	8.07	8.35	8.57	8.96	9.24	1.90	25.8%
Innerorts	23.46	24.68	25.33	26.01	26.43	27.45	28.24	4.78	20.4%
Ausserorts	38.29	40.44	41.45	43.48	44.13	45.08	47.19	8.91	23.3%
Lieferwagen nach Strassenkategorie, Mrd. Fahrzeugkilometer									
Autobahn / Autostrasse	2.87	3.32	3.63	3.97	4.27	4.48	4.75	1.88	65.6%
Hauptverkehrsstrasse	2.33	2.72	2.97	3.21	3.37	3.55	3.63	1.29	55.5%
Übrige Strassen	1.14	1.36	1.49	1.63	1.73	1.82	1.88	0.74	64.7%
Innerorts	2.63	3.11	3.40	3.69	3.90	4.11	4.23	1.60	60.6%
Ausserorts	3.71	4.29	4.69	5.12	5.46	5.74	6.02	2.32	62.5%
Schwere Nutzfahrzeuge nach Strassenkategorie, Mrd. Fahrzeugkilometer									
Autobahn / Autostrasse	1.76	2.14	2.23	2.38	2.53	2.67	2.78	1.02	58.3%
Hauptverkehrsstrasse	0.55	0.61	0.63	0.65	0.66	0.69	0.72	0.17	31.3%
Übrige Strassen	0.12	0.13	0.14	0.15	0.15	0.16	0.17	0.05	38.9%
Innerorts	0.42	0.47	0.48	0.50	0.51	0.54	0.56	0.14	33.0%
Ausserorts	2.01	2.42	2.51	2.68	2.83	2.98	3.11	1.10	55.0%

Raumentwicklung

Das ITG-Szenario zeichnet sich durch eine geringe Verdichtung aus. Die Ausnützung wird nur minim erhöht, wobei aber der Geschossflächenverbrauch pro Person stärker zunimmt. Die Distanz zum Arbeitsplatz verliert im ITG-Szenario an Bedeutung, womit die Relevanz bei der Wohnstandortwahl abnimmt. Auch die Bedeutung der Erreichbarkeit und Nähe zum Bahnhof nimmt ab und spielt einen weniger wichtigen Einfluss bei der Wahl eines neuen Wohnstandorts. Die Eigentumsquote steigt auf rund 50%. Der PW-Besitz nimmt ausgeprägt zu, wobei der Abonnementsbesitz pro Einwohner deutlich abnimmt.

Quellpotenzial: Bevölkerungsverteilung

Die Bevölkerung verteilt sich wie folgt auf die Raumtypen:

Tabelle 14: Übersicht Verteilung Bevölkerung auf Raumtypen 2017 zu 2050 – Szenario ITG

ITG	Bevölkerung 2050	Anteile 2050 [%]	Anteile 2017 [%]	Saldo 2050 zu 2017
Stadt	6'409'299	61.4	62.9	+1'025'290
Intermediär	2'344'652	22.5	21.1	+534'281
Land	1'682'315	16.1	16.0	+316'455

Damit sinkt der Anteil der städtischen Bevölkerung im Vergleich zu 2017 um rund 1.5%. Dies auf Kosten der Anteile der ländlichen (+0.1%) und der intermediären (+1.4%) Bevölkerung. Die Bevölkerungsverteilung ist nach Verkehrszonen abgebildet (Abbildung 135). Es wird sichtbar, dass sich die Entwicklung der Bevölkerung v.a. auf das Mittelland bezieht, wo auch bereits heute die grosse Mehrheit der Bevölkerung lebt. Ländliche Regionen wie entlang des Jurabogens, im Engadin oder im Emmental, als auch das Tessin erfahren eine Stagnation bis geringen Rückgang der wohnhaften Bevölkerung bis 2050. Eine starke Zunahme ist in Genf, dem Kanton Waadt, sowie in der Agglomeration Zürich zu beobachten. Obwohl städtische Zonen ein Bevölkerungswachstum erfahren, beschränkt sich das Wachstum nicht nur auf diese Gebiete. Das Wachstum ist ausgedehnter in der Fläche zu beobachten. Gesamthaft ist nur noch eine leichte Tendenz Richtung Städte sichtbar – relativ gesehen sinkt der Anteil städtischer Bevölkerung. Zudem ist vermehrt auch ein Zuwachs im ländlichen oder intermediären Raum zu beobachten.

Quellpotenzial: Erwerbstätige

Die Erwerbstätigen nehmen im Raum der grossen Schweizer Städte im Vergleich zum Jahr 2017 leicht zu (Abbildung 136), dies korreliert stark mit der Entwicklung der 18-64-jährigen Bevölkerung. Die Abnahme an Erwerbstätigen im ländlichen Raum hat im ITG-Szenario zur Konsequenz, dass sich die Konzentration des relativen Wachstums an Erwerbstätigen v. a. im weitgefassten Agglomerationsraum akzentuiert. Es ist zu beobachten, dass sich die Bevölkerung grosszügig und gleichmässig verteilt. Der Anteil einfache bzw. qualifizierte Erwerbstätige bleibt wie erwartet stabil von 2017 bis 2050. Global gesehen ist nur eine leichte Steigung von 2017 auf 2050 zu beobachten. Der Anteil steigt bei den einfachen Erwerbstätigen von 64.6% auf 65.2%, respektive sinkt bei den Qualifizierten von 35.4% auf 34.8%.

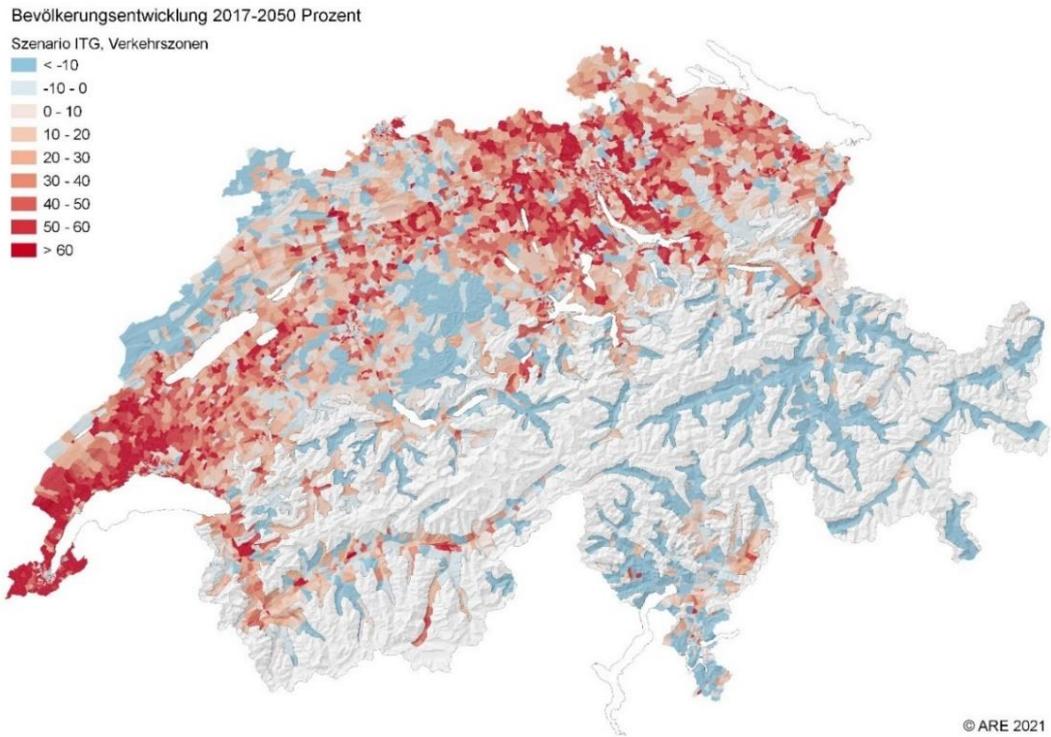


Abbildung 135: Entwicklung Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario ITG
relative Veränderung 2017 – 2050

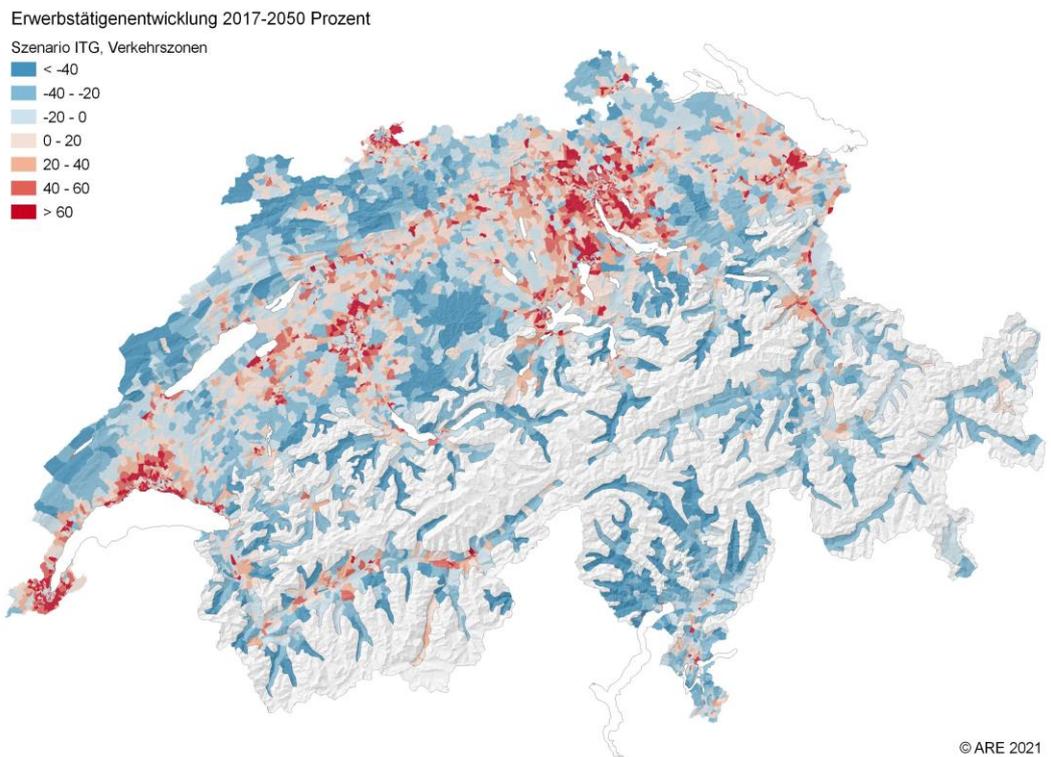


Abbildung 136: Entwicklung Erwerbstätige nach Verkehrszonen - Szenario ITG
relative Veränderung 2017 – 2050

Mobilitätswerkzeuge

Die Entwicklung der Mobilitätswerkzeuge folgt den Annahmen aus der Stellgrössen-Herleitung. Die absolute Zahl der autobesitzenden Personen steigt um ca. 41% bis 2050 (vgl. Tabelle 13). Während der Anteil im städtischen Raumtyp um 3.7% sinkt, steigt der Pro-Kopf-Anteil im Intermediären um 2.6% und in ländlichen Gemeinden um 1.1%. Der Anteil Personenwagen je Einwohner nimmt schweizweit zwischen 2017 und 2050 deutlich zu (Abbildung 137). Die Anzahl der ÖV-Abonnemente reduziert sich über die Jahre. Nebst dem deutlichen Rückgang der Generalabonnemente je Einwohner, sinken auch die Anteile Halbtax- und Verbund-Abos je Einwohner deutlich. Der Anteil der Generalabonnemente je Einwohner sinkt im ITG-Szenario im Vergleich zum Jahr 2017 um über 20% und verhält sich je nach Raumtyp folgendermassen: Städtisch -16.6%, Intermediär -29.7% und Ländlich -29.6%. Ein Vergleich der absoluten Zahlen zwischen 2017 und 2050 zeigt eine Zunahme der ÖV-Abonnemente um ca. 2%.

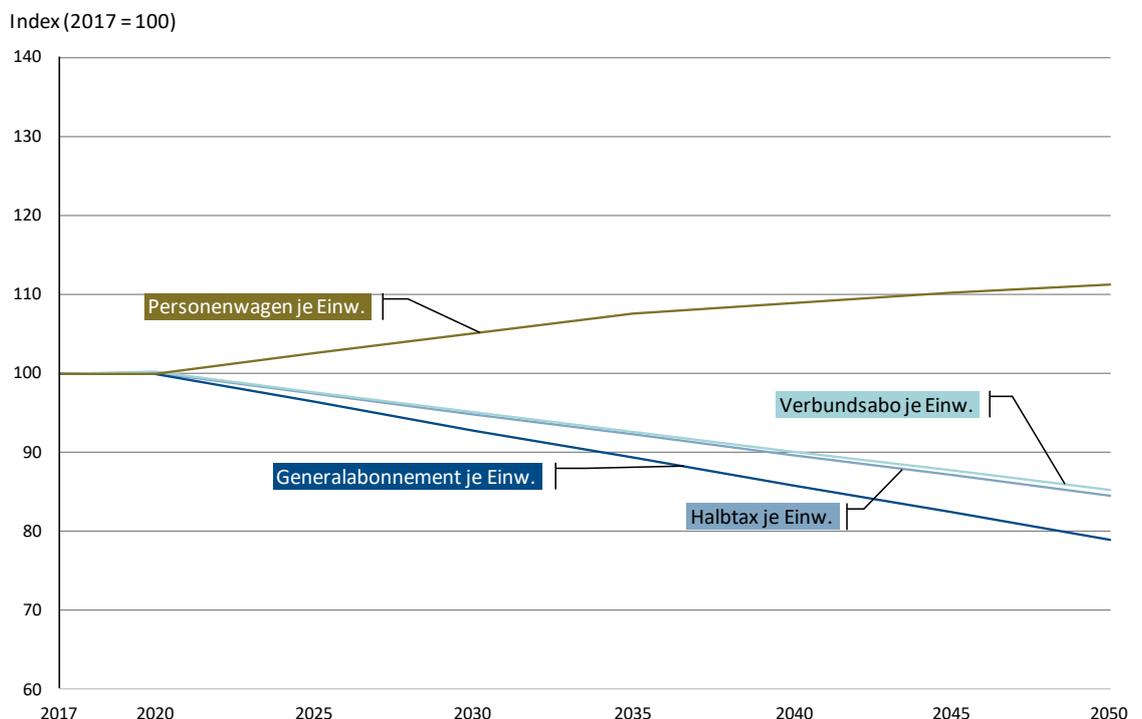


Abbildung 137: Entwicklung Mobilitätswerkzeuge je Einwohner – Szenario ITG
Veränderung 2017 – 2050

Es sind wie 2017 die Kernstädte Bern und Zürich, welche 2050 hohe Bevölkerungsanteile mit einem ÖV-Abonnement ausweisen, mit 27.5% resp. 30.6% (Abbildung 138 und Abbildung 139). Die Agglomeration Zürich weist ebenfalls einen eher hohen Anteil der Bevölkerung mit einem ÖV-Abonnement aus mit Werten im Bereich zwischen 20% und 30%. Verglichen mit dem Stand 2017 sinken die Anteile aber stark.

Der Anteil der Autobesitzenden an der Gesamtbevölkerung im Jahr 2050 zeigt ein entgegengesetztes Bild der Stadt-Land-Verteilung verglichen mit den ÖV-Abonnements-Anteilen (Abbildung 140 und Abbildung 141), da Agglomerationen und im Speziellen die dazugehörigen Kernstädte (Basel, Bern, Zürich) deutlich tiefere Autobesitzende-Anteile aufweisen als das ländliche Gebiet. Die höchsten Anteile von Autobesitzenden an der Bevölkerung, mit Werten grösser 60%, weisen die ländlichen Regionen der Zentral-, Ost- und Südschweiz und Teilen des Jurabogens aus.

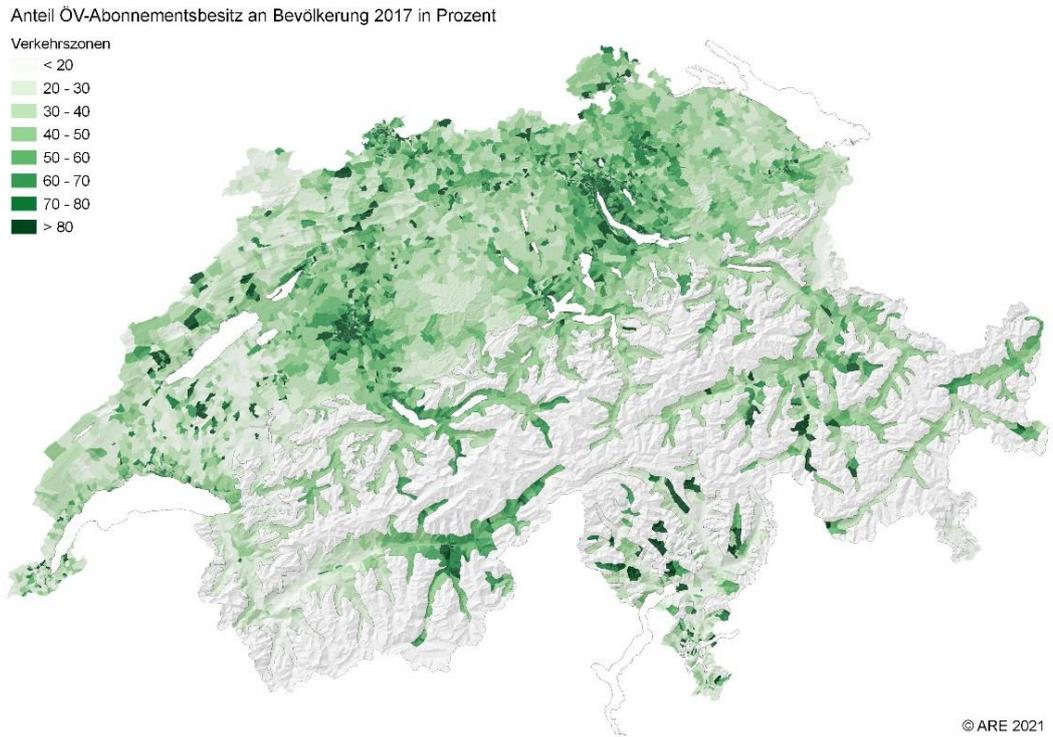


Abbildung 138: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz – Szenario ITG
prozentualer Anteil für das Jahr 2017 (ÖV-Abonnement = GA, Halbtax, Verbund)

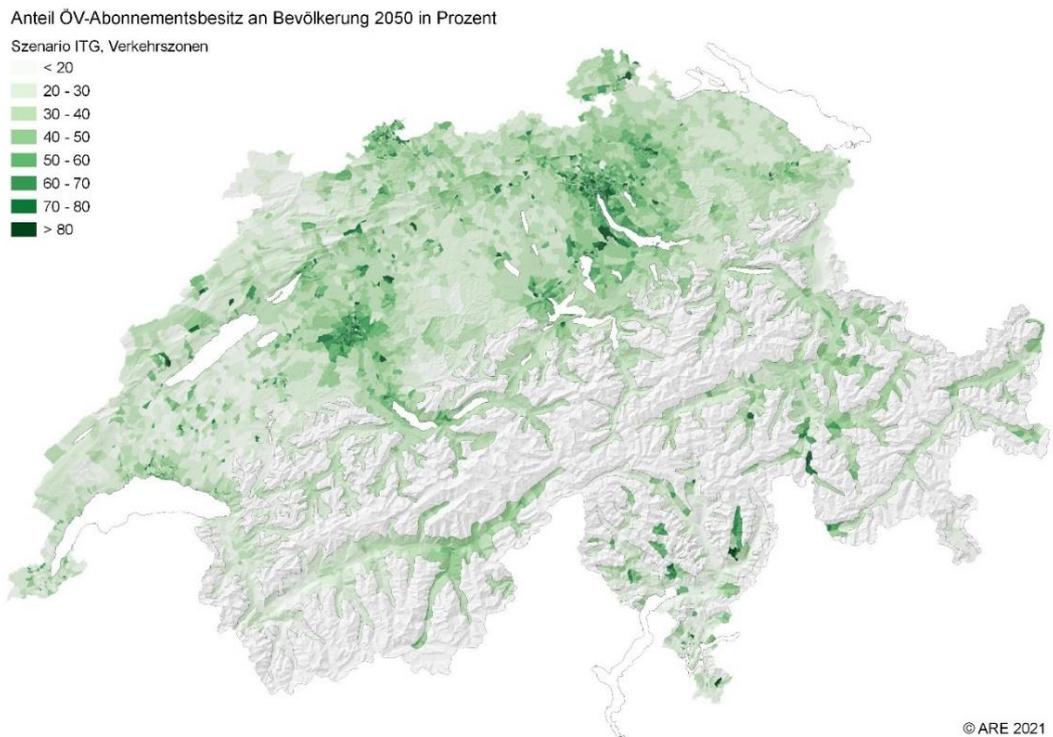


Abbildung 139: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz – Szenario ITG
prozentualer Anteil für das Jahr 2050 (ÖV-Abonnement = GA, Halbtax, Verbund)

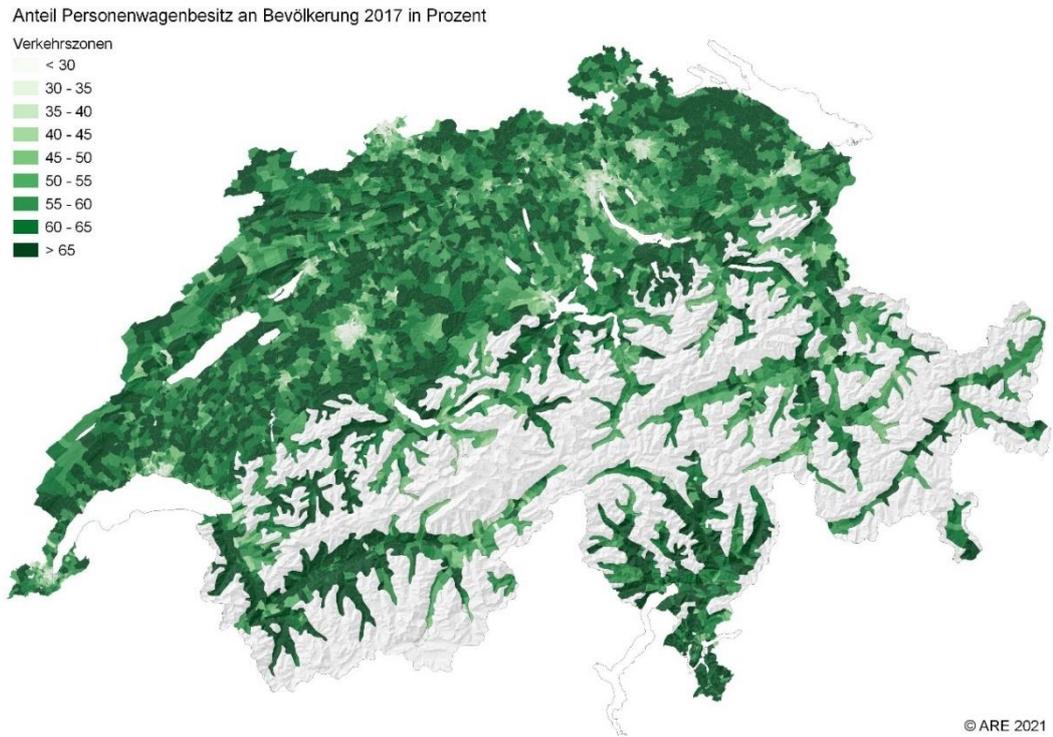


Abbildung 140: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario ITG
prozentualer Anteil für das Jahr 2017

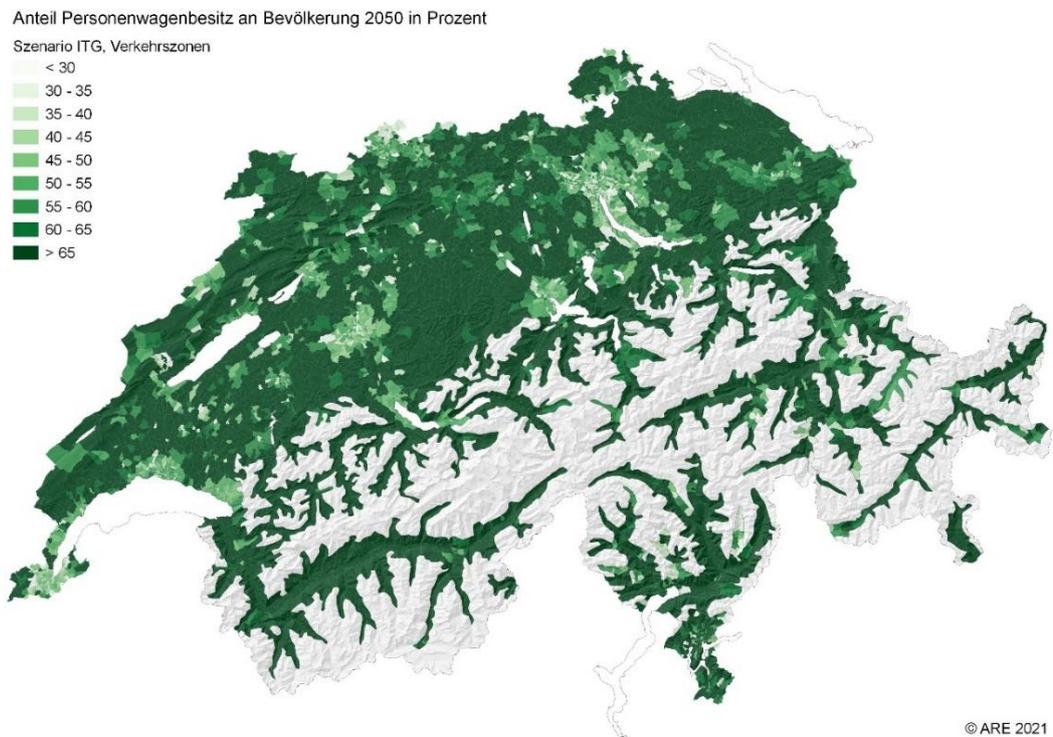


Abbildung 141: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario ITG
prozentualer Anteil für das Jahr 2050

Güterverkehr

Entwicklung im Überblick

Mit den Annahmen im ITG-Szenario steigen sowohl das Aufkommen als auch die Verkehrsleistung im Güterverkehr bis 2050 kontinuierlich an. Im Jahr 2050 werden 616 Mio. Tonnen zu transportieren sein, das sind 176 Mio. Tonnen mehr als noch 2017 (+40%). Die Verkehrsleistung im Jahr 2050 wird 39.3 Mrd. Tonnenkilometer betragen, das sind 44% mehr als im Jahr 2017 (27.3 Mrd. Tonnenkilometer).

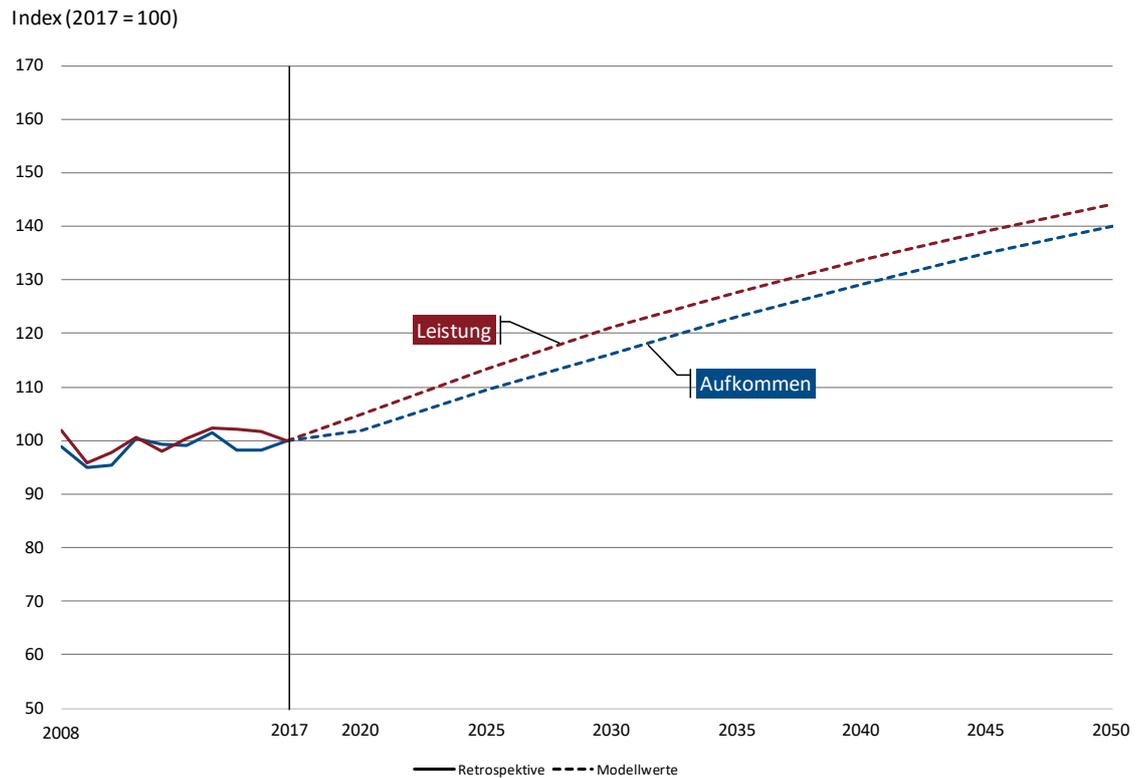


Abbildung 142: Güterverkehrsaufkommen und -leistung - Szenario ITG; Index: 2017=100

Entwicklung nach Warengruppe

Im ITG-Szenario wird das Güterverkehrsaufkommen in den meisten Warengruppen deutlich zunehmen. Grosse Zuwächse werden vor allem in den Warengruppen Chemie und Kunststoffe (+86%), Landwirtschaft (+78%), Abfälle (+71%) und Stück- und Sammelgut (+65%) erwartet. Auch das Aufkommen in den Warengruppen Baustoffe, Glas (+44%), Halb- und Fertigwaren (+38%) sowie Nahrungsmittel (+36%) wird um mehr als ein Drittel steigen. Etwas verhaltener fällt das Wachstum in den Warengruppen Erze, Steine und Erden (+24%) sowie Metalle und Halbzeug (+17%) aus. Einen Rückgang des Aufkommens wird es nur bei den Energieträgern (-60%) geben.

Den grössten absoluten Aufkommenszuwachs wird es bei den Stück- und Sammelgütern geben, mit 163 Mio. transportierten Tonnen (+64 Mio. Tonnen gegenüber 2017) wird diese Warengruppe im Jahr 2050 die aufkommensstärkste sein.

Güterverkehrsaufkommen (Mio. Tonnen)

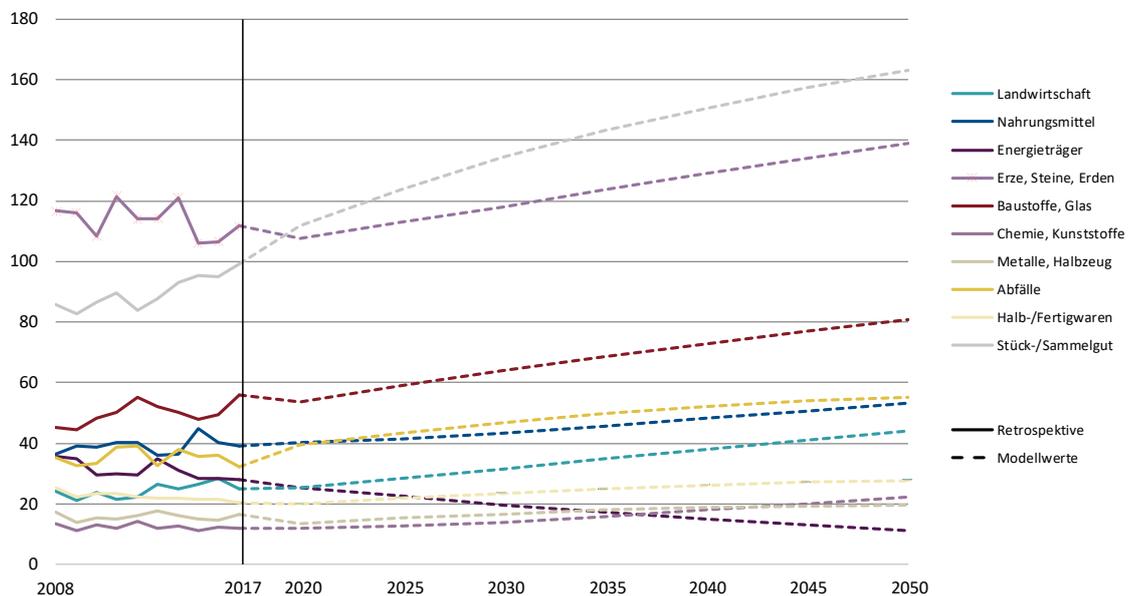


Abbildung 143: Güterverkehrsaufkommen nach Warengruppe - Szenario ITG

Die Entwicklung der Verkehrsleistung nach Warengruppe wird ähnlich zur Entwicklung der Aufkommen erwartet. Die deutlichsten Zuwächse wird es bei den Warengruppen Landwirtschaft (+79%), Chemie und Kunststoffe (+67%), Stück- und Sammelgut (+63%) sowie Abfälle (+59%) geben. Auch die Verkehrsleistungen in den Warengruppen Baustoffe, Glas (+38%), Nahrungsmittel (+29%) sowie Metalle und Halbzeug (+16%) steigen an. Etwas grössere Unterschiede zur Entwicklung des Aufkommens gibt es in der Warengruppen Erze, Steine und Erden (+37%, deutlich grössere Steigerung als beim Aufkommen) und bei den Halb- und Fertigwaren (+19%, deutlich geringere Steigerung als beim Aufkommen). Die Verkehrsleistung in der Warengruppe Energieträger wird deutlich zurückgehen (-56%).

Entwicklung nach Verkehrsart

Die Güterverkehrsleistung aller Verkehrsarten wird im ITG-Szenario deutlich zunehmen. Im Binnenverkehr werden im Jahr 2050 20.2 Mrd. Tonnenkilometer transportiert werden, das sind 45% mehr als im Jahr 2017 (14.0 Mrd. Tonnenkilometer). Im Transit bedeuten 10.6 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050 eine Steigerung von 37% gegenüber 2017 (7.7 Mrd. Tonnenkilometer). Die Werte bis 2040 sind auf die Ergebnisse des Berichtes «Verkehrsentwicklung im alpenquerenden Güterverkehr infolge Fertigstellung der NEAT» (Greinus and Ickert, 2019) abgestützt, welcher bis 2030 eine deutliche und anschliessend eine leichte Zunahme prognostiziert. Beim Import und Export fallen die Steigerungen mit 54% bzw. 52% noch deutlicher aus. Hier werden im Jahr 2050 5.5 bzw. 3.0 Mrd. Tonnenkilometer erreicht (2017: 3.6 bzw. 2.0 Mrd. Tonnenkilometer).

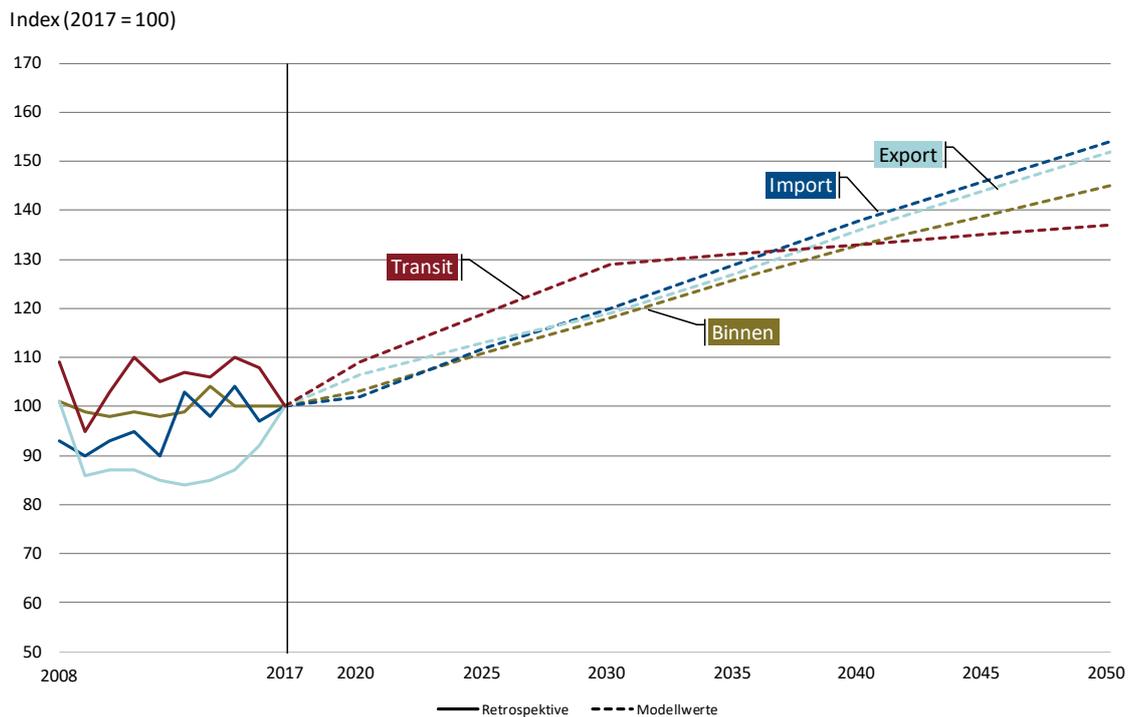


Abbildung 144: Güterverkehrsleistung nach Verkehrsarten - Szenario ITG

Entwicklung nach Modus

Mit Blick auf die Verkehrsträger sind im ITG-Szenario nur leichte Veränderungen zu beobachten. Die Strasse bleibt bis zum Jahr 2050 der Verkehrsträger mit der höchsten Nachfragemenge. Der Anteil am Aufkommen vergrössert sich von 83.5% im Jahr 2017 auf 85.0% im Jahr 2050. Bei der Schiene steigt der Anteil am Aufkommen von 13.7% im Jahr 2017 auf 14.5% im Jahr 2030, geht dann bis 2050 wieder auf 13.6% zurück. Einen leichten Rückgang gibt es bei der Binnenschifffahrt: Hier geht der Anteil am Aufkommen von 1.3% im Jahr 2017 auf 0.9% im Jahr 2050 zurück. Deutlicher ist der Rückgang bei den Rohrfernleitungen. Hier sinkt der Anteil am Aufkommen von 1.5% im Jahr 2017 auf 0.5% im Jahr 2050. Dies ist mit dem Rückgang des Aufkommens in der Warengruppe der Energieträger zu erklären.

Insgesamt werden auf der Strasse im Jahr 2050 523.6 Mio. Tonnen transportiert, dies entspricht einem Zuwachs von 42.6% gegenüber 2017. Der Grossteil dieses Aufkommens wird von schweren Nutzfahrzeugen transportiert: 477.6 Mio. Tonnen entsprechen 77.6% des Gesamtaufkommens im Jahr 2050 (2017: 340 Mio. Tonnen, 77.3% des Gesamtaufkommens). Auf die leichten Nutzfahrzeuge entfallen im Jahr 2050 46.0 Mio. Tonnen, das sind 7.5% des Gesamtaufkommens (2017: 28 Mio. Tonnen, 6.3%).

Auf der Schiene werden im Jahr 2050 83.9 Mio. Tonnen transportiert (+39.3% gegenüber 2017), davon 41.6 Mio. Tonnen im WLW, 40.5 Mio. Tonnen im UKV und 1.8 Mio. Tonnen auf der RoLa. Damit wird sich das Aufkommen im UKV gegenüber 2017 fast verdoppeln (2017: 21.7 Mio. Tonnen), im WLW ist ein leichter Anstieg zu verzeichnen (2017: 37.7 Mio. Tonnen). Auf der RoLa (2017: 1.6 Mio. Tonnen) wird es nur sehr kleine Änderungen geben.

Auch in der Binnenschifffahrt wird es keine grossen Veränderungen bis zum Jahr 2050 geben. Das Aufkommen wird im Jahr 2050 wie schon im Jahr 2017 zwischen 5 und 6 Mio. Tonnen liegen (-6.7%). Die Prognosen sind auf Basis der Daten des Jahres 2018 erfolgt. Aufgrund des langanhaltenden Niedrigwassers am Rhein war das Aufkommen im Jahr 2018 deutlich geringer als im Vorjahr (-19%). Ab 2018 prognostiziert das Modell für das ITG-Szenario einen leichten Anstieg bis im Jahr 2050.

Bei den Rohrfernleitungen sinkt das Aufkommen zwischen 2017 und 2050 von 6.4 auf 2.8 Mio. Tonnen (-56.6%).

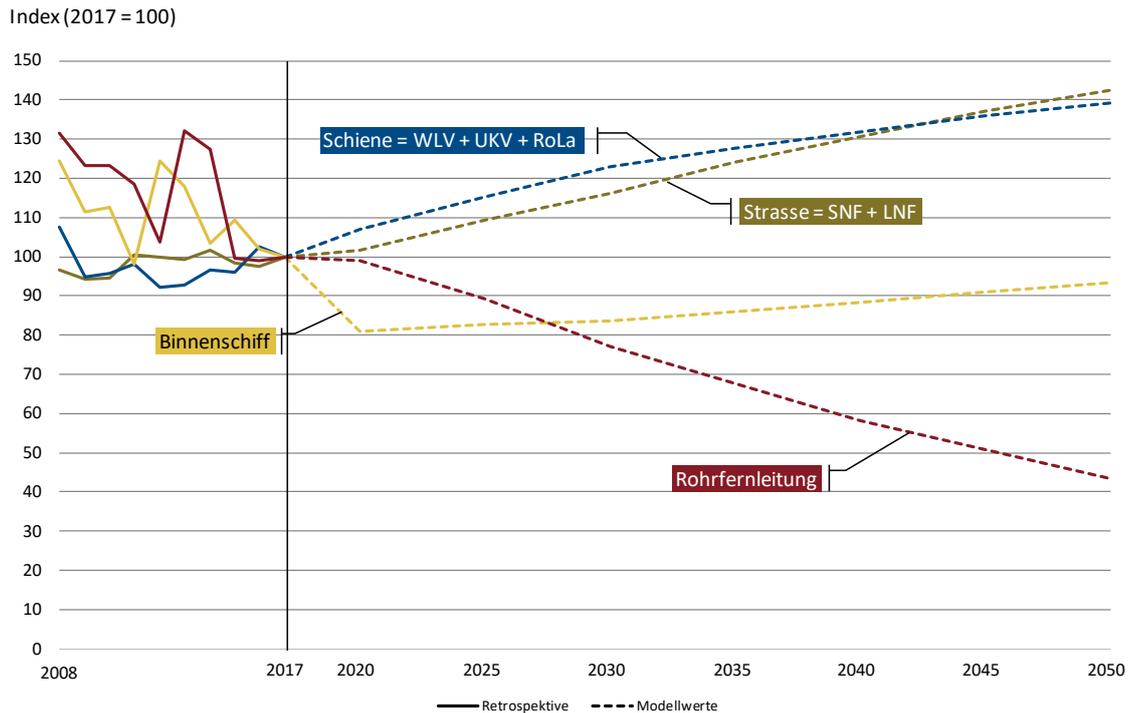


Abbildung 145: Güterverkehrsaufkommen nach Modus - Szenario ITG

Im Vergleich mit dem Aufkommen entfällt bei der Verkehrsleistung ein grösserer Anteil auf die Schiene. Betrachtet man den bimodalen Modal Split, so werden im Jahr 2017 63.1% der Verkehrsleistung auf der Strasse und 36.9% auf der Schiene erbracht. Bis zum Jahr 2030 wird sich der Anteil der Schiene im ITG-Szenario auf 38.7% erhöhen, im Jahr 2050 wird er mit 36.3% wieder etwas niedriger liegen.

Dabei wird sich die auf der Strasse erbrachte Verkehrsleistung von 17.2 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2017 auf 25.0 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050 erhöhen, das entspricht einer Steigerung von 45%. Die auf der Schiene erbrachte Verkehrsleistung wird um 42% von 10.1 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2017 auf 14.3 Mrd. Tonnenkilometer im Jahr 2050 steigen.

Entwicklung der Fahrleistung

Bei der Entwicklung der Fahrleistung der leichten Nutzfahrzeuge wird es im ITG-Szenario keine grossen Unterschiede zur Entwicklung der entsprechenden Verkehrsleistung geben. Die Fahrleistung der leichten Nutzfahrzeuge wird im Jahr 2050 bei 10.3 Mrd. Fahrzeugkilometern liegen. Das entspricht einer Steigerung von 61.7% gegenüber den 6.3 Mrd. Fahrzeugkilometern im Jahr 2017 (Verkehrsleistung: ebenfalls +65.3%, d.h. die mittlere Auslastung der Fahrzeuge bleibt etwa auf dem Niveau des Jahres 2017).

Die Entwicklung der Fahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge wird leicht oberhalb des Verkehrsleistungswachstums erwartet. 3.7 Mrd. Fahrzeugkilometer im Jahr 2050 bedeuten eine Zunahme von 51.0% gegenüber den 2.4 Mrd. Fahrzeugkilometern im Jahr 2017 (Verkehrsleistung: +44.4%, d.h. die mittlere Auslastung der Fahrzeuge wird abnehmen).

Personenverkehr

Entwicklung im Überblick

Die jährlichen Verkehrsleistungen im Personenverkehr steigen zwischen 2017 und 2050 von 124.6 auf 144.2 Mrd. Personenkilometer, d.h. gesamthaft um 15.7%. Das höchste relative Wachstum weist der Veloverkehr auf (+78.1%). Der Fussverkehr nimmt um 22.9% zu. Der ÖV weist mit +4.0% ein deutlich niedrigeres Wachstum auf als der PW mit +16.8%. Die ÖV-Verkehrsleistung steigt im Schienennetz (+5.1%), während sie im Nahverkehr praktisch stagniert (-0.3%).

Als Folge der modalen Verkehrsleistungsentwicklungen erhöht sich der Anteil des PW am Modal Split bei den Verkehrsleistungen von 73.1% im Jahr 2017 auf 73.8% im Jahr 2050 (+0.7%-P.). Zunahmen werden auch für den Fuss- (+0.2%-P.) und den Veloverkehr (+1.2%-P.) prognostiziert. Der Anteil des ÖVs nimmt hingegen ab (-2.1%-P.).

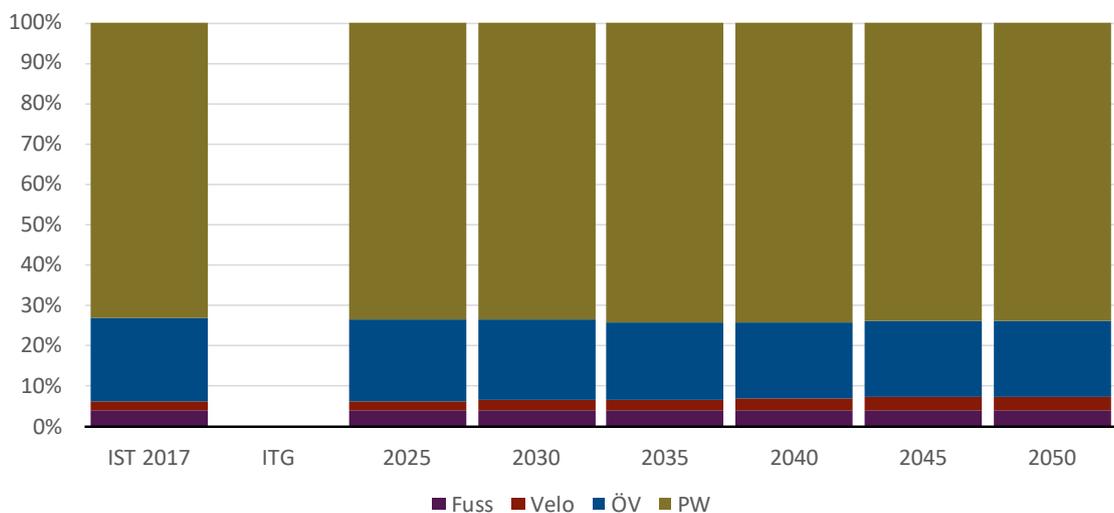


Abbildung 146: Modale Verkehrsleistung Personenverkehr – Szenario ITG

Entwicklung nach Verkehrszweck

Die Entwicklung nach Verkehrszwecken zeigt für sämtliche Zwecke eine Zunahme der Wegezahl. Die Zunahmen reichen von +7.2% (Zweck Einkaufen) bis +43.0% (Zweck Freizeit). Dazwischen liegen die Steigerungen für die Zwecke Arbeit (+9.2%), Nutzfahrt (+12.2%) und Bildung (+13.1%).

Wegeaufkommen im Modal Split

Das Wegaufkommen steigt von 2017 bis 2050 um 24.4%. Die Zunahme der Wege verteilt sich jedoch unterschiedlich auf die einzelnen Verkehrsmittel. So steigt der Anteil des Velos am Modal-Split von 8.7% auf 11.1%. Der Anteil der anderen Verkehrsarten am Modal-Split nimmt hingegen ab. Den höchsten Rückgang erfährt der ÖV (von 13.1% auf 11.5%), gefolgt von PW (von 45.6% auf 45.0%) und dem Fussverkehr (von 32.6% auf 32.4%).

Fahrleistung Strassennetz

Für den Strassenverkehr (PW & Strassengüterverkehr) wird eine Zunahme der Fahrleistung um 26.7% prognostiziert. Die Zunahme der Fahrleistung unterscheidet sich zwischen den verschiedenen Fahrzeugarten. Sie ist bei den Lieferwagen am höchsten (+61.7%) und beim PW am geringsten (+22.2%). Die Steigerungen der Fahrleistung betragen für LW +42.3% und für LZ +59.4%. Aufgrund der zunehmenden Nutzung automatisierter Fahrzeuge wird für alle vier Fahrzeugarten ein Rückgang der Fahrleistung der konventionellen Fahrzeuge prog-

nostiziert, welche durch die steigende Zahl automatisierter Fahrzeuge und die von ihnen erbrachte Fahrleistung jedoch mehr als ausgeglichen wird. Wird die Entwicklung der Fahrleistung nach den Schweizer Nationalstrassen und den restlichen Strassen in der Schweiz differenziert, zeigt sich, dass die Fahrleistung in beiden Kategorien zunimmt, im restlichen Netz jedoch leicht stärker als im Nationalstrassennetz (+26.2% im Nationalstrassennetz gegenüber 27.2% im restlichen Netz). Die Fahrleistung der Lastwagen und Lastzüge nimmt dabei auf den Nationalstrassen stärker zu als auf den anderen Strecken. Für die Liefer- und die Personenwagen wird das Gegenteil prognostiziert: Ihre Fahrleistung nimmt auf den Nationalstrassen weniger stark zu als im restlichen Strassennetz.

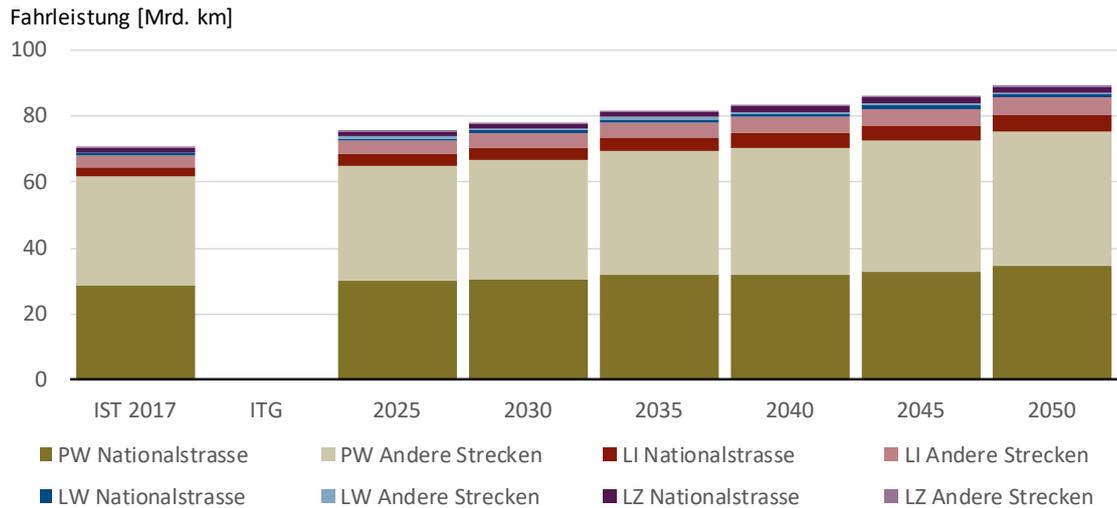


Abbildung 147: Fahrleistung Strassennetz – Szenario ITG

Entwicklung Strassen- und Schienennetz

Im Szenario ITG erfahren sämtliche wichtigen Strassen in der Schweiz eine Zunahme der Verkehrsbelastung (Abbildung 148) in PW-Einheiten (siehe Erläuterungen zu den PW-Einheiten im WWB). Nicht nur in den Agglomerationen sowie auf den diesen verbindenden Achsen wird die Belastung bis 2050 merklich zunehmen, sondern auch in den durch lokalen Quell-Zielverkehr geprägten Zwischenräumen (z.B. im Kanton Waadt südlich des Neuenburgersees, Kanton Thurgau).

Dieses starke Wachstum, auch in Zwischenräumen, ist auf die Wirkungen der mit dem Szenario ITG verbundenen Raumentwicklung sowie der Annahmen zurückzuführen. Der steigende Mobilitätsbedarf (Zunahme Anzahl Wege pro Person, ITG mit höchstem Gesamtwegeaufkommen aller Szenarien), die raumstrukturellen Veränderungen und die verkehrspolitischen Massnahmen bzw. Entwicklungen (Reduktion der Subventionsbereitschaft im ÖV, eine ggü. heute Vergünstigung der Mobilitätskosten im Vergleich zum ÖV, eine höhere PW-Verfügbarkeit) führen zu Zunahmen im Individualverkehr und einer modalen Verschiebung zum Auto.

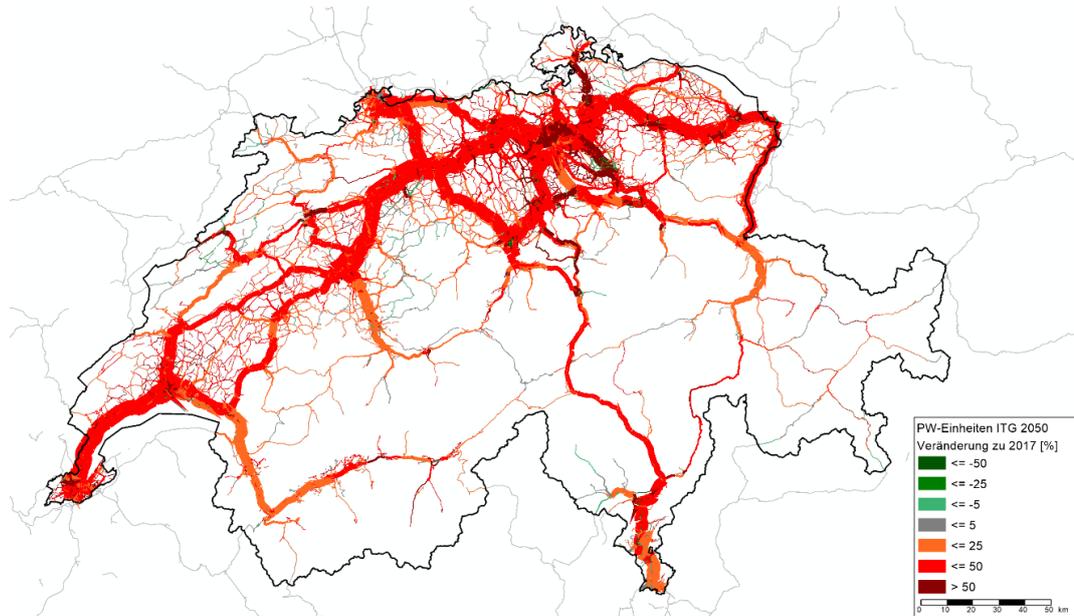


Abbildung 148: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Gesamt-Schweiz

In den Abbildungen 149 bis 154 sind die verkehrlichen Entwicklungen für die sechs Teilräume detailliert dargestellt. In keinem Teilraum ist eine massgebliche Entlastung zu erkennen. Die Entlastungen in Lausanne (Hauptstrasse 1) und Bellinzona (Umfahrung) fallen kaum ins Gewicht. Die lokal entlastenden Wirkungen von Aus- und Neubauprojekten werden durch die zunehmende Mobilität auf der Strasse überkompensiert (z.B. Rheintunnel in Basel).

Die Strecken mit hohen Zusatzbelastungen gegenüber 2017 bleiben nicht auf die Nationalstrassen beschränkt, sondern auch die nachgeordneten Netze sind durch hohe Verkehrszunahmen geprägt.

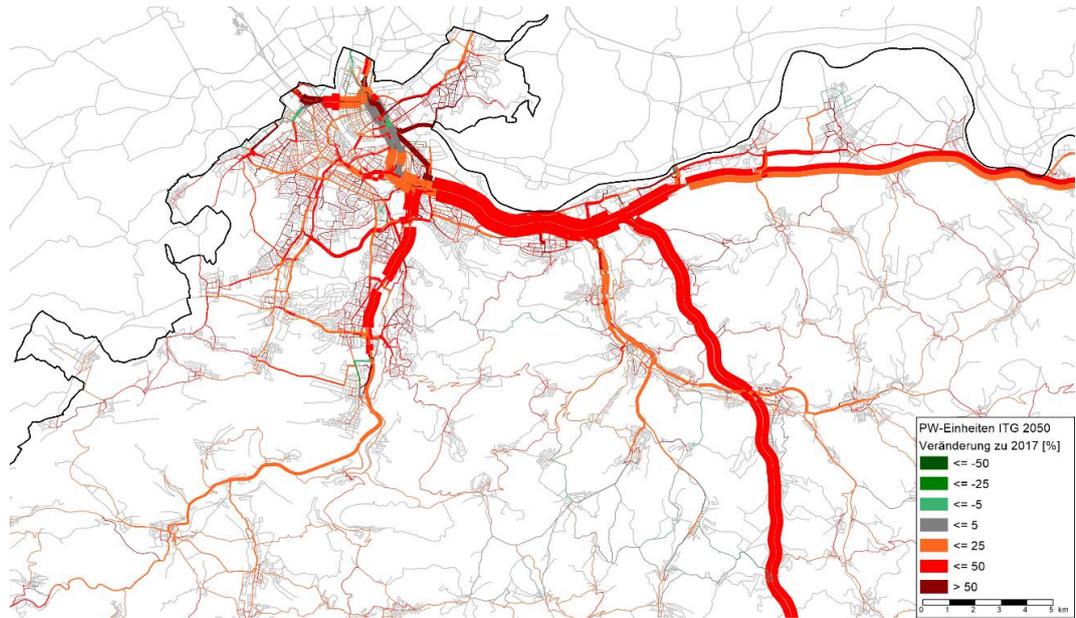


Abbildung 149: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Basel

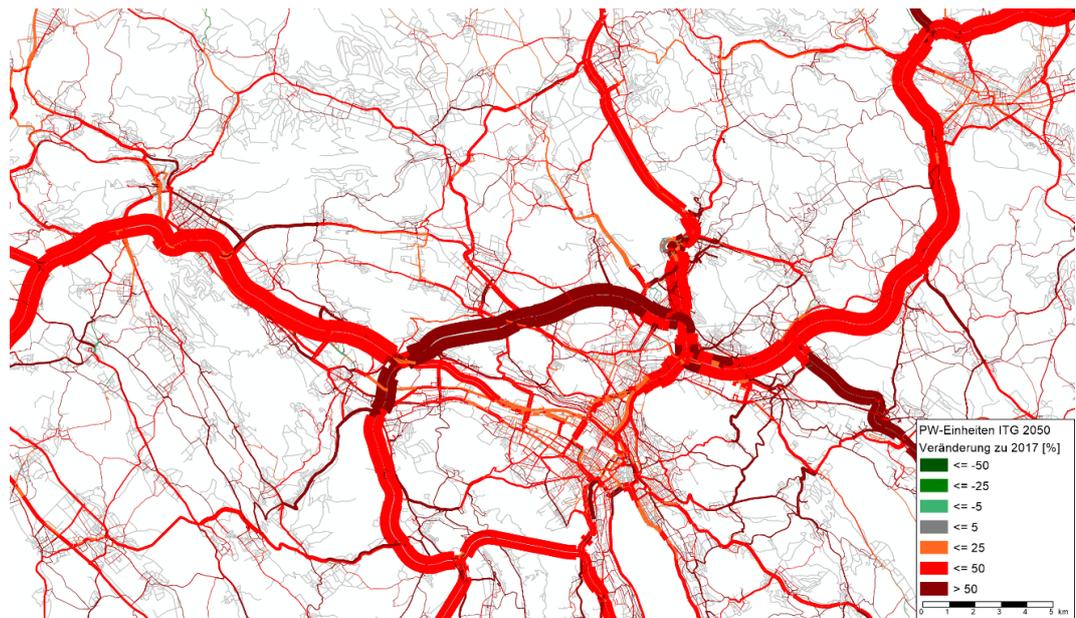


Abbildung 150: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Zürich

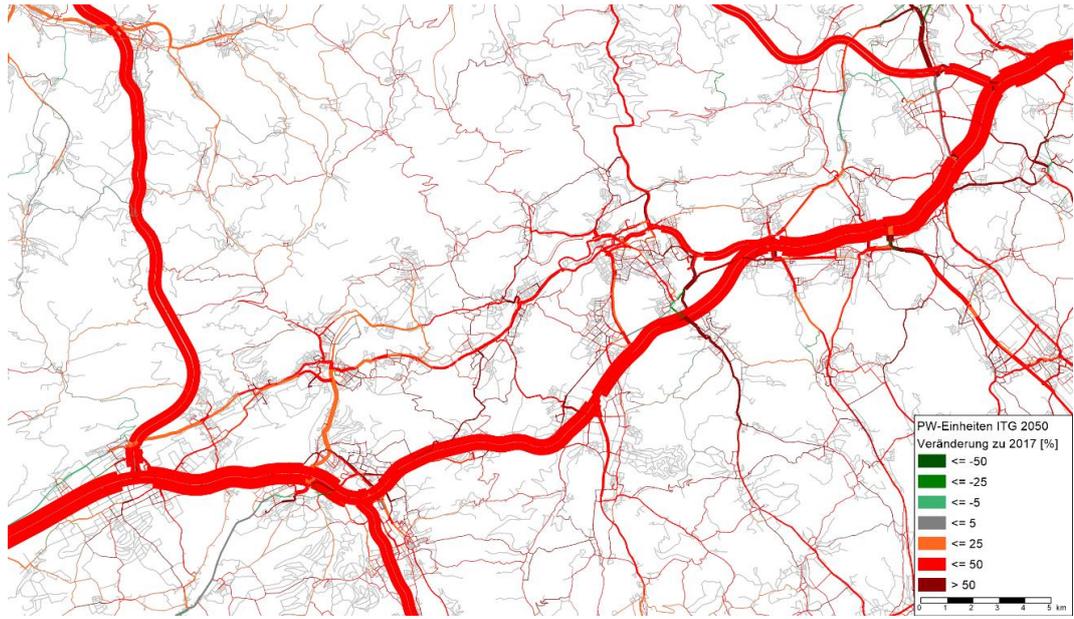


Abbildung 151: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Aarau & Olten

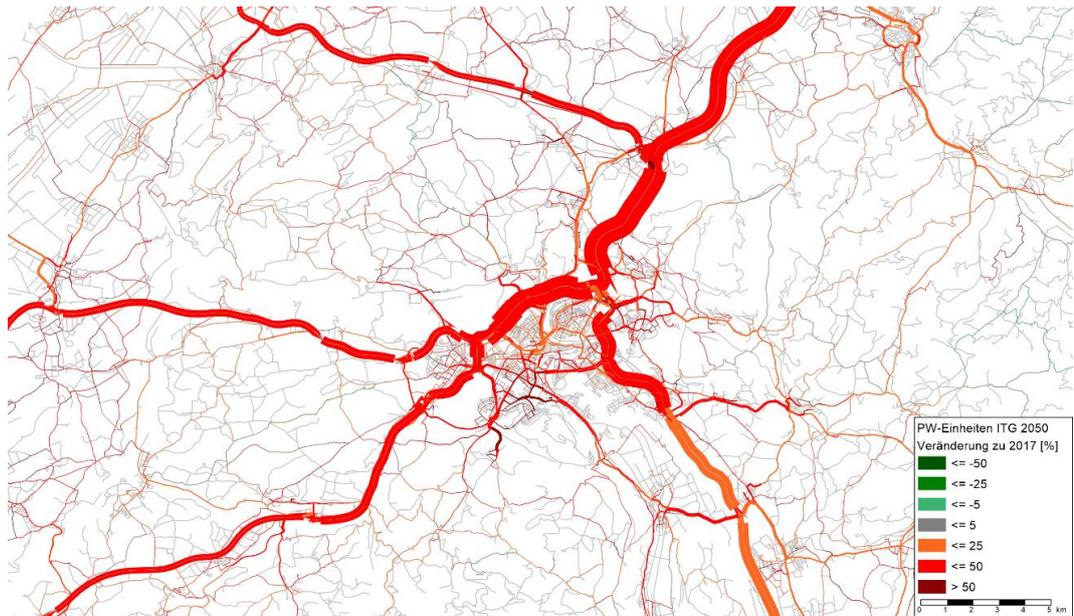


Abbildung 152: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Bern

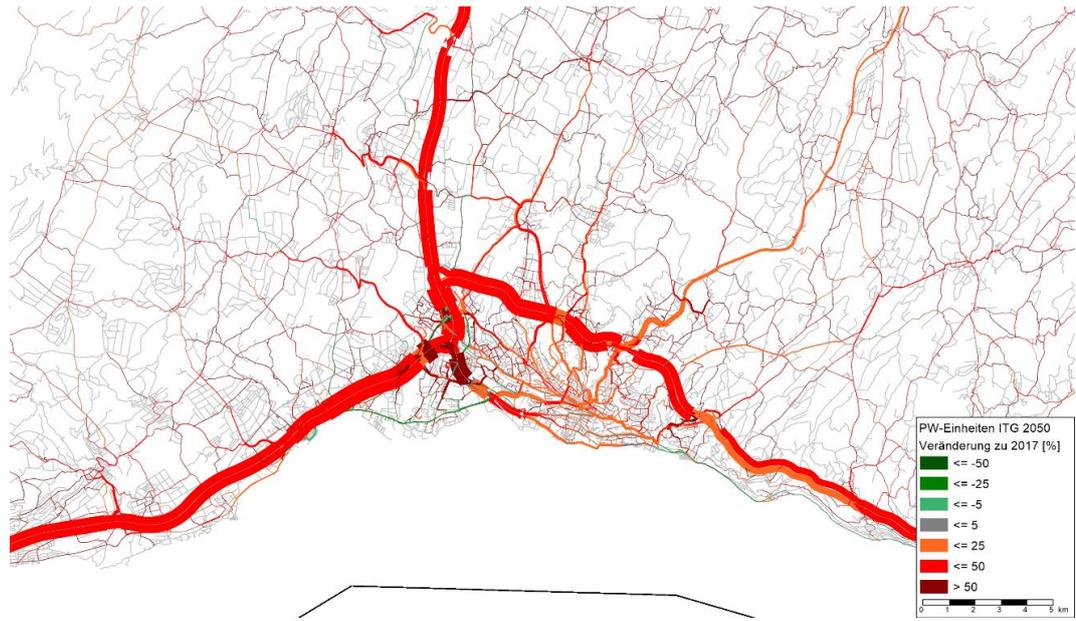


Abbildung 153: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Lausanne

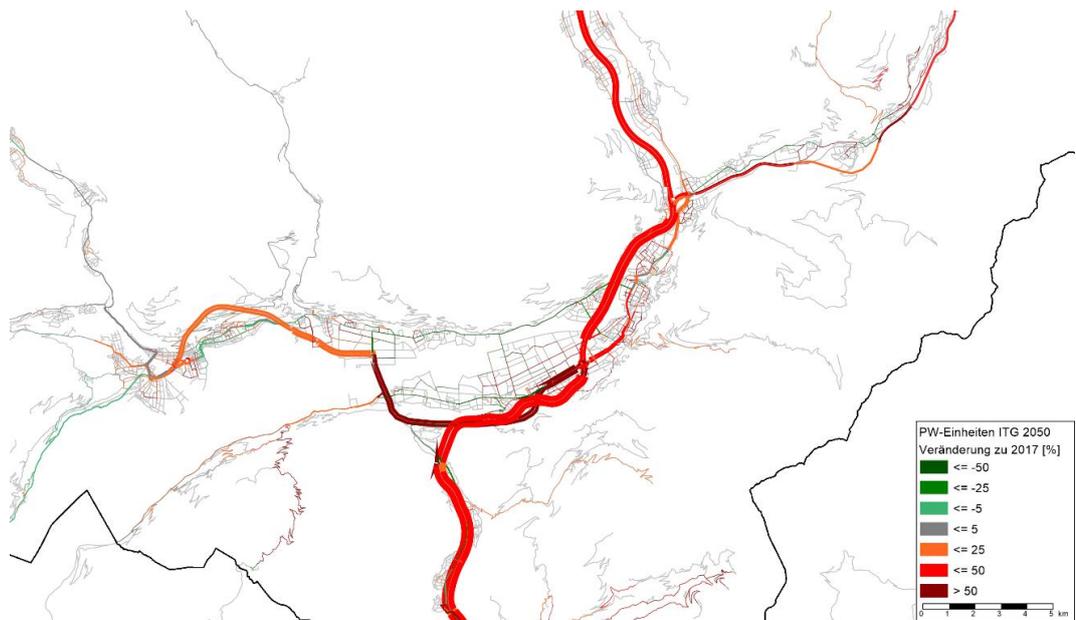


Abbildung 154: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Bellinzona

In Abbildung 155 werden die HLS und HVS Strassenelemente hervorgehoben, welche durch eine hohe Auslastung gekennzeichnet sind. Nahezu alle wichtigen Netzabschnitte sind durch eine deutliche Überlastung (< 120%) geprägt. Vor allem in den städtischen Räumen Genf, Basel und Zürich scheint es, dass der Strassenverkehr bereits alle möglichen Ausweich- und Umfahrungsrouten genutzt hat. Auch diese Achsen des nachgeordneten Netzes werden überlastet und Einschränkungen in der Leistungsfähigkeit der lokalen Netze beobachtet.

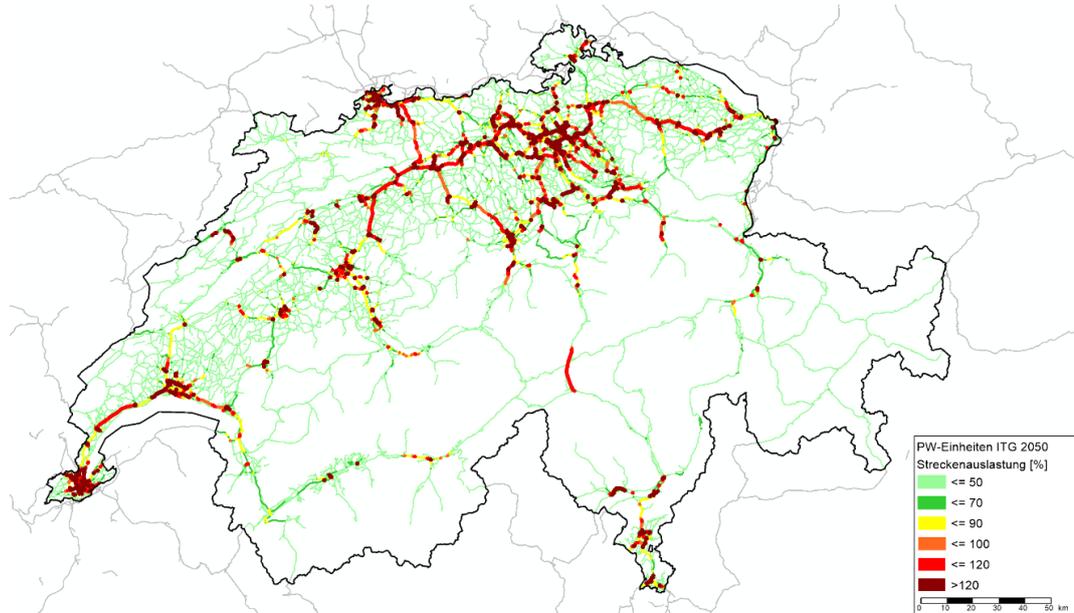


Abbildung 155: Auslastung HLS + HVS 2050 – Szenario ITG – Gesamt-Schweiz

Entgegen dem Strassenverkehr zeigt sich in der Entwicklung der ÖV-Passagiere auf dem Schienennetz (Abbildung 156) im Szenario ITG ein differenziertes Bild. Nur wenige Netzelemente sind durch eine Verkehrszunahme geprägt. Sie beschränken sich auf die Räume Genf, Basel und Zürich, welche auch die genannten Netzüberlastfälle im gesamten Strassenverkehr aufweisen. Ebenfalls steigt die ÖV-Passagieranzahl auf der Nord-Süd-Achse (Gotthard). In den anderen Netzbereichen stagniert die Fahrtenanzahl (Relation Basel – Zürich) oder sinkt sogar (Olten – Bern).

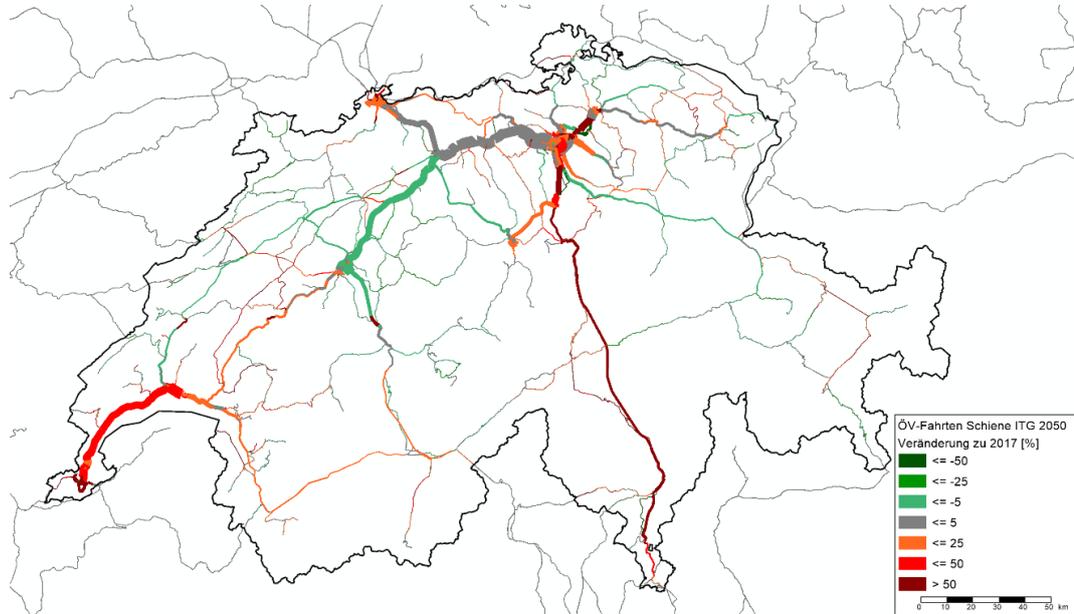


Abbildung 156: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Gesamt-Schweiz

In den regionalen Teilausschnitten (Abbildung 157 bis 162) wird diese Veränderung im Personenverkehr auf der Schiene im Detail sichtbar.

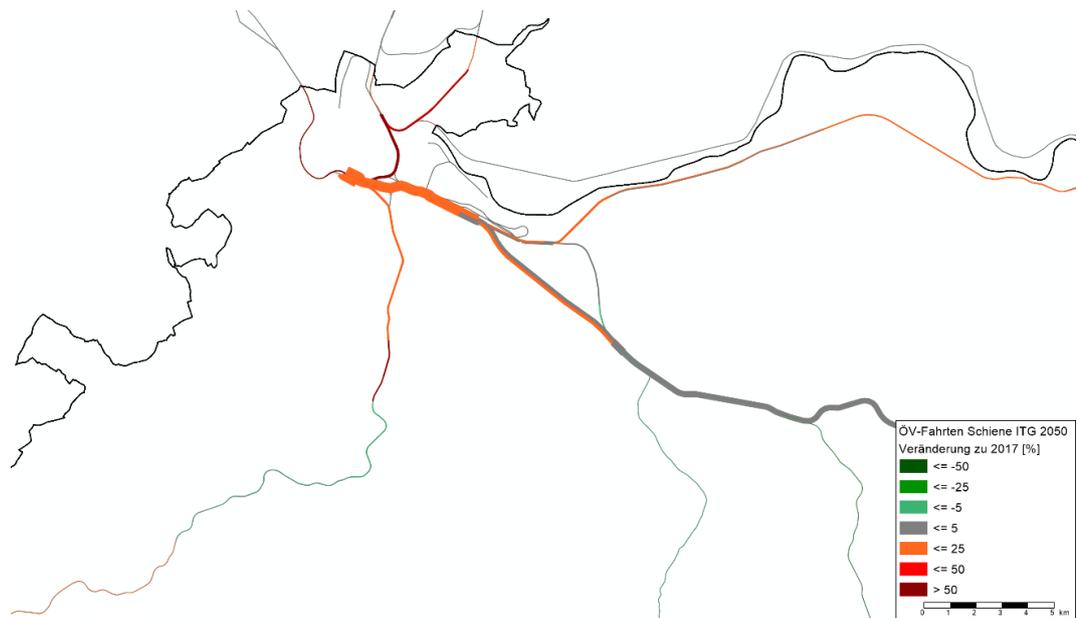


Abbildung 157: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Basel

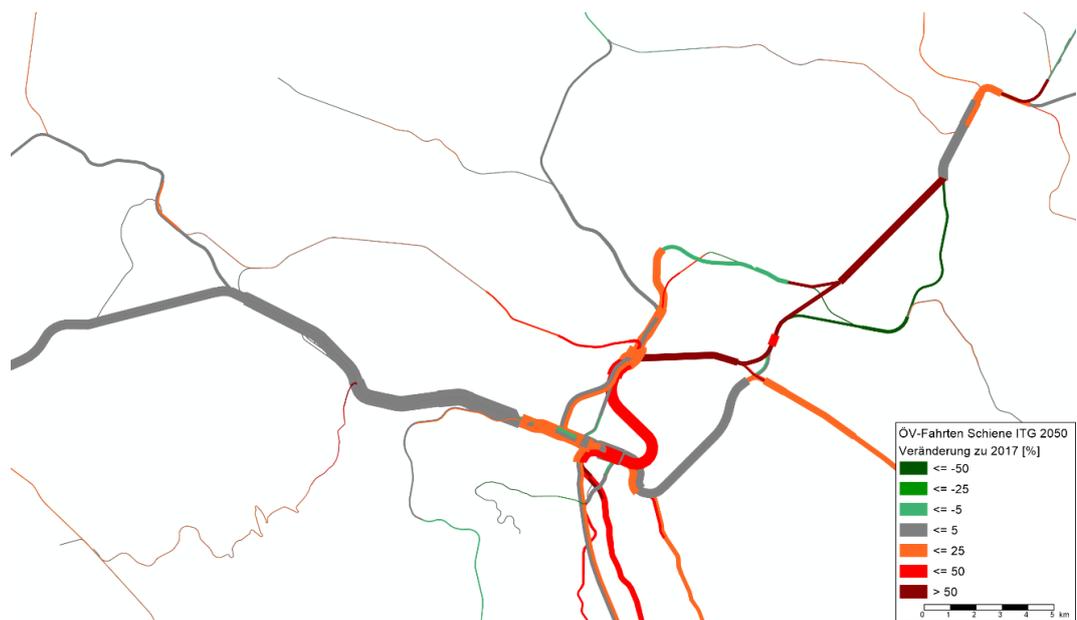


Abbildung 158: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Zürich

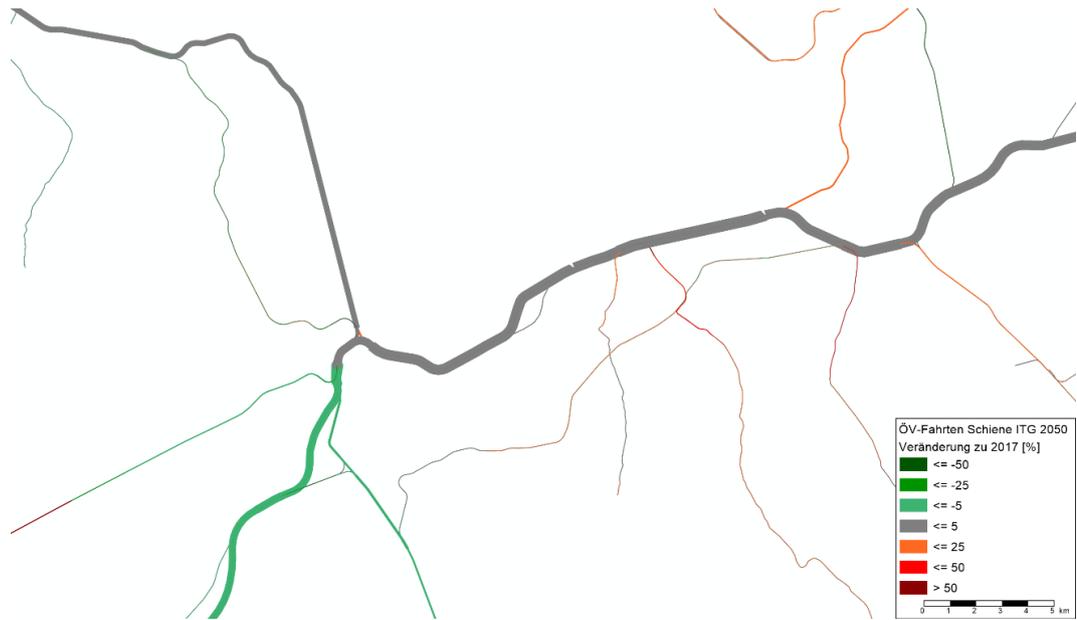


Abbildung 159: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Aarau & Olten



Abbildung 160: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Bern

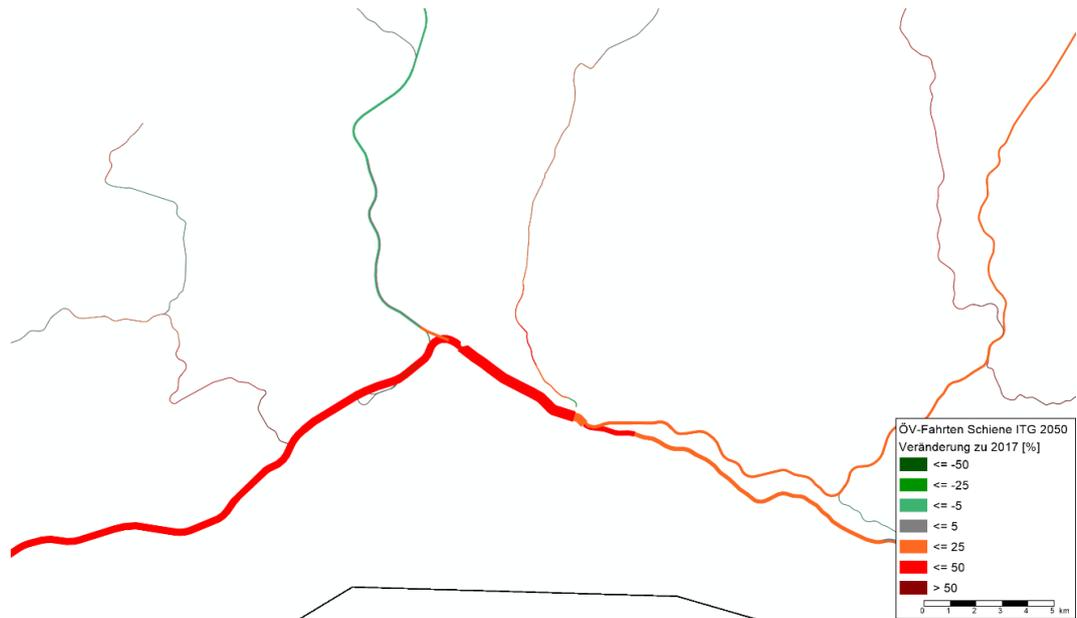


Abbildung 161: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Lausanne

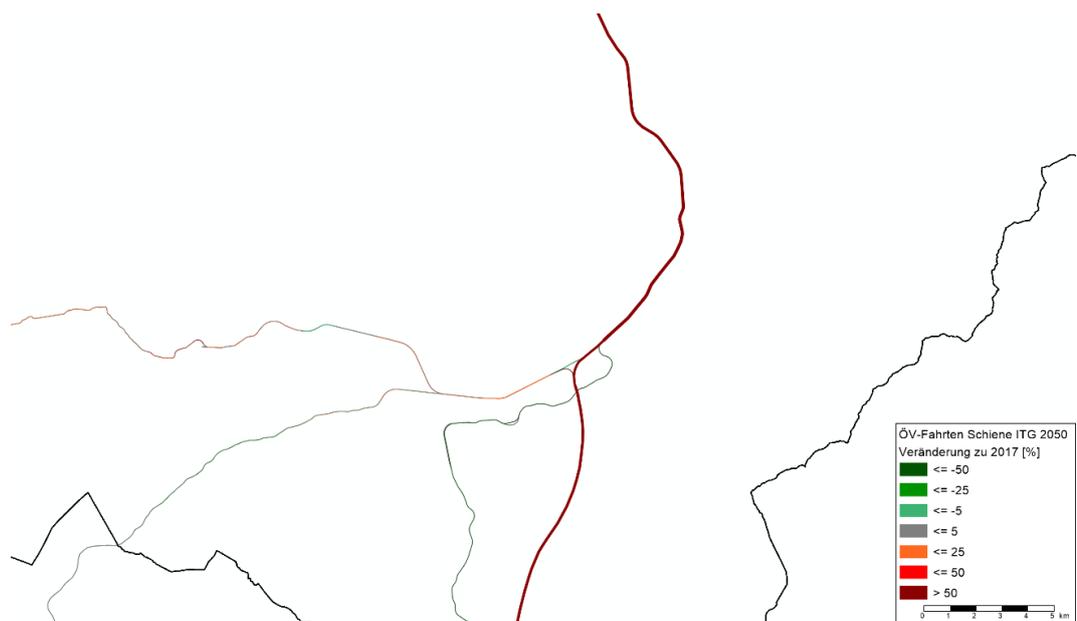


Abbildung 162: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Bellinzona

5.6. Ergebnisse der Szenarien im Vergleich

Die Ergebnisse der VP weisen über die vier betrachteten Szenarien einen Fächer der bis 2050 erwarteten Verkehrsentwicklung auf. Die Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung bleiben Treiber eines sowohl im Personen- wie Güterverkehr über alle Szenarien erwarteten Verkehrswachstums. Gleichzeitig verdeutlichen die VP, dass gesellschaftliche Veränderungen und planerische Einflussnahme Chancen bieten dieses Wachstum in Höhe und Aufteilung nach Verkehrsmitteln zu steuern.

Die Verkehrsentwicklung im Szenario BASIS

Im Personenverkehr ist eine wichtige Erkenntnis aus dem Szenario BASIS, dass eine Entkopplung des Bevölkerungs- und Verkehrswachstums möglich ist. Einer Bevölkerungsentwicklung von 21% zwischen 2017 und 2050 steht eine Zunahme der Gesamtverkehrsleistung von 11% im gleichen Zeitraum gegenüber. Voraussetzung dafür sind die Umsetzung einer Raumplanung, die konsequent auf eine Siedlungsentwicklung nach Innen an gut erschlossenen Lagen setzt sowie eine weiterentwickelte Verkehrspolitik. Zudem spielen die demographische Alterung und Verhaltensänderungen eine Rolle: Die VP gehen davon aus, dass sich die durch die Corona-Pandemie ausgelöste Dynamik im Bereich des Homeoffice verstetigt. Weniger (lange) Arbeitswege und stattdessen eine Zunahme an Freizeitwegen, die zu Fuss oder mit dem Velo realisiert werden, senken die Verkehrsleistung.

Im Güterverkehr steigt im Szenario BASIS die Transportleistung zwischen 2017 und 2050 um 31% bei gleichzeitiger Zunahme des Bruttoinlandprodukts von 57%. Ein wichtiger Grund dafür ist die Fortführung des Güterstruktureffekts, d.h. dem Trend zu kleineren Sendungsgrößen. So nehmen die Fahrleistungen des Lieferwagenverkehrs zwischen 2017 und 2050 mit einem Plus von 53% dynamisch zu. Grund dafür ist u.a. die mit der Pandemie beschleunigte Dynamik des Online-Handels. Folglich wird ein Teil der sinkenden Leistung im privaten motorisierten Personenverkehr durch Zuwächse im Strassengüterverkehr kompensiert.

Die für das Szenario BASIS genannten Aspekte üben einen wichtigen Einfluss auf die Resultate in allen Szenarien aus. Dennoch stellen sie nur einen Ausschnitt der berücksichtigten Entwicklungen und getroffenen Annahmen dar. Es ist eine Charakteristik der VP-Szenarien komplexe, d.h. vielfältige und sich sowohl verstärkende wie kompensierende Annahmen zu setzen und deren Wirkung aufzuzeigen. Gleichwohl gilt, dass einzelne Annahmen stärker wie andere wirken oder Brüche in der Langfristentwicklung in Verbindung zu bringen sind mit einer Massnahme, die ab einem spezifischen Zeitpunkt wirkt.

Eigenschaften der VP-Szenarien

Nachfolgend werden für die VP-Szenarien, zunächst mit Fokus auf den Personenverkehr, dann anschliessend für den Güterverkehr, zentrale Eigenschaften genannt sowie spezifische Unterschiede zwischen den Szenarien hervorgehoben.

WWB: Die bis 2050 erwarteten 10.4 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner verteilen sich ähnlich wie heute auf den städtischen, intermediären und ländlichen Raum. Etwa 2 von 3 der zwischen 2017 und 2050 zusätzlichen 1.8 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner leben im städtischen Raum. Im Szenario bleiben viele der verkehrlichen Stellgrößen auf den Werten für 2017 bestehen. Beispielsweise ändern Parksuchzeiten und Parkkosten nicht, die Verbreitung von Mobilitätswerkzeugen (PW und ÖV-Abo) bleibt sehr ähnlich und die Kosten zur Nutzung eines PW oder des ÖV sind vergleichbar zu heute. Das Homeoffice wird eher zurückhaltend genutzt (Homeoffice-fähige Arbeiten werden zu einem Viertel von zu Hause erledigt). In Folge dieser «Fortschreibung» des Heute entwickelt sich die Verkehrsleistung mit +20% fast identisch zur Bevölkerungsentwicklung. Das WWB weist die höchste Gesamtverkehrsleistung aller Szenarien aus.

BASIS: 2050 konzentriert sich die Bevölkerung stärker als heute im städtischen Raum. Etwa 4 von 5 der zusätzlichen 1.8 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner leben im städtischen Raum. Das Szenario basiert auf den planerischen Grundsätzen des Sachplans Verkehrs «Raum und Mobilität 2050» und geht somit einen Schritt weiter als WWB. Homeoffice-fähige Arbeiten werden in 2050 zur Hälfte aus dem Homeoffice erledigt. E-Bikes und der Veloverkehr allgemein gewinnen stark an Bedeutung. On-Demand-Verkehre (im Sinne von flexibel bestellbaren Rufbussen) etablieren sich und erlangen ab 2035 einen gewissen Anteil an der Verkehrsleistung. In WWB und BASIS identisch wirken die Annahmen zur Automatisierung der Fahrzeugflotte. Der Besetzungsgrad der Personenwagen bleibt ebenfalls in beiden Szenarien unverändert zu heute. Ein wichtiger Unterschied zu WWB besteht in den sich ändernden Mobilitätskosten: Eine anteilige Internalisierung externer Kosten ab 2035 und eine leicht erhöhte Bereitschaft zur Subventionierung des ÖV verändern das Kostenverhältnis zu Gunsten des ÖV. Auch über steigende Parksuchzeiten und Parkkosten sowie mit Kostenänderungen verbundene Verschiebungen im PW-Besitz (nimmt ab) und ÖV-Abonnementsbesitz (nimmt zu) lösen modale Verlagerungen weg von der Strasse und hin zu ÖV, Fuss- und Veloverkehr aus. Im Szenario BASIS wird Verkehr somit stärker als im WWB vermieden und verlagert.

NTG: Hinsichtlich der Raumentwicklung wird von einer identischen Entwicklung wie in BASIS ausgegangen. Bei vielen Stellgrössen (Parken, Velo-Attraktivität, Besitzraten von PW und ÖV-Abos, Homeoffice) folgt deren Ausrichtung den Überlegungen des Szenario BASIS mit noch verstärkter Ausprägung. Im Bereich der Mobilitätskosten erhöht sich die Spreizung des Kostenverhältnisses zwischen Strasse und ÖV zu Gunsten des ÖV, auch aufgrund eines ab 2030 eingesetzten Mobility Pricings, welches die Kosten im Strassenverkehr stärker erhöht als für den ÖV. Im NTG ist die am stärksten elektrifizierte Fahrzeugflotte hinterlegt und Treibstoffe werden vollständig CO₂-neutral hergestellt (in Anlehnung an die EP2050+ , ZERO). Aufgrund höherer Besetzungsgrade der Personenwagen sinkt die Fahrleistung deutlich unter das Niveau von heute. Das NTG ist mit der niedrigsten Gesamtverkehrsleistung aller Szenarien v.a. ein Szenario, in dem Verkehr vermieden wird.

ITG: Punkto Raumentwicklung verteilen sich die bis 2050 erwarteten 10.4 Mio. Einwohner stärker als heute v.a. auf den intermediären und den ländlichen Raum. Nur etwa jeder zweite der zwischen 2017 und 2050 zusätzlichen 1.8 Mio. Einwohnerinnen und Einwohner lebt im städtischen Raum. Bei vielen Stellgrössen geht das ITG von zu NTG gegensätzlichen Entwicklungen aus: Die Velo-Attraktivität steigt analog zu WWB, das Arbeiten von zu Hause entwickelt sich weniger dynamisch (weil mehr von anderen Orten und unterwegs aus gearbeitet wird). Die Mobilitätskosten steigen für Strasse und ÖV, das Kostenverhältnis entwickelt sich zu Gunsten der Strasse. Grund dafür sind u.a. eine sinkende Subventionsbereitschaft für den ÖV und – analog zum WWB – keine steigenden Mobilitätskosten aufgrund einer Internalisierung externer Kosten. In Kombination mit einer ansteigenden Verfügbarkeit privater PW weist das ITG die höchsten Fahr- und Verkehrsleistungen auf der Strasse aus. Die eher dispersen Raumstrukturen favorisieren die Nutzung des eigenen PW, die ÖV-Leistungen stagnieren auf dem Niveau von heute. Das ITG ist das hinsichtlich der Entwicklung des Strassenverkehrs dynamischste Szenario.

Im **Güterverkehr** sind die Unterschiede zwischen den Szenarien geringer. Die Entwicklung von Aufkommen und Transportleistung werden massgeblich durch die Wirtschaftsentwicklung beeinflusst, die bei den VP aus den Branchenszenarien 2017-2060 abgeleitet ist. Mit Blick auf die Gesamtverkehrsleistung resultieren allein aus dem Branchenszenario TECHNO, welches Grundlage des Szenarios ITG ist, deutlich höhere Aufkommen und Transportleistungen als in WWB, BASIS und NTG. Unterschiede in der modalen Aufteilung der Transportleistung auf die Verkehrsträger Strasse und Schiene, auch zwischen WWB, BASIS und NTG gehen zurück auf divergierende Annahmen im Bereich der Transportkosten (inkl. der LSVA) und dem Potenzial Güter vor einem Umschlag auf die Schiene in Terminals zu bündeln. Vereinzelt erklären auch warengruppenspezifische Entwicklungen Ergebnisunterschiede: Der auslaufende Transport

von Energieträgern im NTG in 2050 führt zu Einbussen im Schienengüterverkehr. Von einer höheren Dynamik der Entwicklung des ohnehin sehr relevanten Segments der Stück- und Sammelgüter kann – eine geeignete Bündelung der Güter vorausgesetzt – der Schienengüterverkehr profitieren. Ein wichtiges Steuerungsinstrument bleibt die LSVA. Der Transitverkehr, der zwischen den Szenarien nicht variiert, bleibt mit einem Anteil an der Transportleistung von 37% für die Schweiz von sehr hoher Relevanz.

Spezifische Befunde und Unterschiede zwischen den Szenarien

Die unterschiedlichen Annahmen je Szenario erklären in der Regel gut die berechneten Fahr- und Verkehrsleistungen. Dennoch gibt es vereinzelte Entwicklungen, die weiterführender Erläuterungen bedürfen. Nachstehend werden exemplarisch einige solche Entwicklungen im Personenverkehr hervorgehoben und diskutiert.

Verkehrsleistung

Alle Szenarien weisen eine Abflachung bis Rückgang des Verkehrswachstums ab 2040 aus, woran liegt das?

Für alle Szenarien gilt, dass ab 2040 eine Verlangsamung des Bevölkerungswachstums wirkt. Nimmt die Bevölkerung zwischen 2020-2035 noch um ca. 4% alle 5 Jahre zu, sind es noch 2%-2.5% zwischen 2040 und 2050. Im Szenario NTG steigen die Kosten für die Nutzung der Personenwagen ab 2035 an über die Internalisierung externer Kosten und Zuschläge resultierend aus einem Mobility Pricing. Das allgemein höhere Mobilitätskostenniveau in NTG führt auch zu einer Reduktion der je Person und Tag realisierten Anzahl an Wegen (von 3.75 in 2017 auf 3.65 in 2050). Im Szenario ITG steigen zwar auch die Fahrleistungen des PW nach 2040 weiter an, aber der Besetzungsgrad sinkt und dies hemmt die Entwicklung der Personenkilometer.

Warum die nicht-lineare Entwicklung der Verkehrsleistungen?

Bei den PW und im ÖV wird am deutlichsten sichtbar, dass in den VP in 5-Jahres-Abständen die Verkehrsentwicklungen modelliert wurden. Viele Annahmen wurden hinsichtlich ihrer Wertentwicklung zwischen 2017 und 2050 nicht-linear umgesetzt (z.B. Mobilitätsraten, Besetzungsgrade, Mobilitätskosten). Einzelne Massnahmen wirken erst ab einem spezifischen Jahr (z.B. Automatisierung ab 2035, Mobility Pricing ab 2030). Im ÖV kommt hinzu, dass zwischen 2020-2035 je Zeitscheibe jeweils spezifische Angebotszustände (Fahrpläne) hinterlegt wurden (Ergänzung: ab 2035 ist dann jeweils den folgenden Zeitscheiben bis 2050 der identische Fahrplan hinterlegt).

Warum ist die Verkehrsleistung im WWB leicht höher als im ITG?

In der Tat weist das ITG ggü. dem WWB bezogen auf 2050 eine leichte Zunahme der je Person und Tag realisierten Anzahl an Wegen aus (ITG mit 3.83 Wegen pro Person und Tag zu WWB mit 3.75). Daraus resultiert ein um 2.2% höheres Wegeaufkommen. Auch entstehen im ITG mehr Arbeitswege, als im WWB (+0.85 Mio.). Beiden Szenarien sind unterschiedliche Raumentwicklungen hinterlegt: Die im ITG zum WWB noch akzentuierte Tendenz disperser Raumstrukturen führt dazu, dass vermehrt Wege in Zwischenräumen (intermediärer Raumtyp) realisiert werden und weniger stark auf die Zentren ausgerichtet sind. Indikatoren dafür sind kürzere, mittlere Weglängen im ITG für PW (-0.6km) und v.a. den ÖV (-2.7km). Gleichzeitig steigen die Kosten zur Nutzung des ÖV im ITG stark an, was in Kombination mit der dispersen Nachfrage, zu Attraktivitätsverlusten der ÖV-Nutzung führt. Dies drückt sich in der von allen Szenarien niedrigsten ÖV-Leistung von 27.1 Mrd. Pkm in 2050 aus.

Warum ist die ÖV-Leistung in WWB und BASIS 2050 identisch?

Mit Blick auf die in WWB und BASIS gesetzten Annahmen würde man im BASIS eine höhere ÖV-Leistung, als im WWB erwarten. Hier ist es wichtig, sich die Gesamtverkehrsleistungen

der beiden Szenarien heranzuziehen: 138.3 Mrd. PKM (BASIS) stehen 150.0 Mrd. PKM (WWB) gegenüber. Der absolute Beitrag des ÖV ist mit 33.7 Mrd. PKM in beiden Szenarien gleich. Der Blick auf den Modal Split macht dann deutlich, dass das BASIS – erwartungskonform – eine stärkere Verlagerung zum ÖV zeigt (ein Plus von 3.5%-Punkten im BASIS ggü. 1.6%-Punkten im WWB).

Warum gibt es im ITG 2040 mehr On-Demand als in den Folgejahren?

Die Nachfrage nach On-Demand-Angeboten wird in den VP aus den prognostizierten Verkehrsströmen der PW und des ÖV abgeleitet bzw. abgespalten. Folglich führen steigende PW- und ÖV-Leistungen auch zu höheren On-Demand-Leistungen. Im Szenario ITG nimmt dann auch zwischen 2040 und 2050 die Verkehrsleistung im ÖV (+2.4%) und die Fahrleistung der PW (+6.9%) zu. Gleichzeitig steigt aber der für die On-Demand-Angebote unterstellte Besetzungsgrad von 2.5 (2040) auf 3.5 (2050) und reduziert somit die Anzahl an On-Demand-Fahrzeugen auf der Strasse sowie deren Leistungsbeitrag.

Hinweise zu Interpretation und Nutzung der VP 2050

Die Ausführungen fokussieren auf die Interpretation der Gesamtverkehrsentwicklung. Die VP liefern über die Anwendung der Verkehrsmodelle mit Matrizen und Netzbelastungen darüberhinausgehende Detailresultate. An einzelnen Querschnitten auf Strasse und Schiene muss die modellierte Entwicklung nicht den dem Szenario generell unterstellten Entwicklungstendenzen entsprechen. Kleinräumig können räumlich differenzierte Annahmen (z.B. hinsichtlich der Entwicklung von PW- und ÖV-Abo-Besitz, der Infrastruktur- und Angebotsentwicklung auf der Strasse und im ÖV sowie v.a. die Bevölkerungsentwicklung) einen von der grundlegenden «Szenario-Philosophie» abweichenden Einfluss auf die Verkehrsentwicklung nehmen. Dies sollte bei der Interpretation und Nutzung von Detailresultaten berücksichtigt werden. Vor diesem Hintergrund sind auch Vergleiche zu den alten Verkehrsperspektiven 2040 nur bedingt möglich: Neben dem Einsatz neuer Modelle zur Analyse der Raumentwicklung und des Personenverkehrs weichen sowohl die Grundlagendaten zur Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung bis 2050 wie auch die Annahmen teils deutlich von den VP 2040 ab.

Teil B: Technische Ausführung

6. Modelle & Annahmen

In Kapitel 6 erfolgen technische Erläuterungen zu den Hintergründen von Modellierung und Annahmen. Das Kapitel hat somit den Charakter eines «technischen Anhangs/Berichts».

6.1. Vorgehen Modellierung

Bei den drei zum Einsatz kommenden Modellen (FLNM, AMG und NPVM) handelt es sich jeweils um etablierte Zustände, welche ausgehend von einem Basisjahr für die Prognose der zukünftigen Entwicklung eingesetzt werden.

Wie in der Beschreibung der prospektiven Entwicklung vorgestellt, werden sich v.a. im Bereich der neuen Mobilität Themengebiete eröffnen, deren Wirkungskraft zum derzeitigen Stand weitgehend unbekannt ist. Diese «Neuen Trends» werden entscheidend durch die raschen Technologiesprünge in der Digitalisierung geprägt. Aber auch andere Entwicklungen wie die Zunahme der Elektromobilität oder der ÖV-Angebotsenerweiterung durch On Demand-Anbieter werden das zukünftige Verkehrsbild in der Schweiz prägen.

Eine Herausforderung in der Erstellung der VP 2050 ist es mit den Modellen von Heute die Mobilität von Morgen abbilden zu können. Dazu sind ergänzende Verfahrensschritte und zusätzliche Differenzierungen zu integrieren. Dort wo dies im Rahmen der Bearbeitung nicht möglich ist, sind vereinfachte Abbildungsformen (Workarounds) gewählt worden.

Bis anhin wurden die verschiedenen (Zwischen-)Produkte der Modellierung in solitären Modellanwendungen bestimmt und anschliessend dem nachfolgenden Prozessschritt übergeben resp. endete dort die Bearbeitung von Ergebnissen. Eine integrative Verknüpfung der Berechnungsabläufe zwischen den drei Modellen FLNM, AMG und NPVM hat bisher noch nicht stattgefunden.

Im Rahmen der VP 2050 wurde es notwendig, dass in den drei zum Einsatz kommenden Modellen FLNM, AMG und NPVM keine solitären Berechnungen erfolgen, da Ergebnisse des einen Modells als Eingangsgrössen in ein nachfolgendes Modell einfließen (z.B. Strukturgrössen aus dem FLNM werden im NPVM benötigt). Diese Bedeutungsrolle kann jedoch auch gegenläufig sein, da z.B. Erreichbarkeitsmatrizen des NPVM ebenfalls im FLNM benötigt werden.

Daher ist es notwendig, die drei Einzelmodelle derart integrativ zu koppeln, dass die notwendigen Übergabetransfers stattfinden können. Dieser semi-automatisierte Ablauf erfolgt für alle Szenarien resp. Zeitscheiben separat und wird in Abbildung 163 dargestellt.

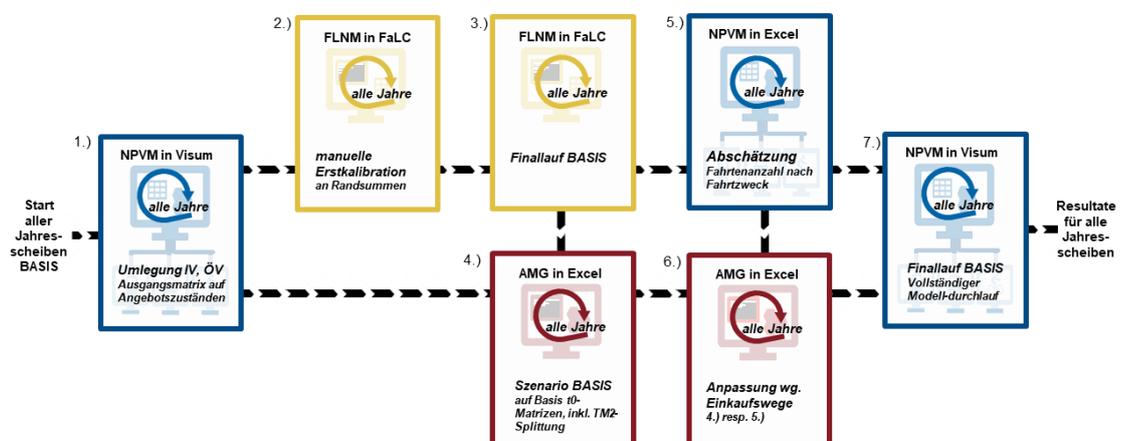


Abbildung 163: Modellablauf, schematisch, Eigene Darstellung

Es ist gut zu erkennen, dass Datenflüsse sowohl vom NPVM zum FLNM aber anschliessend ebenfalls wieder in die Gegenrichtung verlaufen. Mit der AMG besteht eine gleichartige Wechselrolle von Outputgeber und Inputnehmer. Einzig zwischen FLNM und AMG liegt eine klassische lineare Ablaufverteilung vor.

Mit Projektbeginn war eine Automatisierung der Kopplung, v.a. zwischen FLNM und NPVM vorgesehen. Über den iterativen Austausch von Matrizen zur Reisezeit (Strasse, ÖV) aus dem NPVM und Strukturgrössen aus dem FLNM sollte ein übergeordnetes Gleichgewicht erreicht werden. Dieses Ziel konnte in den VP nicht erreicht werden. Die technische Umsetzung der Kopplung, also der über ein Excel Tool gesteuerte, automatisierte Austausch von Daten (Matrizen, Strukturgrössen) wurde zwar erfolgreich umgesetzt, aber die mit den Iterationen verbundenen Rechenzeiten sowie Aufwände zur Plausibilisierung von Zwischenzuständen der Verteilung der Strukturgrössen machten einen praktischen Einsatz in den VP in vertretbarer Zeit unmöglich.

1) Berechnung der Zeit- und Distanzmatrizen für Strasse und ÖV im NPVM:

Die Berechnung der Kenngrössenmatrizen Strasse erfolgt durch Umlegung der Analysematrizen (Basiszustand 2017) in den Netzzuständen der zukünftigen Zeitscheiben. Als Export für das FLNM werden belastete (sprich: t_{akt} , auf Stufe der 7978 Verkehrszonen) und für die AMG unbelastete Zeit- und Distanzmatrizen (sprich: t_0 , auf Stufe der 106 MS-Regionen) erzeugt. Für den ÖV wurden die Kenngrössenmatrizen ebenfalls aus den Angebotszuständen der zukünftigen Zeitscheiben abgeleitet.

Dabei erfolgt eine Differenzierung nach Jahresscheiben, nicht nach Szenarien. Dieser Arbeitsschritt wird folglich lediglich für das Szenario BASIS durchgeführt. Die anderen Szenarien übernehmen die resultierenden Kenngrössenmatrizen.

2) Erstkalibration der Strukturdaten im FLNM:

Die belasteten Zeit- und Distanzmatrizen werden in das FLNM übernommen. Sie dienen als eine Inputgrösse für die Erstellung der Strukturdaten aller Jahresscheiben bis 2050. Zur Erinnerung: Das FLNM produziert u.a. auf Grundlage der Erreichbarkeiten Synthetische Populationen bis 2050. Dabei sind Vorgaben kantonaler Randsummen (Anzahl Einwohner und Arbeitsplätze) gemäss BFS bzw. Branchenszenarien einzuhalten. Bei der räumlichen Aggregation der Synthetischen Populationen auf Ebene der Verkehrszonen zeigten sich geringfügige Abweichungen zu den Vorgaben auf Stufe Kanton. Diese Abweichungen wurden in einem letzten Schritt, dann bereits auf Stufe der Verkehrszonen, manuell korrigiert.

3) Finale Berechnung aller Strukturdaten im FLNM:

Basierend auf den Annahmen je Szenario und den Kenngrössen (Zeit, Distanz) ermittelte das FLNM initiale Bevölkerungs- und Arbeitsplatzverteilungen auf Ebene der Verkehrszonen. Diese Ergebnisse wurden ausgewertet, z.B. hinsichtlich der Verteilung der Bevölkerung auf Raumtypen sowie der Bevölkerungsentwicklung der grössten Schweizer Städte. In einem letzten Anpassungsschritt wurden grössere und unplausibel erscheinende Abweichungen (z.B. in Abgleich zu städtischen Bevölkerungsprognosen) reduziert über die Anwendung weiterer Parameter zur Erhöhung/Reduktion der Attraktivität von Zonen eines Raumtyps. Dadurch konnten auch unterschiedliche Zielvorstellungen je Szenario bzgl. der Verteilung der Bevölkerung auf den städtischen, intermediären und ländlichen Raum präziser abgebildet werden.

4) Berechnung der Güterverkehrsmatrizen in der AMG:

Aufbauend auf die unbelasteten Zeit- und Distanzmatrizen (Stufe MS-Regionen) werden in der AMG für alle Jahresscheiben des Szenarios BASIS die Güterverkehrsmatrizen bis Stufe Feinsplittung (2'944er Zonierung) berechnet und plausibilisiert. Zur Disaggregation auf die

7'978er-Zonierung werden die Strukturdatensets 2020-2050 aus den FLNM-Berechnungen übernommen.

5) Abschätzung Fahrtenanzahl nach Fahrtzweck gemäss NPVM:

Um die Auswirkungen des Online-Handels im Güterverkehr abzuschätzen, werden die Entwicklungen des Fahrtzwecks Einkaufen je Szenario und Zeitscheibe ermittelt. Dazu erfolgt eine Berechnung der Verkehrserzeugung in Excel unter Nutzung der jeweils spezifischen Mobilitätsraten des NPVM sowie der Strukturdaten des finalen FLNM-Laufs. Auf diese Art konnten modellextern die Zu- und Abnahmen der Wegeaufkommen und somit auch die Anzahl der aufgrund des Online-Einkaufs eingesparten Einkaufswege vor der NPVM-Anwendung bestimmt werden. Zudem erlaubt dies eine Plausibilitätsprüfung über alle Fahrtzwecke hinsichtlich der Entwicklung der Gesamtmobilität (Anzahl Wege pro Person und Tag).

6) Korrekturanpassung in der AMG:

Die abgeschätzte Entwicklung der Einkaufsfahrten im Personenverkehr (Reduktion) wird als Steigerung der Lieferwagenverkehre im KEP-Segment in den Güterverkehr übertragen.

7) Finale Berechnung Personenverkehr im NPVM:

Die im FLNM berechneten Strukturdatensets sowie die in der AMG bestimmten Güterverkehrsmatrizen Strasse werden im NPVM integriert. Die Berechnung des Personenverkehrs erfolgt und liefert die Resultate für die einzelnen Jahresscheiben. Die eingesetzten Modelle, Methoden und Prinzipien der einzelnen Arbeitsschritte werden im Folgenden ausführlich erläutert.

6.2. Raumentwicklung

Das Flächennutzungsmodell basiert auf über zwei Dutzend Modellen mit entsprechend vielen Annahmen (vgl. ARE, 2017b). Um die Diskussion für die Bildung der Szenarien zu vereinfachen und um die getroffenen Annahmen in einen Kontext stellen zu können, werden im Folgenden das Modellprinzip von FaLC und die Modellierung der einzelnen Jahresscheiben beschrieben. Anschliessend werden die ausgewählten Stellgrössen sowie weitere Modellannahmen erläutert.

Modellprinzip

Alle Personen (Agenten) in FaLC wohnen und arbeiten in einer bestimmten Zone innerhalb des Betrachtungsperimeters der Schweiz. In diesem Raum suchen die Agenten unterschiedliche Einrichtungen (z.B. Gebäude und Verkehrsinfrastrukturen) für verschiedene Aktivitäten (Arbeit, Freizeit, Wohnen) auf. Die Bewegungen der Agenten zwischen den Zonen finden auf zwei Ebenen statt: a) die täglichen, verkehrlichen Bewegungen und b) die Langzeitentscheidungen darüber, wo ein Agent wohnt oder arbeitet. Diese beiden Ebenen sind in der Realität stark miteinander verknüpft und werden deshalb auch entsprechend verknüpft modelliert.

Die Flächennutzungsmodellierung in FaLC konzentriert sich auf die längerfristigen Zusammenhänge zwischen Personen (einzeln und aggregiert in Haushalten und Unternehmen) und Standorten sowie auf deren Umzugsverhalten. Für die Modellierung der kurzfristigen Bewegungen stehen Schnittstellen zu Verkehrsmodellen wie z.B. dem Mikrosimulationsmodell MATSim sowie zu weiteren Makrosimulationsmodellen wie Visum/Visem zur Verfügung (zu letztgenannten über Distanz- und Reisezeitmatrizen). Die Schnittstellen zu externen Verkehrsmodellen werden über den Austausch von Distanz- und Reisezeitmatrizen (als Input in FaLC) oder die Übergabe der Strukturdatentabelle (als Output von FaLC) ermöglicht. Dieser Austausch von Daten zwischen FaLC und NPVM wurde entsprechend in den VP realisiert (siehe oben).

Die Modellierung der Langfristentscheidungen erfolgt durch eine Vielzahl von Teilmodellen in FaLC. Abbildung 164 zeigt eine Übersicht der Modelle, welche verwendet werden, um die Rahmenbedingungen, Einflüsse und Entscheidungen der längerfristigen Zusammenhänge zwischen den Agenten und Zonen abzubilden.

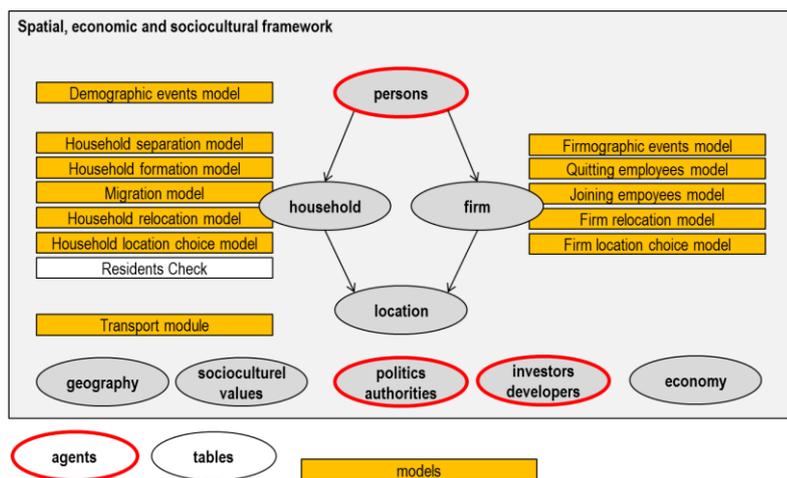


Abbildung 164: Jährliche FaLC-Modelle

Zwischen jedem simulierten Zeitschritt durchlaufen die Agenten die für sie relevanten Teilmodelle. Dabei wird in einem ersten Schritt mit Hilfe des demographischen Modells (Geburten, Tod) und dem firmografischen Modell (Neugründung, Schliessung, Wachstum) die Gesamtheit der Agenten (Personen, Haushalte, Unternehmen) neu bestimmt. Gleichzeitig werden allfällige Erreichbarkeitsvariablen aufgrund der Zeit- und Distanzmatrizen aus dem NPVM neu

berechnet, so dass die tatsächlichen Veränderungen in der Verkehrsinfrastruktur sowie deren Auslastung berücksichtigt werden. Im nächsten Schritt wird die Struktur der Agentenaggregationen „Haushalt“ und „Firma“ mit Hilfe der Modelle Haushaltstrennung, Haushaltsneubildung, Stellenaufhebung und Stellenantritt aktualisiert. In Abhängigkeit der vorangegangenen Berechnungen werden jene Haushalte und Firmen, die im betrachteten Zeitintervall umziehen, im Umzugs-Modell bestimmt. Die Wahl des neuen Standortes für die Haushalte und Firmen erfolgt schliesslich im jeweiligen «Location-Choice Modell». Neben den beschriebenen dynamischen Modellen können spezielle Ereignisse und Bedingungen, wie beispielsweise die wirtschaftliche Entwicklung oder Regulationsmechanismen (wie z.B. Ausnützungsziffern), als exogene Variablen in den Modell-Berechnungen berücksichtigt werden. Im Ergebnis der Modellberechnungen in FaLC liegen Aussagen zur räumlichen Verteilung von Einwohnern und Arbeitsplätzen vor. Zudem lassen sich sämtlich notwendige Strukturvariablen für den Einsatz im NPVM herleiten.

Modellierung der jährlichen Zyklen in FaLC

In der Anwendung von FaLC ist es zwingend gefordert, dass die Ergebnisse der einzelnen Jahre passgenau aufeinander aufbauen, um sachfremde Brüche zu vermeiden. Daher werden die Modelle in jährlichen Zyklen sequentiell abgearbeitet.

Im ersten Schritt werden, wenn notwendig, die Zeiten und Distanzen neu berechnet bzw. integriert (in den VP werden die Zeiten und Distanzen in 5-Jahres-Schritten aktualisiert). Anschliessend werden die Berechnungen der demographischen Modelle durchgeführt, sowie die Unternehmen verändert. Damit sind die Modelle eines Jahreszyklus abgeschlossen und es können Analysen zur Veränderung durchgeführt werden. Diese neu entstandene Population ist anschliessend wieder Basis für die Simulationen im nächsten Jahreszyklus. Beispielsweise verändern sich für die Unternehmen die Agglomerationseffekte durch eine neue Verteilung der Unternehmen.

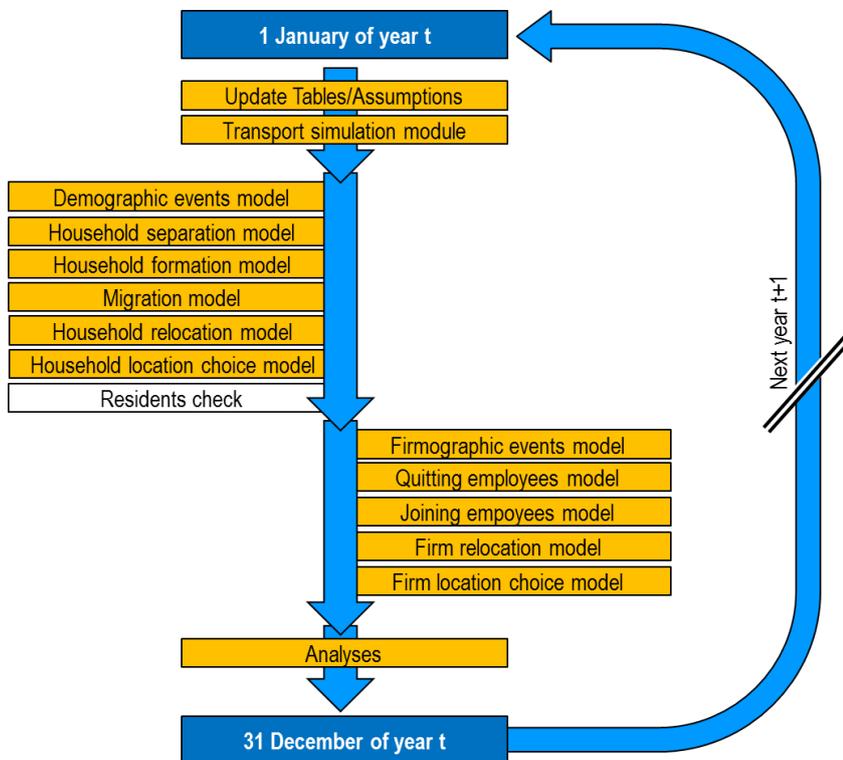


Abbildung 165: Ablauf der FaLC-Modelle innerhalb der Jahresritte

Die Annahme, dass im Modell die demographischen Modelle vor den Unternehmen abgehandelt werden, zeigt in erster Linie Auswirkungen bei den Standortwahl-Modellen. Die Diskussion, ob zuerst Unternehmen oder aber Haushalte umziehen, ist indes bei Simulationen über mehrere Jahre obsolet.

Rahmenbedingungen

Die Annahmen zur Demographie basieren auf den Bevölkerungsszenarien des Bundesamtes für Statistik BFS. Aufgrund verschiedener Szenarien-Annahmen über die zukünftige Entwicklung der Fruchtbarkeit, der Sterblichkeit, der Ein- und Auswanderung und der Binnenwanderung wird die Zahl der Geburten, der Todesfälle und die Wanderungen für die künftigen Jahre bis 2050 geschätzt und damit der jährliche Bevölkerungsstand auf Stufe der Kantone ermittelt. Das BFS hat drei Grundszenerien berechnet - das Referenzszenario (A-00-2020) schreibt die Entwicklungen der letzten Jahre fort. Das «hohe» Szenario (B-00-2020) beruht auf einer Kombination von Hypothesen, die ein stärkeres Bevölkerungswachstum zur Folge hätten, während das «tiefe» Szenario (C-00-2020) Hypothesen kombiniert, mit denen das Bevölkerungswachstum geringer ausfällt (siehe auch 3.1). Das FLNM wurde im Rahmen der VP auf die kantonalen Randsummen für vier Altersgruppen (0-17, 18-30, 31-60, 61 und älter) und die 7 Zeitstände (2020, 2025, 2030, 2035, 2040, 2045, 2050) kalibriert. Aufgrund der vielen Zielwerte und des weissen Rauschens aufgrund der Monte-Carlo-Simulationen (siehe Erläuterungen weiter unten), ist diese Vorkalibration gerade für kleine Kantone noch eher ungenau. Deshalb werden die Strukturdaten für das NPVM nachträglich nochmals korrigiert, um die kantonalen Randsummen und Altersklassen exakt abbilden zu können (verbleibende Abweichungen im Promille-Bereich).

Die Branchenentwicklung ist stark durch den technischen Fortschritt geprägt. Im Rahmen der in den VP genutzten Branchenszenarien (KPMG/Ecoplan, 2020) hat man sich auf die Entwicklung von Szenarien fokussiert, die sich unter der Vorgabe von «vermuteten» künftigen gesamtwirtschaftlichen Entwicklungen, Megatrends oder Expertenschätzungen für einzelne Sektoren und die Gesamtwirtschaft ergeben könnten. Die Entwicklung der Gesamtanzahl an Beschäftigten bleibt in allen Branchenszenarien unverändert. Die Vollzeitäquivalente und die Anzahl Beschäftigte je Branche variiert hingegen in den Szenarien. Im FLNM werden die Anzahl Beschäftigte und Vollzeitäquivalente in den 10 FaLC-Branchen auf Stufe der Kantone übernommen und das Modell auf diese Werte jährlich hin korrigiert (die Korrektur ist etwa im Prozent-Bereich). Damit sind die Branchen ebenfalls im FLNM in hoher Übereinstimmung zu den Vorgaben der Branchenszenarien abgebildet (verbleibende Abweichungen im Promille-Bereich). Die Einkommensentwicklung im FLNM wird ebenfalls vom entsprechenden Branchenszenario abgeleitet. Hierzu werden analog zur Synthetischen Population 2017 die Einkommen aufgrund der (beruflichen) Tätigkeit berechnet und anschliessend um die kantonale Einkommensentwicklung je Vollzeitäquivalent korrigiert.³⁴

Durch die Einhaltung dieser Rahmenbedingungen ist in den VP 2050 die Übereinstimmung zu den externen Vorgaben bzgl. Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung sichergestellt. Das FLNM übernimmt in den VP folglich die Aufgabe der Feinverteilung kantonalen Vorgaben auf die Verkehrszonen.

³⁴ Einkommen im Jahr J = Einkommen * (Wertschöpfung_J/VZÄ_J / Wertschöpfung₂₀₁₇/VZÄ₂₀₁₇)

Weisses Rauschen

Das 'Weisse Rauschen' bezeichnet den Effekt im FLNM, der durch die Monte-Carlo-Simulation auftritt. Da basierend auf den Zufallseinflüssen bei jedem Simulationslauf ein leicht anderes Ergebnis erwartet wird, ist es notwendig die gleiche Simulation mehrmals laufen zu lassen und im Anschluss den Mittelwert zu bilden. Im Kontext der VP bedeutet dies, dass für eine Zeitscheibe vielfache synthetische Populationen ermittelt wurden. Aus diesen erfolgt dann die Ableitung von Mittelwerten für die zudem räumlich aggregierten Attribute (z.B. mittleres Einkommen oder Anzahl PW je Zone) der NPVM-Strukturdatentabelle. Das weisse Rauschen ist weniger von der Grösse der Zonen als von der «Sichtbarkeit / Attraktivität» im Modell abhängig. Eine Zone in der Nähe Zürichs ist für sehr viele umziehende Haushalte eine Option als Zielwohntort – eine Zone in der Nähe von Pontresina ist demgegenüber nur für wenige Haushalte wählbar. Dementsprechend ist das weisse Rauschen im Grossraum Zürich grösser als rund um Pontresina. Als Kontrollvariablen wurden die Einwohner und Beschäftigten definiert. Im Folgenden wird dargestellt, wie viele Läufe es braucht, um stabile Resultate zu erlangen. Die Grafik zeigt die Verlässlichkeit der Angaben je Zone, nachdem die Resultate aus einer zunehmenden Anzahl Simulationsläufe gemittelt wurden.

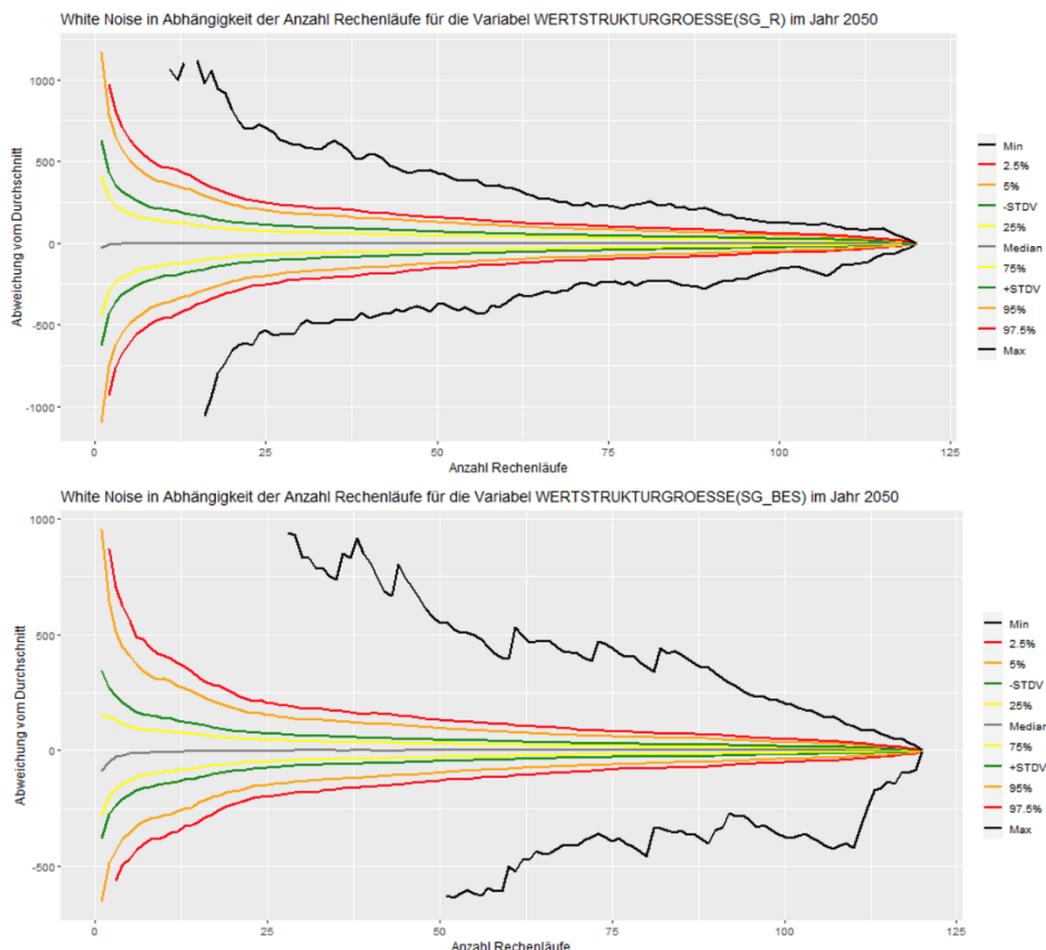


Abbildung 166: Weisses Rauschen WWB (33 Jahre): oben Bevölkerung; unten Beschäftigte

Das weisse Rauschen wird hier für das Szenario WWB in 33 Jahren (2017-2050) gezeigt. Das heisst, mit dem FLNM wurde die Bevölkerungsverteilung auf Stufe Verkehrszone für 2050 berechnet, ausgehend von einem Startjahr 2017. Statistisch wird in der Regel die Standardabweichung berechnet. Dies entspricht etwa einem 68%-Konfidenzintervall und bedeutet in diesem Fall, dass in einem Gebiet mit 100 Zonen ganze 32 Zonen eine grössere Abweichung

vom erwarteten Wert ausweisen, als das Intervall angibt. Da dies für eine verlässliche Modellierung zu viele Zonen sind, werden i. d. R. restriktivere Konfidenzintervalle (z. B. 95%) ausgewiesen. In den obigen Auswertungen entspricht der Erwartungswert für das Konfidenzintervall dem Durchschnitt aus 120 Läufen. Das 95%-Konfidenzintervall für die Einwohner beträgt nach 10 Läufen rund +/-350 Personen pro Zone. Fünf Prozent der Zonen (ca. 400 Zonen) bewegen sich folglich ausserhalb dieses Bereiches. Nach rund 50 Läufen bewegen sich die Resultate in einem Bereich von weniger als +/-170 Personen, nach 75 Läufen +/-100 Personen und nach 100 Läufen +/-50 Personen. Die Beschäftigten weisen ein leicht kleineres weisses Rauschen auf: nach 50 Läufen beträgt das 95%-Konfidenzintervall noch +/- 140 Beschäftigte, nach 75 Rechenläufen liegt es bei rund +/- 90 Beschäftigten, nach 100 Rechenläufen liegt es bei +/- 40 Beschäftigten. Bei einer mittleren Rechenzeit von ca. 20 Stunden pro Simulationslauf (je nach Rechnerkapazität) wären dies für 100 Rechenläufe ca. 83 Tage. Aus praktikablen Gründen wurde entschieden, dass rund 75 Simulationsläufe erreicht werden müssen. Bei Aufteilung auf verschiedene Rechner konnte eine Rechenzeit von ca. 10 Tagen erreicht werden.

Zielpotenziale

Das FLNM in seiner bisherigen Form modellierte in erster Linie die räumliche Verteilung der verhaltenshomogenen Personengruppen und die Beschäftigten in den Unternehmen. Die Zielpotenziale, die für die Verkehrsmodelle von zentraler Bedeutung sind, werden indes noch nicht fortgeschrieben. Das nebenstehende Ablaufschema gibt einen Überblick über die diesbezüglich in den VP realisierten Arbeitsschritte (Details, vgl. unten):

1. Erfassung Entwicklungsschwerpunkte
2. Anpassung Bauzonenkapazitäten
3. Modellierung im FLNM
4. Ausgabe/Übergabe an NPVM

Die zurzeit rechtskräftigen kantonalen Richtpläne enthalten keine spezifischen Neubauprojekte und auch keine konkreten, d.h. quantifizierten Annahmen zu der künftigen Nutzung der Entwicklungsflächen in den einzelnen Kantonen (Art der Unternehmen und Anzahl Beschäftigte). Deshalb wird bei der Fortschreibung der Zielpotenziale darauf verzichtet einzelne Projekte in den Simulationen räumlich konkret umzusetzen. Stattdessen werden die Entwicklungsschwerpunkte in generalisierter Form berücksichtigt (siehe nächster Abschnitt). Das FLNM basiert somit auf der Veränderung der Bauzonenkapazitäten aufgrund Änderungen der Annahmen zur Ausnützung sowie in allgemeiner Form den Entwicklungsschwerpunkten in den kantonalen Richtplänen.

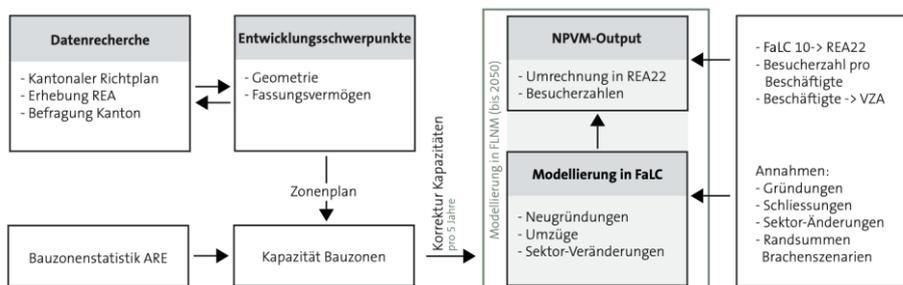


Abbildung 167: Ablaufschema Fortschreibung Zielpotenziale; REA = Projekt «Räumliche Entwicklung von Arbeitsplätzen in der Schweiz bis 2040» (Verwendung von Vorinformationen aus dem Projekt)

Erfassung Entwicklungsschwerpunkte (ESP)

Die kantonalen Richtpläne enthalten grösstenteils Angaben zu Gebieten, in denen sich künftig (vermehrt) Unternehmen ansiedeln sollen / dürfen. Diese Gebiete werden unterschiedlich bezeichnet: Entwicklungsschwerpunkte, Arbeitsschwerpunkte, besondere Wirtschaftsstandorte,

regionale Arbeitszonen, strategische Arbeitsstandorte, wirtschaftliche Schwerpunktgebiete usw. Vereinfacht wird im Weiteren ausschliesslich von Entwicklungsschwerpunkten (ESP) gesprochen. Die in den Richtplantexten und / oder -Karten bezeichneten ESP wurden geographisch verortet. Meist sind die Flächen bereits bekannt oder konnten aufgrund von Angaben der Kantone digitalisiert werden (SG, AI, ZG), andernfalls wurden vorerst nur die Punkte erfasst. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht zu den erfassten Entwicklungsschwerpunkten:

Tabelle 15: Übersicht Erfassung Entwicklungsschwerpunkte pro Kanton

Kanton	Jahr Erlass	Geometrie	ESP-vorhanden	Kanton	Jahr Erlass	Geometrie	ESP-vorhanden
Zürich	2018	-	(Ja)	Schaffhausen	2014	Fläche	Ja
Bern	2019	Punkt	Ja	Appenzell Auss.	1999/2015	Punkt	Ja
Luzern	2019/15	Fläche	Ja	Appenzell Inn.	2017	Fläche	Ja
Uri	2017	Punkte	Ja	St. Gallen	1989/2019	Punkt	Ja
Schwyz	2016	Fläche	Ja	Graubünden	2009/2019	Fläche	Ja
Obwalden	2019	Fläche	Ja	Aargau	2011/2019	Punkt	Ja
Nidwalden	2017	Fläche	Ja	Thurgau	2017	Punkt/ Fläche	Ja
Glarus	2018	Punkt	Ja	Tessin	2017	Punkt/ Fläche	Ja
Zug	2018	Fläche	Ja	Waadt	2018	Fläche	Ja
Fribourg	2019	Fläche	Ja	Wallis	2019	-	-
Solothurn	2017	Fläche	Ja	Neuenburg	2018	Punkt	Ja
Basel-Stadt	2018	Fläche	Ja	Genf	2019	Fläche	Ja
Basel-Landschaft	2019	Punkt/ Fläche	Ja	Jura	2018	Fläche	Ja

Einzig der Richtplan des Kantons Wallis bezeichnet keine (wirtschaftlichen) ESP. Der Kanton Zürich bezeichnet «Zentrumsgebiete von kantonaler Bedeutung» (Teil Siedlung, Kap. 2.3.2). Die Gebiete sind i. d. R. verhältnismässig grossflächig ausgeschieden.

Da die ESP über die Erhöhung der verfügbaren Bauzonenkapazitäten in das Modell einfließen, ist für die künftige Modellierung die Geometrie der entsprechenden Gebiete zentral. Der Verschnitt dieser ESP-Flächen mit den Bauzonen aus der Bauzonenstatistik ergibt dann die künftige maximal nutzbare Bauzonenkapazität (aufgrund potenzieller angenommener Verdichtung). ESP ausserhalb der Bauzonen wurden nicht berücksichtigt.

In einem zweiten Schritt wurden deshalb für die Punktabgaben aufgrund verschiedener Angaben in den Richtplänen (z.B. Flächengrösse) und den örtlichen Begebenheiten die Geometrien der Flächen angenommen und digitalisiert. Die angenommenen Flächen sind grobe Annahmen; sie helfen aber der Plausibilisierung der Grösse und damit der Kapazitäten der einzelnen ESP. Zudem führt dieses Vorgehen zu nachvollziehbaren Zuweisungen der Flächen zu den einzelnen NPVM-Zonen. In Kantonen mit grosser wirtschaftlicher Aktivität sind die ausgeschiedenen Flächen der ESP tendenziell grösser, dies betrifft: Zürich, Basel-Stadt, Zug, Genf, Solothurn. Die erfassten ESP-Flächen wurden zudem mit den Annahmen im Projekt «Räumliche Entwicklung der Arbeitsplätze in der Schweiz - Entwicklung und Szenarien bis 2040 (REA)» (ARE, 2016c) verglichen. In den letzten vier Jahren wurde ein Grossteil der kantonalen Richtpläne überarbeitet, dementsprechend ergeben sich gewisse Abweichungen. In 20 Kantonen sind die Resultate vergleichbar – dabei zeigt sich, dass aktuell eher mehr Flächen erfasst wurden. Einzig in den Kantonen Luzern, Obwalden, Aargau und Thurgau sind die aktuell erfassten Flächen deutlich geringer.

Veränderung Kapazitäten

Die ESP beeinflussen das FLNM über die Bauzonenkapazitäten für Arbeits-, Wohn- und Mischnutzung. Die Verfügbarkeit von Wohn- und Arbeitsflächen ist in erster Linie in den Agglomerationen relevant: im Kern der Agglomerationen sind die Bauzonen bereits heute weitgehend ausgenutzt, bei zunehmendem Bevölkerungsdruck weicht die Wohnbevölkerung deshalb der Modelllogik nach anschliessend auf das Umland aus. Bei den Unternehmen wirken ähnliche Effekte. Die Bauzonenkapazität erhöht sich in den ESP-Gebieten aufgrund von zusätzlichen Verdichtungsmöglichkeiten (innerhalb der bestehenden Bauzonen). Generell wird in allen ESP angenommen, dass die Gebiete gegenüber der bisherigen Bauordnung höhere Dichten ermöglichen. Die Ausnützungsziffern in diesen Gebieten werden deshalb auf den ge-

planten Realisierungshorizont in einem Zeitraum von 3 Jahren um 20% erhöht. Die Realisierungsziele der ESP in den kantonalen Richtplänen beziehen sich grundsätzlich auf die Erschliessung und Verfügbarkeit der entsprechenden Flächen. Als Umsetzungszeitpunkt der Kapazitäten im FLNM wird deshalb angenommen, dass diese bis zum Richtplanhorizont von 25 Jahren vollständig erschlossen und nutzbar sind. In der Zwischenzeit werden die Gebiete anteilmässig nutzbar gemacht (d.h. pro Jahr jeweils 4% – ausgehend vom Realisierungshorizont).

Mobilitätswerkzeuge

Das bisher implementierte FLNM-Teilmodell zu den Mobilitätswerkzeugen (erstellt für die Synthetische Population 2017) basierte – vereinfacht gesagt – auf vorgegebenen Randsummen je Mobilitätswerkzeug und auf mehreren Monte-Carlo-Simulationen, die die Mobilitätswerkzeuge auf die Personen verteilen. Für die VP-Szenarien mussten diese Randsummen angepasst werden. Die Randsummen auf Stufe der NPVM-Zonen hängen v. a. von der Anzahl der Einwohnerinnen und Einwohner und deren Zusammensetzung (Alter, Geschlecht, Erwerbstätigkeit usw.) ab. Deshalb ist es kaum möglich, absolute Randsummen vorab festzulegen bzw. abzuleiten (wie für die SynPop 2017). Um eine realistische Schätzung aufgrund der demografischen Entwicklung zu erhalten, wird wie folgt vorgegangen:

1. Schätzung Mobilitätswerkzeugbesitz 2050 analog zur SynPop 2017
2. Festlegung plausibler Eck-Werte für das Jahr 2050 (Entwicklung Mobilitätswerkzeuge / pro Einwohner / pro Raumtyp / pro Kanton, gemäss Vorgaben des ARE bzw. der VP-Begleitgremien)
3. Anpassung der Randsummen zur Schätzung der Mobilitätswerkzeuge
4. Modellierung der Szenarien bis 2050 aufgrund der angepassten Randsummen

Anhand der Simulationen der relativen Veränderungen auf Stufe «Verkehrszonen», «Gemeinden» und / oder «Kantone» lässt sich die Schätzung plausibilisieren und gegebenenfalls anpassen. Da das FLNM ursprünglich darauf ausgerichtet war, Randsummen auf Gemeindeebene einzuhalten, führt das Verteilen der Randsummen auf Kantonsstufe zu robusten und plausiblen Resultaten. Die Verteilung der Mobilitätswerkzeuge auf die Verkehrszonen wurde anhand der Nutzenfunktion von Danalet (ARE, 2019c) vorgenommen. Um die Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Mobilitätswerkzeug-Kombinationen in Abhängigkeit soziodemografischer und sozioökonomischer Eigenschaften zu bestimmen, wurde auf die zu diesem Zweck durchgeführte Modellschätzung auf Basis des MZMV 2015 zurückgegriffen (ARE, 2019c). Ziel war es, auf Basis der Parameterschätzung die Anteile an Mobilitätswerkzeug-Kombinationen in der SynPop initial je Verkehrszone zu simulieren, um diese Anteile dann nachträglich an die empirischen Randsummen aus 2017 anzupassen.

Die Verfügbarkeit der Mobilitätswerkzeuge wird folglich mehrstufig mit verschiedenen Sub-Modellen für jede einzelne Zone simuliert:

1. In einem ersten Schritt werden per Monte-Carlo-Simulation unter Einsatz der Nutzenfunktionen aus Danalet (ARE, 2019c) die Anzahl der Mobilitätswerkzeug-Kombinationen je Verkehrszone geschätzt.
2. Anschliessend werden diese Summen mit den empirischen Randsummen für PW-Verfügbarkeit, GA, Halbtax und Verbundabonnements verglichen und für die einzelnen Kategorien angepasst.
3. Im dritten Schritt erfolgt die Zuweisung der Mobilitätswerkzeuge zu den Personen.

Die so erhaltene hochgerechnete Anzahl Mobilitätswerkzeuge für einen zukünftigen Zeitpunkt berücksichtigt Einflussgrössen aufgrund der soziodemografischen Entwicklung, wie Alter, Geschlecht, Einkommen, Haushaltstyp, Beschäftigungsgrad oder Ausbildung (ARE, 2019c).

6.3. Güterverkehr

Zur Prognose des schweizerischen Güterverkehrs wird das Modell «Aggregierte Methode Güterverkehr» oder kurz AMG eingesetzt. Die AMG besteht aus zwei Teilmodellen (TM). Das TM 1 analysiert und prognostiziert den Güterverkehr in verschiedenen Aggregaten. Die Differenzierung erfolgt nach Verkehrsart (Binnen, Import, Export, Transit), Güterstruktur (10 Warengruppen) und Verkehrsträger (Strasse, Schiene, Rhein, Rohrfernleitungen). Im TM 1 werden die Güterverkehrsaufkommen (in Tonnen) nach Verkehrsart und Güterstruktur analysiert und anhand von einem oder mehreren Leitdaten prognostiziert. Die Aufteilung auf die Verkehrsträger erfolgt in einem nächsten Schritt mit der Analyse und Fortschreibung des Modal-Splits.

In den nachfolgenden Abschnitten folgt eine Beschreibung der AMG und deren Interaktion mit dem Modellverbund, der Analysen und Wahl zu den Leitdaten, zu den Transportkosten sowie zu den verwendeten Elastizitäten.

Beschreibung der AMG und deren Einbindung in den Modellverbund

Die AMG setzte bisher auf berechnete Reisezeiten aus dem NPVM sowie Strukturdatenergebnisse aus FaLC auf und stellte die resultierenden Strassengüterverkehrsmatrizen dem NPVM zur Verfügung, eine Modellintegration im Sinne von Iterationen zwischen den Modellen wurde bisher nicht implementiert.

Im Rahmen der VP 2050 wurde deshalb geprüft, ob und wie die AMG in den Gesamtmodellverbund integriert werden kann. Nachfolgend wird aufgezeigt und beschrieben, bei welchen Modellschritten die AMG Inputs aus dem Modellverbund verwendet.

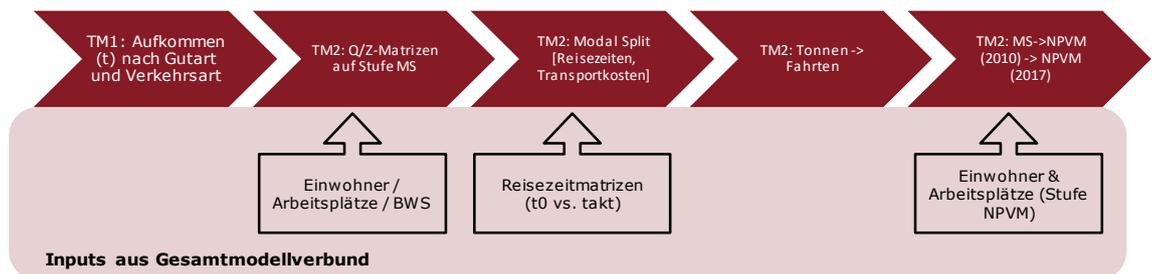


Abbildung 168: Vereinfachter Ablauf AMG und Inputs aus FaLC und NPVM

Das TM 1 der AMG prognostiziert die Güterverkehrsaufkommen differenziert nach Warengruppen, Verkehrsarten (Binnen, Import, Export, Transit) und Modi (Strasse, Schiene, Binnenschiff und Rohrfernleitungen) auf nationaler Ebene. Für die Güterverkehrs-Prognosen in TM 1 werden Leitdaten (Einwohner, BIP oder Bruttowertschöpfung nach Branchen) auf nationaler Ebene verwendet. Eine Integration von TM 1 bei der Modellkopplung ist nicht notwendig, da keine Modellresultate aus FaLC oder dem NPVM bei diesem Berechnungsschritt verwendet werden.

In einem ersten Schritt übersetzt das TM 2 der AMG die nationalen Güterverkehrsaufkommen (TM 1) in Güterströme zwischen den 106 Schweizer MS-Regionen und 165 Regionen im Ausland. Die Inputs sind wirtschaftliche Strukturdaten, die unabhängig vom Einsatz von FaLC und NPVM sind, so dass dieser Arbeitsschritt nicht bei der Modellkopplung berücksichtigt werden muss.

Die Verkehrsaufteilung auf die verschiedenen Modi (Strasse/Schiene) berücksichtigt in der AMG auf Stufe der MS-Regionen veränderte Reisezeiten und die Entwicklung der Transportkosten (siehe nächstes Unterkapitel zu den Transportkosten). Änderungen werden über in der AMG hinterlegte Elastizitäten (siehe dazu entsprechendes Unterkapitel) bewertet. Die Reisezeiten werden aus dem Netzmodell (NPVM) als Matrix auf Stufe der 106 MS-Regionen

ermittelt. Da der Strassengüterverkehr als Grundbelastung im NPVM umgelegt wird (d.h. vor Umlegung des Personenverkehrs), ist es inhaltlich vertretbar die Reisezeiten im unbelasteten Netz (t_0) zu verwenden. Bei Verwendung der t_0 -Reisezeitmatrizen ist ein Einsatz unabhängig vom Modellverbund möglich, da die Berechnung für alle Jahresscheiben im NPVM vorab erfolgen kann.

Zur Umlegung werden die Tonnen-Matrizen für den Strassengüterverkehr, unter Verwendung von Distanz- und gutartspezifischen Beladungsfaktoren und unter Berücksichtigung der aus einer asymmetrischen Nachfrage resultierenden Leerfahrten, in Fahrten-Matrizen umgerechnet. Dieser Schritt nutzt keine Daten aus FaLC oder dem NPVM.

Nach der Umrechnung der Tonnenmatrizen in Fahrtenmatrizen, erfolgt eine zweistufige Disaggregation der Fahrtenmatrizen: In einem ersten Schritt wird unter Verwendung einer empirischen Matrix basierend auf 10-Erhebungsjahren der Gütertransporterhebung (BFS, 2019e) auf 2'944 schweizerische und 165 ausländische Zonen (NPVM 2010) disaggregiert. In einem zweiten Schritt wird unter Verwendung der Einwohner- und Arbeitsplatzverteilung auf 7'965 schweizerische und 710 ausländische Zonen (NPVM 2017) disaggregiert. Beim zweiten Disaggregationsschritt werden die Einwohner und Arbeitsplätze (nur FTE des 2. Sektors) auf Stufe der 7'965 schweizerischen NPVM-Zonen verwendet. Dies ist ein Ergebnis aus der Anwendung des FLNM.

Bei diesem Vorgehen können mit der AMG alle Fahrtenmatrizen für den Strassengüterverkehr auf Stufe NPVM 2010 unabhängig von den Anwendungen NPVM / FaLC erzeugt werden. Lediglich der «letzte» Disaggregationsschritt der Fahrtenmatrizen ist somit abhängig von den Strukturdatenprognosen des FLNM.

Beim Schienengüterverkehr findet keine Zugbildung statt und somit auch keine Umlegung auf das Schienennetz. Das Endergebnis ist eine Nachfragematrix, ausgedrückt in Tonnen, die zur Schätzung der Verkehrsleistungen auf nationaler Ebene mit empirisch gemessenen durchschnittlichen Entfernungen zwischen Bahnhöfen kombiniert wird. Die Informationen im Schienengüterverkehr werden unter Verwendung einer empirischen Matrix erstellt und somit besteht keine Abhängigkeit zu NPVM oder FaLC.

Analyse und Wahl der Leitdaten

Grundsätzliche Vorgehensweise

Da der Güterverkehr als abgeleitete Nachfrage aus den Transportbedarfen von Wirtschaft und Konsumenten betrachtet wird, hängt die zukünftige Güterverkehrsnachfrage entscheidend von der zukünftigen Entwicklung der Wirtschaft ab. Grundsätzlich geht es darum, die prognostizierte Wirtschaftsentwicklung differenziert nach Branchen in Transportnachfrage zu «übersetzen». Die wirtschaftliche Entwicklung nach Branchen wird bei der Modellierung mit der AMG als exogen betrachtet und aus den Ergebnissen der Branchenszenarien (KPMG/Ecoplan, 2020) abgeleitet. Mit statistischen Methoden (siehe nachfolgender Abschnitt) wird analysiert, mit welchem Leitdatum (oder Kombinationen von Leitdaten) die in der Vergangenheit beobachtete Transportnachfrage am besten «getroffen» wird. Mit den prognostizierten Leitdaten (aus den Branchenszenarien) wird dann die zukünftige Transportnachfrage berechnet.

Statistische Methodik

Die Standardmethode besteht darin, das Aufkommen für eine Warengruppe über eine Regression auf die Bruttowertschöpfung einer der Branchen zu modellieren, die am meisten von dieser Warengruppe verbrauchen oder produzieren. Die meisten der ausgewählten Modelle verwenden nur eine einzige erklärende Variable, um das Problem der Überanpassung zu vermeiden. In den Fällen, in denen keine lineare Regression von ausreichender Qualität erzielt werden konnte, wurde eine alternative Methode angewandt, bei der die Transportintensität (in Tonnen/CHF der Bruttowertschöpfung) als Zwischenvariable verwendet wurde. Die Methode bestand dann darin, die in den retrospektiven Daten beobachteten Intensitätsänderungen durch eine Trendlinie zu erweitern. Auch hier wurde nur eine Wirtschaftsbranche pro Warengruppe verwendet.

Excel-Tool zur Wahl der Leitdaten

Für die Wahl der Leitdaten wurde ein Excel-Tool entwickelt. Damit ist es möglich, für jede Kombination aus Gutart (10 Warengruppen) und Verkehrsart (Binnenverkehr / Import / Export) zu erkennen, welches Leitdatum sowohl thematisch als auch statistisch gut passen könnte. Die inhaltlich thematische Zuordnung der Branchen zu den Warengruppen der AMG wurde manuell priorisiert, in der Form einer Wertematrix. Diese Wertematrix ist im Anhang 6.2: Beziehungen Leitdaten zu Warengruppen (AMG) aufgeführt. Mithilfe des Tools und mittels der Wertematrix wird schnell ersichtlich, welche Leitdaten sinnvoll sind und ob die Hinzunahme eines zweiten Leitdatums das Ergebnis verbessert. Eine Darstellung zu dem Tool findet sich in Anhang 6.1: Excel-Tool zur Wahl der Leitdaten im Güterverkehr.

Kriterien zur Wahl der Leitdaten

Zu jeder Kombination aus Waren- und Verkehrsart wird ein Leitdatum oder maximal zwei Leitdaten gewählt, welche sowohl den Zusammenhang inhaltlich nachvollziehbar repräsentieren sowie einen möglichst grossen Determinationskoeffizienten R^2 aufweisen. Gleichzeitig wird aber auch darauf geachtet, dass eine positive Korrelation mit den Aufkommenswerten der Gutart / Verkehrsart vorhanden ist. Eine negative Korrelation (negatives Vorzeichen) würde bedeuten, dass die wirtschaftliche Entwicklung antizyklisch zum Aufkommen in der Warengruppe verläuft. Ein solcher Effekt ist zwar theoretisch denkbar (bei Substitutionsgütern) aber für diese Analyse nicht zu begründen.

Ein mögliches zweites Leitdatum muss den oben beschriebenen Kriterien ebenfalls genügen. Ein zweites Leitdatum sollte nur gewählt werden, wenn sich durch die Hinzunahme des zweiten Leitdatums der Wert des Determinationskoeffizienten R^2 deutlich steigert und der Modelltest (Cross Validation) bessere oder zumindest keine schlechteren Ergebnisse liefert. Falls ein zweites Leitdatum gewählt wird, wurden auch die sich ergebenden Aufkommensprognosen mit einem bzw. mit dem zweiten Leitdatum verglichen und plausibilisiert.

Gewählte Leitdaten

In der folgenden Tabelle 16 sind die ausgewählten Leitdaten nach Warenart und Verkehrsart aufgelistet:

Tabelle 16: Leitdaten pro Warengruppe nach Verkehrsarten

Warengruppe	
Verkehrsart	Gewählte Leitdaten zur Aufkommensprognose
01 Landwirtschaft	
Binnenverkehr	A Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei
Import	47 Detailhandel
Export	A Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei
Import Italien	10 – 12 Herstellung von Nahrungsmitteln und Tabakerzeugnissen
Export Italien	A Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei
02 Nahrungsmittel	
Binnenverkehr	Konsumausgaben privater Haushalte
Import	Importe
Export	Exporte
Import Italien	10 – 12 Herstellung von Nahrungsmitteln und Tabakerzeugnissen
Export Italien	10 – 12 Herstellung von Nahrungsmitteln und Tabakerzeugnissen
03 Energieträger	
Binnenverkehr	19 – 20 Kokerei, Mineralölverarbeitung und Herstellung von chemischen Erzeugnissen
Import	19 – 20 Kokerei, Mineralölverarbeitung und Herstellung von chemischen Erzeugnissen
Export	19 – 20 Kokerei, Mineralölverarbeitung und Herstellung von chemischen Erzeugnissen
Import Italien	F Baugewerbe/Bau
Export Italien	Bruttoinlandsprodukt
04 Erze, Steine und Erden	
Binnenverkehr	23 Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden
Import	F Baugewerbe/Bau
Export	Exporte
Import Italien	B Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden
Export Italien	Exporte
05 Baustoffe und Glas	
Binnenverkehr	F Baugewerbe/Bau
Import	Importe
Export	F Baugewerbe/Bau
Import Italien	24 Metallerzeugung und -bearbeitung
Export Italien	22 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
06 Chemie und Kunststoffe	
Binnenverkehr	21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
Import	21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
Export	21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
Import Italien	21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
Export Italien	21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen
07 Metalle und Halbzeuge	
Binnenverkehr	25 Herstellung von Metallerzeugnissen
Import	Importe & 25 Herstellung von Metallerzeugnissen
Export	Exporte
Import Italien	29 Herstellung von Automobilen und Automobilteilen
Export Italien	28 Maschinenbau
08 Abfälle	
Binnenverkehr	46 Grosshandel
Import	46 Grosshandel
Export	47 Detailhandel
Import Italien	46 Grosshandel
Export Italien	46 Grosshandel
09 Halb- und Fertigwaren	
Binnenverkehr	28 Maschinenbau
Import	16 Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)
Export	Exporte
Import Italien	17 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus
Export Italien	28 Maschinenbau
10 Stück- und Sammelgut	
Binnenverkehr	46 Grosshandel
Import	Importe
Export	Exporte

Für die Warenarten 3 (Energieträger) und 8 (Abfälle) werden die Aufkommensentwicklungen anhand vorhandener Perspektiven und Prognosen abgeleitet. Bei den Energieträgern bilden die Ergebnisse der EP2050+ die Basis der Aufkommensprognose. Bei den Abfällen werden die Studie zur Aufkommensentwicklung der Siedlungsabfälle (Prognos AG, 2018) und die Analysen für die Bauabfälle beim Hochbau (Wüest & Partner, 2015), beziehungsweise für Bauabfälle beim Tiefbau (Energie- und Ressourcen-Management GmbH, 2016) herangezogen. Methodisch wurden Transportintensitäten per Modifikation im TM 1 der AMG so angepasst, dass sie mit den Ergebnissen der EP2050+ bzw. der Analysen zur Entwicklung beim Abfallaufkommen zusammenpassen.

Die anderen Warenarten wurden ausschliesslich anhand der Leitdatenentwicklung und mithilfe des Excel-Tools zur Wahl der Leitdaten prognostiziert.

Transportkosten

Die Transportkosten sind verkehrsarten- und modalspezifisch und für die Zeitreihe seit dem Jahr 2010 bis zum Prognosehorizont (2050) definiert. Die AMG nutzt die Entwicklung der Transportkosten um die Effekte der Verkehrsverlagerung zu quantifizieren. In Verbindung mit den Kostenelastizitäten ermittelt die Kostenfunktion allfällige modale Nachfrageverschiebungen. Im Rahmen der VP 2050 wurden die Transportkosten aus den VP 2040 geprüft, aktualisiert und um eine konsistente Herleitung und Analyse der Transportkostenentwicklung erweitert.

Kostenstruktur

Für die Kostenberechnung wurde grundsätzlich die Struktur aus den VP 2040 übernommen, in dem die Gesamtkosten über die Komponenten Betriebskosten, Energiekosten, Infrastrukturnutzungskosten, Personalkosten und sonstige Kosten hergeleitet werden. Je nach Verkehrsträger wurden diese einzelnen Kostenbestandteile teilweise noch weiter untergliedert, um möglichst präzise Kostenentwicklungen abbilden zu können. Dies ist insbesondere im Strassengüterverkehr der Fall (siehe Erweiterungen im Rahmen der VP 2050).

Die Transportkosten wurden sowohl für den Binnenverkehr als auch für den Transitverkehr berechnet. Dabei wurde im Binnenverkehr von einem Transportvorgang durch einen «typischen» schweizerischen Dienstleister ausgegangen, während für den Transitverkehr eine Mischkalkulation aus italienischen und deutschen (im Strassengüterverkehr auch französischen) Dienstleistern erfolgte. Beim Import- und Export wurde ebenfalls ein Mischkostensatz gewählt, der von einem Anteil von je 50% an schweizerischen und ausländischen Dienstleistern ausgeht. Somit liegen die Kostensätze des Im-/Export stets in der Mitte zwischen den Kostensätzen des Binnen- und Transitverkehrs.

Erweiterungen im Rahmen der VP 2050

Nachstehend werden die vorgenommenen Erweiterungen der Analyse der Transportkostenentwicklungen beschrieben.

Differenzierte Transportkosten nach Antriebform

Eine massgebliche Erweiterung des Transportkostentools stellt die differenzierte Betrachtung nach unterschiedlichen Antriebsformen bei den leichten und schweren Nutzfahrzeugen dar. Damit werden neu getrennte Kostensätze für die Antriebsarten Diesel, Erdgas, Batterieelektrisch und Brennstoffzellen ausgewiesen. Somit ist es möglich, Szenarien zur Durchdringung der unterschiedlichen Antriebstechnologien zu unterstellen. Die Flottenstruktur nach Antrieb wird aus den Schweizer EP2050+ und differenziert nach Lieferwagen, Lastwagen und Lastzüge sowie den Szenarien «Weiter-wie-bisher» und «ZERO Basis» übernommen. Für das Szenario NTG wird die Flottenstruktur aus dem Szenario «ZERO Basis» angenommen, für die anderen VP-Szenarien das Szenario «Weiter-wie-bisher».

Neben dieser Neuerung wurden die schweren Nutzfahrzeuge zusätzlich in Lastzüge und Lastwagen unterteilt. Für den Binnenverkehr wurde davon ausgegangen, dass es sich um Lastwagen ohne Anhänger im Verteilerverkehr handelt. Da für die Langstrecke jedoch in der Regel kaum Lastwagen ohne Anhänger eingesetzt werden und daher auch kaum entsprechende Informationen zu den anzusetzenden Kosten vorhanden sind, erscheint es nicht sinnvoll, diese Fahrzeuge auch im Transitverkehr anzunehmen. Aus diesen Gründen wurden keine gesonderten Kostensätze für die Lastwagen bei der Verkehrsart Transit bestimmt. Für den Im-/Export wurde hingegen vereinfachend angenommen, dass die Kostenstruktur der Lastwagen der Kostenstruktur der Lastzüge im Im-/Export entspricht.

Personalkosten durch automatisiertes Fahren

Bei der Entwicklung der Personalkosten beim automatisierten Fahren wurden die Effekte nach den fünf Automatisierungsstufen (SAE-Level, siehe auch (ASTRA, 2019a)) abgeschätzt. Bei den Automatisierungsstufen 1 bis 3 hat der Fahrer weiterhin die Kontrolle über das Fahrzeug beziehungsweise muss jederzeit wieder das Steuer übernehmen können. Insofern können hier keine Einsparungen bei den Personalkosten erwartet werden.

Ab der Automatisierungsstufe vier könnte theoretisch auf einen Fahrer verzichtet werden. Allerdings gehen derzeit weder die Hersteller (Borner, 2018; DVZ, 2019a) noch die Nutzerseite (DVZ, 2019b, 2019c) davon aus, dass dies tatsächlich der Fall sein wird, sondern planen mit Begleitpersonal. Begründet wird dies damit, dass in der Regel immer noch Fahrer aus Sicherheitsgründen (z.B. gegen Diebstahl der Ware) oder für das Ausliefern der Ware an den Kunden benötigt werden. Das autonome Fahren wird daher eher als Erleichterung im Arbeitsalltag gesehen, da das Fahrzeug beispielsweise Teilstrecken ohne Fahrer zurücklegen oder der Fahrer nebenbei fahrfremde Aufgaben wie Disposition oder das Sortieren von Paketen übernehmen kann. Insofern sind weiterhin Personalkosten anzusetzen. Allerdings ist davon auszugehen, dass Fahrten so geplant werden, dass die Pausenzeiten bei Bedarf im fahrenden Fahrzeug verbracht werden und die Fahrer teilweise fahrfremde Bürotätigkeiten übernehmen können. Dies sollte daher zu Effizienzgewinnen führen, die sich in leicht niedrigeren Personalkosten pro Fahrzeugkilometer ausdrücken.

Während in der Automatisierungsstufe vier der Fahrer jederzeit das Steuer übernehmen könnte, ist ein menschlicher Eingriff in der Automatisierungsstufe fünf nicht mehr vorgesehen. Somit ist hier noch einmal ein zusätzlicher kostensenkender Effekt zu erwarten, da der Führerschein als Qualifizierungshürde entfällt. Dies erhöht den verfügbaren Arbeitskräfte-Pool für die Tätigkeit des «Fahrzeugbegleiters».

Aufgrund der oben ausgeführten Überlegungen werden folgende Einsparungen bei den Personalkosten in Abhängigkeit der Automatisierungsstufe angesetzt:

- Level 1-3: 0%
- Level 4: -40%
- Level 5: -50%

Die zeitliche Entwicklung der Durchdringungsraten an automatisierten Lkw wird – wie auch beim Personenverkehr – aus einer ASTRA-Studie (ASTRA, 2019d) abgeleitet. In dieser Analyse werden zwei Markthochläufe für die Zeitschritte 2030, 2040 und 2050 berechnet. Höhere Automatisierungsgrade werden im «Extrem Szenario» präsentiert, welches für die Alternativszenarien (NTG und ITG) der VP genutzt wird. Entsprechend werden die Werte aus dem «Trendszenario» für die VP-Szenarien WWB und Basis eingesetzt.

Elastizitäten

Zur Bestimmung der modalen Verschiebungen (Modal Shifts) werden bei der AMG Elastizitäten verwendet. Dabei werden sowohl Zeit- als auch Kostenelastizitäten für den Strassengü-

terverkehr und die Schiene genutzt. Im Weiteren werden die Elastizitäten nach 10 Warengruppen unterschieden. Insgesamt handelt es sich also um 40 einzelne Elastizitäten, die die Reaktion von Zeit- beziehungsweise Preisänderungen auf die Nachfrage nach den Leistungen der Verkehrsträger Strasse und Schiene darstellen.

Im Rahmen der VP 2050 wurden die vorhandenen Elastizitäten evaluiert, Quellen recherchiert und geprüft, ob gegebenenfalls Anpassungen vorzunehmen sind. Die bisher in der AMG verwendeten Elastizitäten basieren im Grundsatz auf den Elastizitätswerten der deutschen Bundesverkehrswegeplanung 2015. Diese wurden auf Basis einer Erhebung von realen Transportvorgängen mittels eines Logit-Verkehrsmittelwahlmodells abgeleitet und haben damit hohe empirische Relevanz. Die Anpassung an die Schweizer Verhältnisse geschieht über Korrekturfaktoren, die die unterschiedlichen Anteile der Verkehrsträger Strasse und Schiene zwischen Deutschland und der Schweiz ausgleicht (TCI-Röhling, 2015). Mehrere Quellen wurden gesichtet, um die Aktualität und Robustheit der verwendeten Elastizitäten zu prüfen (De Jong et al., 2010; BVU, 2016; KWC, 2018). Die in der AMG hinterlegten Elastizitäten stellen auch nach der Sichtung aktueller Erkenntnisse die geeignetste Basis dar, um die modalen Verschiebungen im Modell zu berechnen, insofern wurden keine Anpassungen bei den Elastizitätswerten gegenüber den VP 2040 vorgenommen.

Mikrohubs

Im Rahmen der VP 2050 wird untersucht, welchen Effekt Mikrohub auf die Lieferwagen- und Cargoveloverkehre haben können. Dazu werden sechs Schweizer Grossagglomerationen betrachtet, welche für eine Mikrohub-Infrastruktur infrage kommen. Je nach Jahrescheibe und Szenario werden im Modell eine unterschiedliche Anzahl an Mikrohub je Grossagglomerationen angenommen und geographisch verortet.

Eine realistische Transportkette über einen Mikrohub sieht wie folgt aus: Wenn die Zielzone (Endempfänger) einem Mikrohub zugeordnet ist, wird der Weg zweigeteilt: Einen Weg von der Quelle zu dem der Zielzone zugeordneten Mikrohub mit dem Lieferwagen und einen Weg vom Mikrohub zum Ziel mit dem Cargovelo. Dies bedeutet in der Praxis eine Verkürzung der Fahrten mit Lieferwagen und zusätzliche Velo-Fahrten. Andere mögliche Effekte – wie beispielsweise eine Erhöhung der durchschnittlichen Beladung bei schweren Nutzfahrzeugen, welche die Mikrohub beliefern – werden nicht betrachtet.

Die Wahl der Anzahl von Mikrohub in den sechs Schweizer Agglomerationen³⁵ erfolgt in mehreren Schritten. Mit Hilfe von GIS-Analysen unter Zuhilfenahme von sozioökonomischen Strukturdaten werden die Mikrohub verortet. Bei den Strukturdaten richtet sich der Fokus auf die Bevölkerungsdichte (Einwohner/km²) einerseits und andererseits auf die Einkaufsbesucher (Handelsfläche/-aktivität) je Verkehrszone. Je höher die beiden Merkmale sind, desto eher entsteht ein Mikrohub in der entsprechenden Verkehrszone.

Die Anzahl an Mikrohub je Agglomeration und Zeitpunkt ist die einzige Inputgrösse, welche im Zusammenhang mit der Mikrohubmodellierung zwischen den Szenarien variiert wird. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Anzahl an Mikrohub je Agglomeration, Szenario und Zeitpunkt. Im Szenario «WWB» werden keine Mikrohub angenommen und im Szenario «ITG» werden die gleichen Annahmen wie beim Szenario «Basis» angenommen.

Tabelle 17: Anzahl modellierter Mikrohub nach Szenarien, Zeitpunkten und Agglomerationen

BASIS & ITG	2020	2030	2040	2050
Zürich	2	4	7	8
Genf	1	2	5	6
Basel	1	2	4	4
Bern	1	1	3	4
Lausanne	1	2	3	4
Winterthur	-	2	3	4
Summe	6	13	25	30
NTG	2020	2030	2040	2050
Zürich	2	7	13	16
Genf	1	5	8	9
Basel	1	3	5	6
Bern	1	4	7	8
Lausanne	1	4	5	7
Winterthur	-	3	5	6
Summe	6	26	43	52

³⁵ In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden folgende Grossagglomerationen (>100'000 Einwohner) der Schweiz zur Analyse der Mikrohub identifiziert: Zürich, Genf, Basel, Bern, Lausanne und Winterthur.

Online-Handel

Um die Anzahl der durch den Online-Handel vermiedenen Einkaufswege (Reduktion gemäss den Annahmen im Personenverkehr, siehe Tabelle 6) in Lieferwagen-Fahrten umzurechnen, wurde ein spezielles Verfahren entwickelt. Während die Nachfragematrix für Lieferwagen normalerweise nur Güter der Warengruppe 10 enthält, wurde sie hierzu in zwei Segmente unterteilt: KEP-Dienste (d.h. Kurier-, Express- und Paketdienste) und alle übrigen Güter der Warengruppe 10. Das Wachstum des KEP-Segments, das laut der letzten Lieferwagenerhebung 7.18% der zurückgelegten Kilometer ausmacht, wurde anhand der vermiedenen Einkaufswege nach der nachfolgend beschriebenen Methode geschätzt, während das Wachstum der übrigen Güter der Warengruppe 10 nach der Standard-AMG-Methode (siehe Abschnitt 6.3) berechnet wurde.

Grundsätzlich wurde die Prognose der Lieferwagenfahrten im KEP Segment zunächst als «Baseline» unter der Annahme, dass das Sendungsaufkommen pro Einwohner gleichbleibt, mit dem Bevölkerungswachstum hochgerechnet. Darüber hinaus wurden je Szenario unter der Annahme, dass jeder vermiedene Einkaufsweg ein zusätzliches Paket erzeugt, die zusätzlichen Sendungen ermittelt.

Da Lieferwagen in der Regel viele Pakete auf einer Fahrt zustellen, wurde das Wachstum der Nachfragematrix von Lieferwagenfahrten im KEP-Segment durch Anwendung einer Elastizität geschätzt. Die Elastizität wurde auf der Grundlage von Prognosen in Tonnen und zurückgelegten Kilometern aus dem Projekt Nachhaltige Stadtlogistik Wiesbaden (Prognos, 2020) mit 0.9 ermittelt. Eine Elastizität von < 1 erscheint realistisch, da die Anzahl der Pakete, die auf einer Fahrt zugestellt werden können, im Vergleich zum Wachstum der zuzustellenden Pakete wegen der erhöhten Fahrzeugauslastung leicht unterproportional steigt. Wenn also die Zahl der zuzustellenden Pakete um 10% steigt, erhöht sich die Zahl der Fahrten der KEP-Zustellfahrzeuge nur um 9%.

In der folgenden Tabelle ist als Ergebnis dieser Methode das Wachstum in Lieferwagen-Fahrten für das KEP-Segment dargestellt.

Tabelle 18: Wachstum der Lieferwagenfahrten für das KEP Segment

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
WWB	5%	60%	100%	123%	136%	141%	147%
BASIS	5%	56%	99%	125%	141%	148%	150%
NTG	5%	73%	123%	161%	182%	190%	193%
ITG	5%	63%	120%	164%	193%	199%	200%

6.4. Personenverkehr

Gegenüber klassischen Visum-Verkehrsmodellen weist das NPVM Besonderheiten auf. Es gibt eine parallele Haltung von drei autonomen Angebotsmodellen in eigenen Visum-Versionsdateien (PW, ÖV, Velo). Die Steuerung der gesamten Berechnung erfolgt aus einer Visum-Versionsdatei für die Nachfrageberechnung. Dieses Hauptmodell Nachfrageversion ist "netzfrei", aber sie enthält alle Matrizen und die Verfahren zur Berechnung der Verkehrsnachfrage für den Personenverkehr und den landseitigen Flughafenverkehr.

Für Einbindung des NPVM in das Gesamtmodell Schweiz ("GMS") im Rahmen der VP 2050 wurde verschiedene Aspekte überarbeitet. Im Unterschied zur Version aus dem Projekt "Modelltablierung Nationales Personenverkehrsmodell (NPVM) 2017" ergeben sich Unterschiede in folgenden Punkten:

- Bereinigung von verschiedenen Unzulänglichkeiten im Verfahrensablauf des NPVM
- Austausch des Tools für die Berechnung der ÖV-Auslastung (Beschleunigung)
- Einbindung der ÖV-Auslastung in die Rückkopplung
- Testrechnungen zur Reproduktion der Konvergenz der Analyse
- Hinzufügen einer finalen Velo-Umlegung
- Einfügen diverser Matrizen und Berechnungsprozeduren für die VP, darunter:
 - Hochrechnung der Matrizen des Aussenverkehrs für ÖV und PW
 - Berechnung der Matrizen für Autonome Fahrzeuge ("AV")
 - Berechnung der Matrizen für On Demand-Verkehre ("OnD")
 - Korrekturübertrag: Übertrag der Ergebnisanpassungen aus dem Analysemodell in das Prognosemodell
- Überarbeitung und Verfeinerung eines Tools für die Automatische Auswertung
- Hinzufügen von benutzerdefinierten Attributen und Verfahren für die Aufrüstung
- Hinzufügen von benutzerdefinierten Attributen für die Stapelverarbeitung
- Hinzufügen von Verfahren für die Umrechnung von DWV und DTV

Modelllauf NPVM

Die Berechnung mit dem NPVM läuft in drei Phasen ab (siehe Abbildung 169):

- Aufrüstung des Visum-Verkehrsmodells
- Berechnung der Verkehrsnachfrage und Umlegung («Simulation»)
- Auswertung

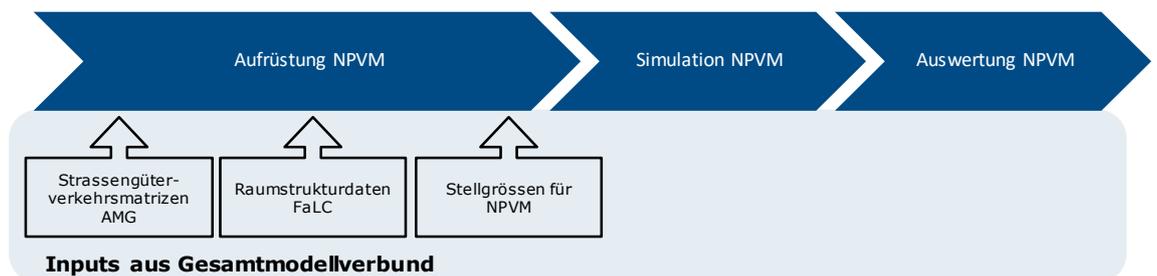


Abbildung 169: Schematischer Ablauf NPVM für eine Zeitscheibe

Etablierung eines Aufrüstprozesses

Die Variablen der Zeitscheiben werden in visumkompatiblen Dateien gesichert. Diese müssen vor Beginn der Berechnung in die Visum-Versionen importiert werden. Das ist ein umfangreicher Prozess mit mehr als 70 Dateien und 200 Verfahrensschritten pro Zeitscheibe. Für das Einlesen der Dateien wurde ein eigener Verfahrensablauf aufgebaut. Die Aufrüstung aller Zeitscheiben eines Szenarios kann - wie die Simulation auch - mit dem Stapeltool (siehe unten) abgearbeitet werden.

Zum Aufrüstprozess gehört ein eigenes, einfaches Auswertetool. Das Tool soll den Nutzenden unterstützen, Fehler beim Aufrüsten zu finden, bevor die eigentliche Berechnung gestartet wird.

Die Tabelle 5 im Kapitel Bildung der Stellgrößen (Seite 91) gibt das Set an Stellgrößen an, welche zwischen den verschiedenen Modellen ausgetauscht wurden.

Simulation NPVM

Der Modellansatz für das EVA-Nachfragemodell für den Personenverkehr ist eine spezielle Ausprägung des Vier-Stufen-Modells und beinhaltet die theoretische Basis der ersten drei Arbeitsschritte:

- Verkehrs**E**rzeugung (Anzahl beginnende und endende Wege in allen Verkehrsbezirken)
- Verkehrs**V**erteilung (Zielwahl)
- Verkehrs**A**ufteilung (Moduswahl)
- Umlegung (Routenwahl für jeden Modus)

Das Modell enthält eine Segmentierung, mit der die gesamte Nachfrage im Untersuchungsgebiet in homogene Schichten geordnet wird. Dafür werden mehrere Kriterien genutzt:

- Fahrtzwecke für den privaten Personenverkehr, z.B. Arbeiten, Einkaufen, Bildung
- Personengruppen, z.B. in Abhängigkeit von Alter, Erwerbsumfang und Mobilitätswerkzeugbesitz
- Verortung von Start und Endpunkt eines Weges in Bezug zum Planungsgebiet: Binnenverkehr, Quell- und Zielverkehr, Verkehre mit Start und Ziel ausserhalb des Planungsgebiets (Aussenverkehr)
- Anlass/ökonomische Motivation (Privater Personenverkehr, Wirtschafts- und Güterverkehr)

Mit dem Arbeitsschritt **Verkehrserzeugung** wird das Verkehrsaufkommen der einzelnen Verkehrsbezirke berechnet. Eingangsröße hierfür sind die verhaltenshomogenen Personengruppen, die sonstigen Strukturgrößen (z.B. Arbeitsplätze, Besucherzahlen von Einkaufs- und Freizeiteinrichtungen) und die Mobilitätsraten der Einwohner. Hier wirken zum Beispiel die Raumstrukturdaten aus FalC oder andere Stellgrößen, die die Mobilitätsraten beeinflussen.

Im Schritt **Verkehrsverteilung** werden die Verkehrsströme zwischen Quellbezirken und Zielbezirken berechnet. Unter Berücksichtigung der spezifischen Aufwände je Verkehrsmodus (z.B. Zeiten, Kosten) erfolgt dazu die Verteilung eines Quellaufkommens auf die im Untersuchungsgebiet erreichbaren Ziele. Die Aufwände oder Kenngrößen werden vor dem Hintergrund einer durch die Personen vorgenommenen Nutzenoptimierung bewertet.

In der EVA-spezifischen, simultanen Berechnung von Verkehrsverteilung und **Verkehrsaufteilung** werden beide Schritte gemeinsam ausgeführt, d.h. zusätzlich zu den quell- und zielseitigen Randsummen werden auch die Vorgaben zum Modal-Split je Quelle-Ziel-Gruppe berücksichtigt. Dazu werden alle relevanten Kenngrößen (Zeit, Längen, Kosten, Takt, Zu- und

Abgangszeit, Umsteigehäufigkeit, PW-Verfügbarkeit und ÖV-Zeitkartenanteil) herangezogen und sind gleichzeitig wirksam.

In der **Umlegung für den Strassenverkehr** werden die Verkehrsströme zwischen allen Quell- und allen Zielbezirken auf alternative Routen aufgeteilt und dabei die belastungsabhängigen Widerstände der Strecken und Knoten berücksichtigt. Die Algorithmen arbeiten iterativ. In jedem Schritt wechseln sich Prozesse zur Routensuche und zur Aufteilung des Stroms ab. Das Verfahren bricht erst ab, wenn der Widerstand des aktuellen und des vorhergehenden Iterationsschrittes mit hinreichender Genauigkeit übereinstimmen. Es ist ein Nutzergleichgewicht (Pareto Optimum) erreicht, wenn kein Nutzer durch einen Wechsel auf eine andere Route eine Verbesserung erreichen kann. Im NPVM kommt für den Strassenverkehr das diesem Prinzip folgende Gleichgewichtsverfahren Bi-conjugate Frank-Wolfe zum Einsatz.

In der **Umlegung für den ÖV** werden - wie beim Strassenverkehr - die Verkehrsströme zwischen allen Quell- und Zielbezirken auf alternative Verbindungen aufgeteilt und dabei die Linien, deren Fahrplan, das Umsteigen und der Zu- und Abgang zu Haltestellen berücksichtigt. Das im NPVM verwendete fahrplanfeine Verfahren berücksichtigt diese Kriterien in hohem Masse. Es ermittelt für jede Quelle-Ziel-Relation Verbindungen und unterstellt bei der Suche, dass die Reisenden über Fahrplaninformation verfügen und ihren Zugangszeitpunkt passend zur Abfahrt der ersten ÖV-Linie wählen. Die vom Routensuchalgorithmus ermittelten Verbindungen werden in einer Verbindungsvorauswahl anhand allgemeiner Kriterien noch einmal dahingehend untersucht, ob manche Verbindungen qualitativ deutlich unterlegen sind und gelöscht werden können. Der Strom wird proportional auf die ermittelten Verbindungen aufgeteilt.

In der **Radverkehrsumlegung** wird ein stochastisches Verfahren benutzt, um die Ströme auf die alternativen Routen umzulegen. Im Unterschied zur PW-Umlegung wird der Widerstandswert aus der Fahrzeit einer Strecke und der Längsneigung gebildet.

In der Realität stellt sich ein **Gleichgewicht** zwischen Nachfrage und Angebot ein. Für das Verkehrsgeschehen wird unterstellt, dass die Verkehrsnachfrage auf die Auslastung des Streckennetzes und damit auf die Reisezeit wirkt (= Wirkung) und im Gegenzug die steigende Reisezeit einen Rückgang der Nachfrage bewirkt (= Gegenwirkung). Der Zustand des Gleichgewichtes ist der „Beharrungszustand“ – kein Verkehrsteilnehmer hat eine Veranlassung sein Verhalten zu ändern, wenn er seine „optimale häusliche Mobilitätstrategie“ gefunden hat. Eine Revision dieser Sicht wird erst dann wieder vorgenommen, wenn sich die „Umstände“ exogen ändern.

Es gibt keine geschlossene mathematische Funktion, um den Gleichgewichtspunkt durch einen einzelnen Rechenlauf zu ermitteln. Um das Gleichgewicht herzustellen, muss eine numerische Lösung gefunden werden, d.h. die Berechnung so oft wiederholt («Rückkopplung») werden, bis eine Kontrollgrösse wie die Verkehrsleistung über mehrere Iterationsschritte hinweg einen stabilen Wert erreicht. Dieser Prozess wird in Abbildung 170 schematisch dargestellt.

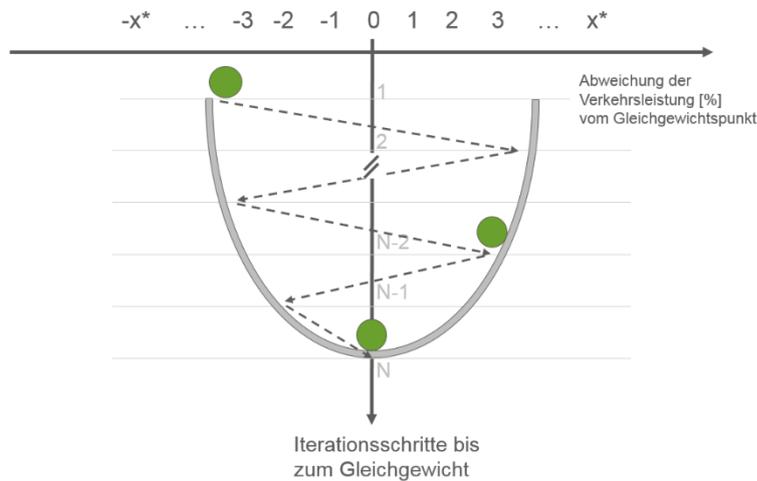


Abbildung 170: Gleichgewicht und Konvergenz in einem Verkehrsmodell (Prinzipiskizze)

In einem Verkehrsmodell gibt es mehrere Teilalgorithmen, die iterativ arbeiten und einen Gleichgewichtspunkt ermitteln müssen:

- Die IV-Umlegung: Die Prüfung und das Stoppen des Umlegungsverfahrens erfolgen intern in Visum.
- Die ÖV-Umlegung: die Auslastung des Rollmaterials wird ermittelt und mit der Nachfrage rückgekoppelt, aber innerhalb der ÖV-Umlegung wird aus Gründen der Rechenzeit nicht zurückgekoppelt (d.h. alternative Verbindungen gesucht).
- Angebot und Nachfrage: Die belastungsabhängige Reisezeit des IV wird so lange rückgekoppelt, bis sich zwischen Angebot und Nachfrage ein Gleichgewicht einstellt. Hinzu kommt, dass die ÖV-Auslastung zwei Mal in die Nachfragerechnung rückgekoppelt wird. Dieses Vorgehen ist ein technischer Kompromiss, da eine mehrfache Rückkopplung mit dem ÖV-Modell die Rechenzeit wesentlich erhöht hätte.

Ein «eingeschwungenes» Prognose-Modell ist wichtig, da nur so die Unterschiede zwischen Analyse und Prognose exakt abgebildet werden können. Ansonsten kommt es zu Fehlurteilen, wie die Abbildung 171 verdeutlicht.

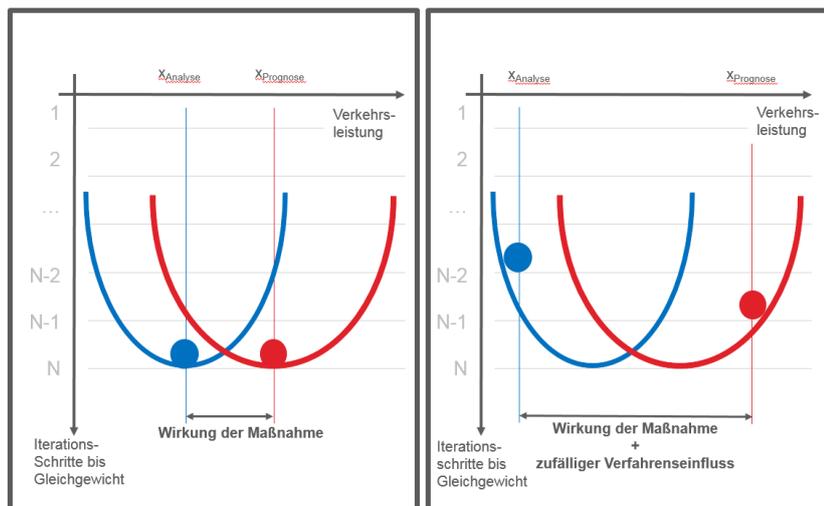


Abbildung 171: Vergleich eines Analysefalles (blaue Kurve) und Prognosefalls (rote Kurve) bei idealem Erreichen eines Gleichgewichtszustandes (linke Grafik) und unvollständigem Erreichen des Gleichgewichtspunktes (rechte Grafik)

Die Berechnung mit dem NPVM erfolgt mit den gleichen Verfahren und Prinzipien, die bereits im Etablierungsprojekt angewendet wurden. Die Beschreibung erfolgt ausführlich in ARE (2020c).

Auswertetools NPVM

Die Auswertung der Daten erfolgt mit dem vorhandenen und für die VP weiterentwickelten Auswertetool. Das Auswertetool ist ein in Visum integriertes Pythonskript. Es kopiert Visumlisten in vorbereitete Exceldateien. Die Beschreibung des Auswertetools liegt mit dem Schlussbericht (siehe Kapitel 2.6.2) und dem Benutzerhandbuch (siehe Kapitel 2.3) zum Projekt Modelletablierung NPVM 2017 (ARE, 2020d) vor.

Für die VP 2050 sind die Auswertungen inhaltlich verfeinert worden. Für jede der vier Versionsdateien existiert eine eigene Auswertedatei, und zwar für jedes Szenario.

Verfügbar sind folgende Daten (basierend jeweils auf Auswertungen des DWV-Zustands):

- Für das Nachfragemodell
 - Verkehrsmengen nach Nachfrageschichten: Gegenüberstellung Empirische Daten³⁶ und Modellwerte
 - nach Planungsgebiet und Umland
 - nach Modi
 - nach Nachfrageschichten und Kriterium interzonal und intrazonal
 - Mobilitätsrate pro Einwohner
 - pro Nachfrageschicht und Summe Nachfrageschichten
 - Übersicht der Strukturdaten
 - Wegemenge, Personenkilometer und mittlere Reiseweite nach Wegezwecken
 - nach Raumtypen (städtisch, intermediär, ländlich)
 - nach Modi
 - nach Kriterium interzonal und intrazonal
 - Anteil des intrazonalen Verkehrs
 - nach Raumtypen
 - Modal-Split der Analyseperiode
 - nach Gemeinden
 - nach Kantonen
 - Reisezeitenverteilung und Reiseweitenverteilung (Empirische Daten und Modellwerte)
 - nach Modi
 - nach Wegezweck
 - nach Nachfrageschicht
- Für den MIV:
 - Fahrzeugkilometer und Fahrzeugstunden für die IV-Nachfragesegmente³⁷:
 - Werte für Analyseperiode und Jahreswert
 - nach Netzhierarchie, Ortslage und Binnenverkehr Schweiz für Analyseperiode
 - nach Gemeinden für Analyseperiode
 - nach Kantonen für Analyseperiode und Jahreswert
 - Personenkilometer und Personenstunden für die IV-Nachfragesegmente³⁸:
 - Werte für Analyseperiode und Jahreswert

³⁶ Empirische Daten aus Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV) 2015

³⁷ IV-Nachfragesegmente in der IV-Umlegung sind: PW Binnenverkehr, PW Flughafenverkehr, PW Aussenverkehr, PW Autonome Fahrzeuge QZD, PW Autonome Fahrzeuge Binnen+Flughafenverkehr, PW On Demand, Lieferwagen LI, Lastwagen LW, Lastzug LZ, LI Autonome Fahrzeuge, LW Autonome Fahrzeuge, LZ Autonome Fahrzeuge und Motorräder

³⁸ IV-Nachfragesegmente in der IV-Umlegung sind: PW Binnenverkehr, PW Flughafenverkehr, PW Aussenverkehr, PW Autonome Fahrzeuge QZD, PW Autonome Fahrzeuge Binnen+Flughafenverkehr, PW On Demand, Lieferwagen LI, Lastwagen LW, Lastzug LZ, LI Autonome Fahrzeuge, LW Autonome Fahrzeuge, LZ Autonome Fahrzeuge und Motorräder

- nach Netzhierarchie, Ortslage und Binnenverkehr Schweiz für Analyseperiode
- Anzahl Wege in der Schweiz: Matrixeckwert
- IV-Zählstellen: Zählwert DWV 2017 und Modellwert nach IV-Verkehrssystemen
- Engpassstellen: Anzahl Fahrzeuge, Kapazität, Geschwindigkeit und PW-Einheiten
- Güterströme in Tonnenkilometer
 - Ströme zwischen Planungsgebiet (Schweiz) und Umland
 - nach Fahrzeugen LI, LW, LZ und LI Autonome Fahrzeuge, LW Autonome Fahrzeuge und LW Autonome Fahrzeuge für Analyseperiode
- Für den ÖV:
 - Linienbeförderungsfälle, Personenkilometer und Personenstunden für die ÖV-Nachfragesegmente³⁹:
 - nach Netzhierarchie für Analyseperiode und Jahreswert
 - nach Verkehrssystem für Analyseperiode und Jahreswert
 - nach Linien für Analyseperiode und Jahreswert
 - nach Betreibern für Analyseperiode und Jahreswert
 - Personenkilometer und Personenstunden für die ÖV-Nachfragesegmente⁴⁰:
 - nach Gemeinden
 - nach Kantonen
 - ... dabei jeweils mit einer Zuordnung des intrazonalen Verkehrs und der Verkehrsmenge auf der Anbindung zu Fussgänger- und Veloverkehr
 - ÖV-Zählstellen: Zählwert DWV 2017 und Modellwert nach ÖV-Nachfragesegmen-ten
 - Netzweite Auslastung der ÖV-Fahrzeuge mittels eines Stellvertreterwertes
 - Anzahl Wege in der Schweiz nach ÖV-Nachfragesegmenten: Matrixeckwert
- Für den Veloverkehr:
 - Fahrzeugkilometer und Fahrzeugstunden:
 - nach Netzhierarchie und Ortslage für Analyseperiode
 - Personenkilometer und Personenstunden:
 - nach Netzhierarchie und Ortslage für Analyseperiode
 - Personenkilometer und Personenstunden:
 - nach Gemeinden für Analyseperiode
 - nach Kantonen für Analyseperiode
 - Anzahl Wege in der Schweiz: Matrixeckwert für Analyseperiode
 - Velo-Zählstellen: Zählwert und Modellwert für Analyseperiode

³⁹ Nachfragesegmente für den ÖV in der Umlegung: Binnenverkehr; landseitiger Flughafenverkehr, Quell-Ziel- und Durchgangsverkehr

⁴⁰ Nachfragesegmente für den ÖV in der Umlegung: Binnenverkehr; landseitiger Flughafenverkehr, Quell-Ziel- und Durchgangsverkehr

Die folgende Abbildung 172 bis Abbildung 174 zeigen eine Auswahl von Diagrammen und Auswertungen aus dem Auswertetool.

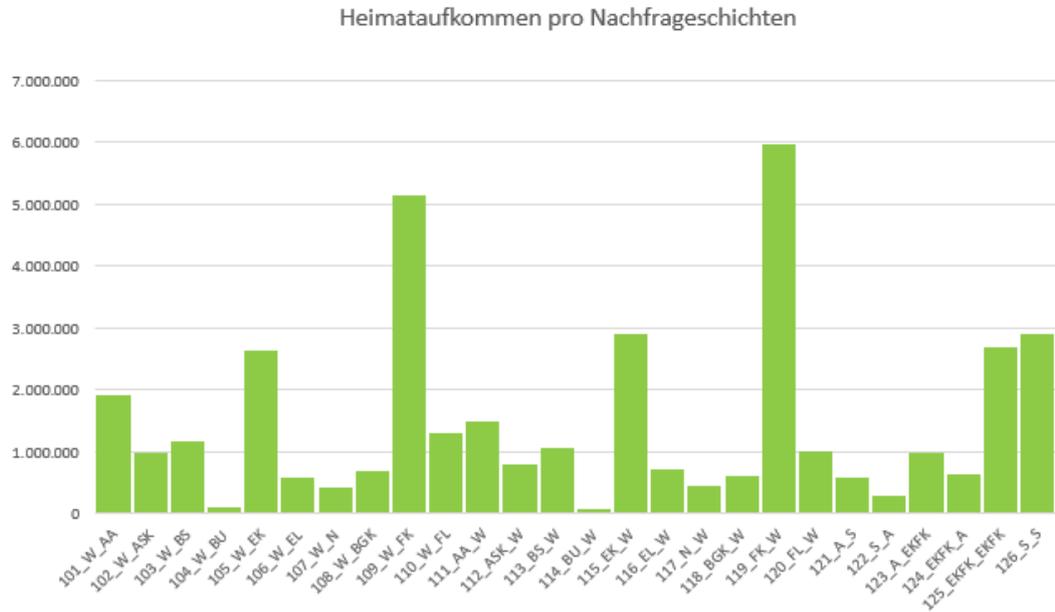


Abbildung 172: Beispiel Auswertung – Wegemenge nach Nachfrageschichten

A1: Personenkilometer [Perskm] - Analyseperiode

		ÖV-Sum S+Z				Strecken				Anbindungen				Zonenbinnenverkehr					
		Sum	X	X FH	X QZD	Sum	X	X FH	X QZD	Sum	X	X FH	X QZD	Sum	X	X FH	X QZD	Sum	
Zusammenfassung																			
	Summe CH	103.651.624	91.424.600	8.010.777	3.960.917	103.396.294	3.213.265	47.798	37.595	3.298.657	255.310	19	0	255.330					
	Summe Auslan	5.528.610	275.390	57.650	5.193.983	5.527.023	0	2.682	1.438.284	1.440.966	0	0	1.586	1.586					
	Summe Streck	34.280	0	0	34.280	34.280													
	Summe Alle	109.214.513	91.699.990	8.068.427	9.189.180	108.957.597	3.213.265	50.479	1.475.879	4.739.623	255.310	19	1.586	256.916					
Einzeldaten																			
K Nr	K Name	Staat	Sum	X	X FH	X QZD	Sum	X	X FH	X QZD	Sum	X	X FH	X QZD	Sum	X	X FH	X QZD	Sum
1	Zuerich	CH	22.796.640	20.948.377	1.338.415	501.690	22.788.482	698.932	13.276	2.436	714.643	8.149	8	0	8.157				
2	Bern	CH	14.390.855	13.307.479	824.995	195.272	14.327.746	416.845	5.118	974	422.938	63.108	0	0	63.108				
3	Luzern	CH	4.209.182	3.925.341	153.953	111.377	4.190.672	169.196	1.718	591	171.504	18.510	0	0	18.510				
4	Uri	CH	980.919	801.298	125.493	49.286	976.076	30.573	214	79	30.866	4.842	0	0	4.842				
5	Schwyz	CH	2.038.877	1.678.848	257.289	96.433	2.032.570	60.635	653	440	61.728	6.307	0	0	6.307				
6	Obwalden	CH	234.716	213.432	7.560	11.763	232.755	17.288	262	418	17.968	1.961	0	0	1.961				

Abbildung 173: Beispiel Auswertung – Personenkilometer nach Kantonen für ÖV

A1: Fahrzeugkilometer [Fzghm]

Kategorien	Ortslage	Gebiet		Summe S+A+Z
		(1-Ch, 0-Rest)		
Autobahn	ausserorts	1		83.086.442
Autostrasse	ausserorts	1		7.402.051
Hauptverkehrsstrasse ausserorts	ausserorts	1		26.758.859
Hauptverkehrsstrasse innerorts	innerorts	1		46.552.546
Uebrig Strassen	ausserorts	1		840
Uebrig Strassen ausserorts	ausserorts	1		2.033.105
Uebrig Strassen innerorts	innerorts	1		20.922.162
Anschlüsse/Verzweigungen	ausserorts	1		3.299.502
ohne Zuordnung	Keine Angabe	1		235.112
Autobahn	ausserorts	0		16.025.891
Autobahn Ausland	ausserorts	0		49.011.042
Hauptverkehrsstrasse	ausserorts	0		1.071.909
Hauptverkehrsstrasse ausserorts	ausserorts	0		1.441.533
Uebrig Strassen	ausserorts	0		2.949.495
Uebrig Strassen ausserorts	ausserorts	0		477.675
Hauptverkehrsstrasse innerorts	innerorts	0		3.576.588
Uebrig Strassen innerorts	innerorts	0		1.741.561
Anschlüsse/Verzweigungen	ausserorts	0		901.755
ohne Zuordnung	Keine Angabe	0		5.132.610
Summe		1		190.290.620
Summe		0		82.330.058

Abbildung 174: Beispiel Auswertung – IV-Fahrzeugkilometer nach Netzhierarchie, Ortslage und Lage auf Schweizer Gebiet

Stapelverarbeitung für Zeitscheiben

Es ist eine wesentliche Eigenschaft der VP, dass für jedes Szenario mehrere Zeitscheiben berechnet werden. Bei vier Szenarien und sieben Zeitscheiben sind 28 Visum-Simulationen zu starten. Um diese Aufgabe zeiteffizient bearbeiten zu können, wurde ein Tool zur automatischen Abarbeitung der Zeitscheibenversionen entwickelt ("Stapeltool").

Das Tool besteht aus einer Exceldatei mit VBA-Makro. In die Datei werden die Dateinamen der Versionen eingetragen. Das Makro startet nacheinander für jede der genannten Versionsdateien die Berechnung. Zu diesem Stapeltool gehören zwei weitere wichtige Arbeitsmittel:

- eine Checkliste, die alle notwendigen Arbeitsschritte vor dem Starten der Berechnung auflistet. Diese Liste unterstützt den Nutzenden bei der Einrichtung der Berechnungsumgebung.
- Der "Dateifinder" - dies ist eine Exceldatei die prüft, ob alle notwendigen Eingangsdateien gemäss Stellgrössenliste in den vereinbarten Verzeichnissen vorhanden sind. Dieses Tool ist wichtig für die Aufrüstung, damit beim Start keine Datei fehlt.

Das Stapeltool kann für die Aufrüstung *und* für die Simulationsrechnung genutzt werden. Im Aufrüstverfahren werden alle Zeitscheiben eines Szenarios mit den Daten gemäss Stellgrössentabelle (Tabelle 5) versorgt und die aufrüsteten Versionsdateien werden ausgewertet. Danach erfolgt eine manuelle Sichtung der Ergebnisse durch den Bearbeitenden. Wenn die Versionsdateien fehlerfrei aufrüstet wurden, erfolgt der Start des Szenarios. Dazu wird wiederum das Stapeltool eingesetzt.

Die Berechnung einer Zeitscheibe eines Szenarios dauert ca. 120 Stunden (5 Tage), die Aufrüstung einer Zeitscheibe ungefähr 45 Minuten.

Künftige Infrastruktur und Angebotszustände

Die Angebotsmodelle bilden eine wesentliche Grundlage für die Modellierung des Verkehrsgeschehens in Analyse und Prognose. Aus den Angebotsmodellen werden Kenngrössenmatrizen (z. B. Reisezeiten, Reiseweiten und Kosten) abgeleitet, die bei der Bewertung der Ziel- und Verkehrsmittelwahl Berücksichtigung finden. Diese Kenngrössenmatrizen bilden somit wesentliche Grundlagen für die Berechnung des Personen- und Strassengüterverkehrs sowie für die Prognose der Raumstruktur. Andererseits dienen die Angebotsmodelle unter Berücksichtigung der jeweiligen Massnahmenets auch der Umlegung der Verkehrsnachfrage für die einzelnen Zeithorizonte. Ergebnisse sind die Verkehrsbelastungen für die betrachteten Verkehrsarten zum jeweiligen Zeithorizont.

Aus den Arbeiten für das NPVM 2017 lag ein parametrisiertes und kalibriertes Strassennetzmodell vor. In dieses Netzmodell wurden entsprechend der Vorgaben des ARE bzw. des ASTRA die für die jeweiligen Prognosehorizonte relevanten Massnahmen eingepflegt, parametrisiert und entsprechend dem zu betrachtenden Prognosehorizont freigeschaltet. Neben den im Nationalstrassennetz geplanten Massnahmen wurden für die einzelnen Zeithorizonte auch grossräumig relevante Verkehrsprojekte auf Kantons- und Hauptstrassen berücksichtigt. Gleichfalls wurden für die einzelnen Zeithorizonte relevante Massnahmen im Ausland recherchiert und in Abstimmung mit dem Auftraggeber in das Angebotsmodell übernommen. Ausgehend vom Ausgangsnetz des NPVM wurde im Rahmen der VP eine Masterversion «Strassennetz» entwickelt, die für alle Netzelemente über eine entsprechende Attribuierung die Zugehörigkeit zu jedem Prognose-Netzstatus definiert. Für jede Kombination aus Zeithorizont (5-Jahresschritte) und Szenario wurden die jeweils relevanten Parameter der Netzelemente sowie projektspezifische Zusatzinformationen als benutzerdefinierte Attribute abgelegt. Eine Übersicht über die in den VP berücksichtigten Massnahmen im Strassennetz liefert Anhang 6.3: Massnahmen Verkehrsangebot.

Analog zum Vorgehen beim Strassennetz wurde eine Masterversion «Velonetz» erarbeitet, die auf dem Ausgangsnetz des NPVM mit Zustand 2017 aufbaut. Die im Strassennetz vorgenommenen Ergänzungen werden im Velonetz übernommen und allenfalls in Bezug auf neue Angebote spezifisch für die Velonutzung ergänzt. Für jeden Zeithorizont wurden die relevanten Parameter der Netzelemente sowie projektspezifische Zusatzinformationen als benutzerdefinierte Attribute abgelegt. Die Durchgängigkeit und Wirksamkeit der Massnahmen wurde für jeden Prognose-Netzstatus kontrolliert.

Für den ÖV wurden für die einzelnen Zeithorizonte vollständige Angebotsmodelle durch die SBB bereitgestellt (SBB, 2020b). Diese Modellgrundlagen wurden in die Rechenumgebung des NPVM übernommen und hinsichtlich ihrer Inhalte und Konsistenz geprüft. Schwerpunkt bildet dabei eine Überprüfung, ob sich die in den Angeboten enthaltenen Änderungen nachvollziehbar in den Kenngrössenmatrizen widerspiegeln. Folgende Angebotszustände sind jeweils hinterlegt:

- 2020: Effektiver Fahrplan Schiene + HAFAS-Nahverkehr
- 2025: Systemfahrplan Schiene auf Grundlage Netznutzungsplan 2025 + HAFAS-koo-
diniert
- 2030: Systemfahrplan gemäss AK 2025 + HAFAS-koo-
diniert
- 2035-2050: Systemfahrplan gemäss AK 2035 + HAFAS-koo-
diniert

Da für den Nahverkehr keine Prognose-Fahrpläne vorliegen wurde für die VP eine sogenannte Koordination des Nahverkehrs ab 2025 vorgenommen. Dabei wird ein Verfahren eingesetzt, welches die Anschlussqualitäten Schiene > Nahverkehr automatisiert anpasst, so dass im Mittel keine Verschlechterung gegenüber der heutigen Situation entsteht. Dies folgt der Überlegung, dass Anpassungen am Systemfahrplan Schiene (z.B. eine Veränderung der Ankunfts-

zeit) auch mit Anpassungen am Fahrplan Nahverkehr einhergehen. Die Koordination stellt somit z.B. sicher, dass aus dem veränderten Systemfahrplan keine unrealistisch langen Übergangszeiten zum Nahverkehr entstehen. Die Arbeiten zur Koordination des Nahverkehrs sind separat über technische Memos dokumentiert, siehe (Lieberherr, 2021b, 2021a).

Hinsichtlich der Veränderungen des ÖV-Angebots (hier: Systemfahrpläne Schiene) über die Zeit bzw. zwischen den einzelnen Zeitscheiben lässt sich wie folgt präzisieren:

Angebot im Jahr 2025 im Vergleich zum Angebot im Jahr 2020: Der Zeithorizont 2025 der VP 2050 umfasst im Wesentlichen das im Netznutzungsplan 2025 beschriebene Angebot. Die wichtigsten Änderungen finden im Tessin statt, mit einer Verbesserung des Regionalverkehrs und einer Zunahme des Fernverkehrs im Gotthardtunnel, hauptsächlich aufgrund der Eröffnung des Ceneri-Tunnels.

Das Angebot 2030 im Vergleich zum Angebot 2025: Der Horizont 2030 der VP 2050 umfasst im Wesentlichen das Leistungsangebot des Angebotskonzepts 2025 (Planungsstufe 2025). Die wichtigsten Verbesserungen des Angebots sind folgende:

- Genf-Lausanne: Erhöhung der Kapazität im Fernverkehr und Verbesserung des Regionalverkehrs.
- Lausanne-Bern: Verkürzung der Reisezeit zwischen Lausanne und Bern.
- Biel-Neuchâtel: Einführung des Halbstundentakts im Regionalverkehr.
- Bern-Zürich: Einführung des Viertelstundentakts für den Fernverkehr in den Hauptverkehrszeiten.
- Bern-Neuchâtel: Die Regio-Express-Züge verkehren im Halbstundentakt.
- Berner S-Bahn: Verschiedene Verbesserungen des Angebots.
- Bern-Luzern: Einführung des Halbstundentaktes im Fernverkehr.
- Zürich-Chur: Einführung des Halbstundentaktes im Intercity-Fernverkehr.

Das Angebot 2035 im Vergleich zum Angebot 2030: Der Horizont 2035 (und nachfolgende Horizonte bis einschliesslich 2050) der VP 2050 umfasst im Wesentlichen die im Angebotskonzept 2035 (Planungsphase 2035) vorgesehenen Leistungen. Die wichtigsten Verbesserungen des Angebots sind folgende:

- Zürich-Zug: deutliche Kapazitätserhöhung (Tunnel Zimmerberg II).
- Luzern-Zürich: Erhöhung der Kapazität.
- Zürich-Winterthur: deutliche Kapazitätserhöhung (Brüttener Tunnel).
- Zürich-Frauenfeld: 4 Fernverkehrszüge pro Stunde.
- Neuchâtel - La Chaux-de-Fonds (neue Direktverbindung): Viertelstundentakt und kürzere Fahrzeiten.
- Jura-Südfuss: 3 Fernverkehrszüge pro Stunde, davon 1 Direktverbindung zwischen Basel und Genf über die Umfahrung von Bussigny, Erhöhung der Sitzplatzkapazität.
- Bern - Zürich: Einführung des Viertelstundentaktes im Fernverkehr während des ganzen Tages.
- Bern-Brig und Bern-Interlaken: zwei Fernverkehrszüge pro Stunde.
- Biel/Biel-Solothurn-Olten-Zürich (über die Ausbaustrecke Solothurn-Wanzwil) und Solothurn-Olten-Aarau-Zürich: zwei Fernverkehrszüge / RegioExpress pro Stunde.
- Lausanne-Genf: Verbessertes Angebot.
- Weitere Verbesserungen im Genferseegebiet (RER Genf, Lausanne-St-Maurice).
- Zahlreiche Verbesserungen bei der S-Bahn Zürich.

Übertrag Matrixkorrektur

Im NPVM 2017 gibt es zwei Gruppen von Nachfragematrizen: Die erste Gruppe sind die Nachfragematrizen, die als Ergebnis des Nachfragemodells mit EVA entstehen („EVA-Nachfrage“). Die zweite Gruppe sind die Nachfragematrizen, die Eingangsgrösse der Umlegung

sind („Visum-Nachfrage“). Die jeweils korrespondierenden Matrizen beider Gruppen unterscheiden sich. Für diese Unterschiedlichkeit gilt es folgenden Hintergrund zu berücksichtigen: Die Matrizen „Visum-Nachfrage“ basieren zwar auf den Matrizen „EVA-Nachfrage“, wurden jedoch im Zuge der Modellkalibrierung nachträglich weiterbearbeitet. Es erfolgte bei der Etablierung des Basiszustands 2017 semi-automatische Matrixkorrekturen, um eine bessere Annäherung der Belastungsergebnisse an Zählwerte zu erreichen. Dem ARE sind das methodische Vorgehen sowie die Unterschiede zwischen den Matrizen „EVA-Nachfrage“ und „Visum-Nachfrage“ bekannt, ohne dass eine detaillierte Auflistung aller Matrixanpassungen vorliegt. Über das Erstellen einer Differenzmatrix bzw. deren Analyse, lassen sich die durchgeführten Anpassungen nachträglich ermitteln. Diese Matrixveränderungen müssen in das Prognoseverfahren übertragen werden.

Aus der EVA-Nachfrageberechnung mit den neuen ermittelten Kenngrössenmatrizen liegt jeweils für den PW und den ÖV eine Analyse-Matrix A vor. Zudem gibt es jeweils für den PW und den ÖV eine kalibrierte Visum-Umlegungsmatrix AK. Die absoluten Veränderungen $AK - A$ werden in einer Delta-Matrix ermittelt. Die relativen Veränderungen AK / A werden in einer Phi-Matrix ermittelt.

Für die Frage, wie die Änderungen zwischen der EVA-Matrix und der Visum-Umlegungsmatrix auf die Prognoseergebnisse übertragen werden können, werden folgende grundsätzliche Überlegungen vorangestellt:

- Eine relative Übertragung wird grundsätzlich als günstiger angesehen als eine absolute Übertragung der Matrixkorrektur.
- Bei grossen Faktoren aus der Analyse-Korrektur besteht bei der relativen Übertragung jedoch die Gefahr, dass Prognose-Wirkungen in einem zu grossen Umfang verstärkt werden.

Die angewandte Methode zum Übertrag der Matrix-Korrektur aus der Analyse liefert eine transparente, eindeutige Regel zur Übertragung der Korrekturen und ein identisches Vorgehen für alle Prognosefälle. Die Übertragung der Matrix-Korrektur ist auf Grund der oben aufgeführten Vorüberlegungen eine Mischung aus relativer und absoluter Übertragung. In einer 4-stufigen Korrekturübertragung wird elementweise entschieden, ob die Übertragung für die jeweilige Relation absolut oder relativ geschieht. Als Kriterien dafür werden die relativen Abweichungen (Phi) und die absoluten Abweichungen (Delta) verwendet.

Stufe 1: Für Relationen, die nur minimale Differenzbeträge (≤ 1) zwischen A und AK aufweisen, findet eine absolute Korrekturübertragung statt.

Stufe 2: Relationen mit Phi-Werten gleich Null werden absolut übertragen: Einige wenige der nach Stufe 1 verbleibenden Relationen weisen Phi-Werte von Null auf, d.h. der Aufkommenswert in der Eva-Analyse-Matrix ist Null, während das Aufkommen in der Visum-Analyse-Matrix einen Wert grösser Null aufweist. Für diese wenigen Fälle ist nur eine absolute Korrekturübertragung möglich.

Stufe 3: Relationen mit Phi-Werten kleiner 1 werden relativ übertragen: Für Relationen mit einem Phi-Wert kleiner 1 (also mit einer Verringerung der Ströme durch die Matrixkorrektur in der Analyse) wird grundsätzlich die relative Übertragung angewendet, da in diesen Fällen die relative Übertragung als unkritisch betrachtet wird.

Stufe 4: Relationen mit einem Phi-Wert grösser 1 (also mit einer Erhöhung der Ströme durch die Matrixkorrektur in der Analyse) werden in Abhängigkeit von der Höhe des Phi-Wertes der jeweiligen Relation entweder absolut oder relativ übertragen. Das Risiko bei der relativen Übertragung besteht darin, dass grosse Faktoren zu starke Prognose-Wirkungen hervorrufen. Deshalb wird folgendes angewendet:

- relative Übertragung nur bei kleinen Phi-Werten ($\Phi \leq 1.5$),

- absolute Übertragung bei grossen Phi-Werten ($\Phi > 1.5$).

Die Grenze von $\Phi = 1.5$ als Entscheidungskriterium zwischen absoluter und relativer Übertragung ergibt sich aus:

- der Betrachtung der Häufigkeitsverteilung der Phis bezogen auf die Absolutwerte in der Viseva-Analyse-Matrix
- der verkehrsplanerischen Einschätzung, dass der Faktor von 1.5 in Hinblick auf mögliche Ausreisser in der Prognoseberechnung einen unkritischen Wert darstellt.

Das hier beschriebene Vorgehen wurde in allen Szenarien und Zeitscheiben für PW und ÖV umgesetzt. Eine identische Anforderung besteht für die Matrizen des Strassengüterverkehrs: Auch dort resultiert aus der Matrixanpassung an Zählraten eine Delta- bzw. Differenzmatrix zwischen den Nachfrage- und Umlegungsmatrizen. In den VP wurde für den Strassengüterverkehr das identische Verfahren zur Matrixkorrektur angewandt, wie für den Personenverkehr.

Aussenverkehr

Unter Aussenverkehr wird der Quell- und Zielverkehr zwischen der Schweiz und dem Ausland sowie der Durchgangsverkehr durch die Schweiz verstanden. Für das Analysejahr 2017 liegen QZD-Matrizen (DWV) entsprechend differenziert nach Öffentlicher Verkehr (in Personenwegen/Tag) und PW-Verkehr (in Fahrzeugfahrten/Tag) vor. Für die VP 2050 wurde ein Verfahren zur Hochrechnung dieser Aussenverkehrsmatrizen angewandt, welches die szenarienspezifische Strukturdatenentwicklung berücksichtigt und die Möglichkeit bietet, Verschiebungen zwischen PW und ÖV abzubilden.

Das Verfahren zur Hochrechnung des Aussenverkehrs unterscheidet zwischen dem kleinen Grenzverkehr und dem weiträumigen Aussenverkehr nach folgender räumlicher Abgrenzung (siehe Abbildung 175):

- kleiner Grenzverkehr:
beinhaltet alle Verkehre mit Quelle und/ oder Ziel innerhalb des ersten Rings und alle Zonen des zweiten Rings mit einer Entfernung bis 50 Kilometer (638 Zonen; blau, grün, gelb markiert)
- weiträumiger Aussenverkehr:
beinhaltet alle übrigen Verkehre, die nicht dem kleinen Grenzverkehr zuzuordnen sind (72 Zonen; rot markiert)

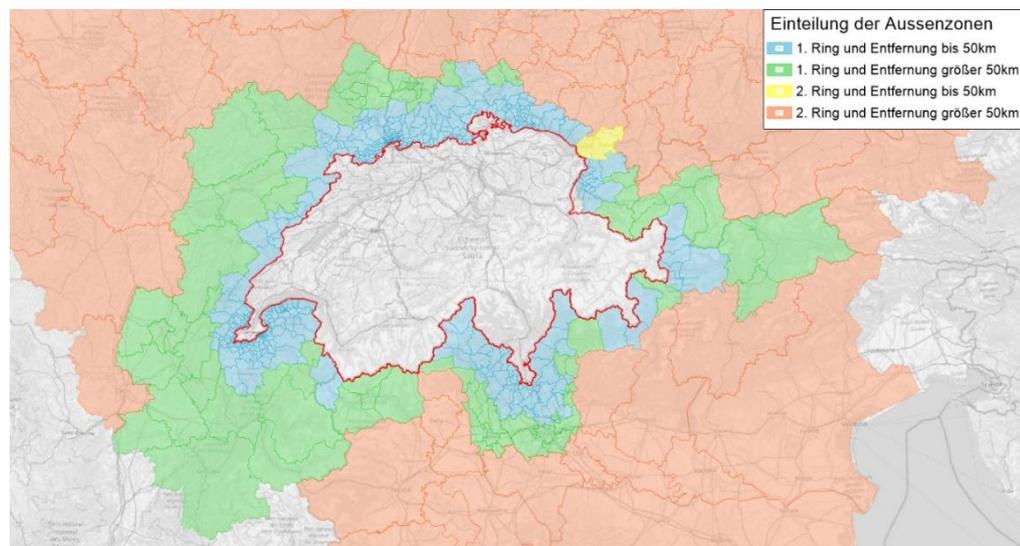


Abbildung 175: Verkehrszonen mit Abgrenzung des weiträumigen Aussenverkehrs und des kleinen Grenzverkehrs (Quelle: NPVM 2017; eigene Auswertungen)

Für die Hochrechnung der Aussenverkehre werden die folgenden Strukturdatensätze verwendet:

- Analyse (Bezugsjahr 2017)
Einwohner- und Beschäftigtendaten entsprechend der Zonierung des NPVM
- Prognose Binnenzonen
Einwohner- und Beschäftigtendaten in Zeitreihen bis 2050 entsprechend der Zonierung des NPVM (Output des FLNM, Übernahme ins NPVM)
- Prognose Aussenzonen

Die Einwohner- und Beschäftigtendaten in Zeitreihen bis 2050 gemäss den internationalen Prognosen für Wirtschaftsdaten (BAK/Oxford Economics, 2019).

Die Berechnung der Prognose-QZD-Matrizen erfolgt in einem mehrschichtigen Verfahren und umfasst drei Berechnungsstufen. Das Hochrechnungsverfahren ist in den Verfahrensablauf des Aufrüstprozesses eingebunden.

- Stufe 1:
Berücksichtigung allgemeiner Einflussfaktoren auf die Entwicklung des grenzüberschreitenden Verkehrs zwischen dem Bezugsjahr 2017 und dem Prognosejahr (unabhängig von und zusätzlich zu dem Einfluss der Strukturdatenänderungen)
- Stufe 2:
Berechnung des Einflusses aus Strukturdatenänderungen zwischen dem Bezugsjahr 2017 und dem Prognosejahr
- Stufe 3:
Berechnung von modalen Verlagerungen aufgrund szenariospezifischer Entwicklungstendenzen zwischen Bezugsjahr 2017 und dem Prognosejahr

Prognoseverfahren Stufe 1

Unabhängig von der Strukturdatenentwicklung innerhalb und ausserhalb der Schweiz nehmen bestimmte Szenarienbausteine Einfluss auf die Entwicklung des grenzüberschreitenden Verkehrs (z.B. Verlagerung von Kurzstreckenflüge auf die Schiene, Mobility Pricing oder Intensität der Austauschbeziehungen). Im Rahmen der Szenariendefinition wurde je Szenario und Zeithorizont festgelegt, ob und in welchem Umfang bestimmte Szenarienbausteine einen Einfluss auf den grenzüberschreitenden Verkehr haben. Als Ergebnis dessen gibt es je Szenario und Zeithorizont und differenziert nach kleinem Grenzverkehr / weiträumigem Aussenverkehr jeweils einen globalen Steigerungsfaktor für ÖV- und PW-Verkehr. Die globalen Steigerungsfaktoren werden in das NPVM übernommen und in der Stufe 1 des Hochrechnungsverfahrens werden die Analyse-QZD-Matrizen mit diesen Faktoren multipliziert.

Die folgende Tabelle zeigt die globalen Steigerungsfaktoren je Szenario und Zeitscheibe.

Tabelle 19: globale Steigerungsfaktoren für den Aussenverkehr nach Szenario und Zeitscheibe

Szenario	Zeit- scheibe	PW		ÖV	
		Nah	Fern	Nah	Fern
WWB	2020	1.025	1.000	1.025	1.000
	2025	1.051	1.000	1.010	1.000
	2030	1.053	1.000	1.020	1.000
	2035	1.056	1.000	1.021	1.000
	2040	1.059	1.000	1.022	1.000
	2045	1.061	1.000	1.023	1.000
	2050	1.064	1.000	1.024	1.000
Basis	2020	1.025	1.000	1.025	1.000
	2025	1.051	1.000	1.020	1.000
	2030	1.053	1.000	1.021	1.000
	2035	1.056	1.000	1.022	1.000
	2040	1.059	1.000	1.023	1.000
	2045	1.061	1.000	1.024	1.000
	2050	1.064	1.000	1.025	1.000
NTG	2020	1.025	1.000	1.025	1.000
	2025	1.040	1.000	1.016	1.000
	2030	1.000	1.000	0.996	1.000
	2035	1.001	1.000	0.997	1.000
	2040	0.963	1.000	0.977	1.000
	2045	0.964	1.000	0.978	1.000
	2050	0.946	1.000	0.969	1.000
ITG	2020	1.025	1.000	1.025	1.000
	2025	1.061	1.000	1.024	1.000
	2030	1.045	1.000	1.016	1.000
	2035	1.050	1.000	1.018	1.000
	2040	1.034	1.000	1.010	1.000
	2045	1.040	1.000	1.012	1.000
	2050	1.045	1.000	1.014	1.000

Prognoseverfahren Stufe 2

Für die Stufe 2 werden für alle Zonen des NPVM Wachstumsfaktoren f_w entsprechend dem Verhältnis der Strukturpotenziale im Prognosejahr zu den Strukturpotenzialen im Analysejahr bestimmt. Das Strukturpotenzial SP einer Zone n setzt sich wie folgt aus der Einwohner- und Beschäftigtenzahl zusammen:

$$SP_n = 0.7 * \text{Einwohner}_n + 0.3 * \text{Beschäftigte}_n$$

Der Wachstumsfaktor je Zone ergibt sich wie folgt:

$$f_{w,n} = \frac{SP_n(p)}{SP_n(a)}$$

- mit $f_{w,n}$ Wachstumsfaktor der Zone n
 $SP_n(p)$ Strukturpotenzial der Zone n für den Prognosehorizont
 $SP_n(a)$ Strukturpotenzial der Zone n für den Analysehorizont

Es findet eine relationsfeine Hochrechnung der grenzüberschreitenden Verkehre statt. Für jede Relation wird ein bevölkerungsgewichteter Wachstumsfaktor aus dem gewichteten Mittel der Wachstumsfaktoren der Quell- und Zielzonen bestimmt. Gewichtungsfaktor ist das Strukturpotenzial im Analysezustand. Auf diese Weise wird das Fahrtenaufkommen zwischen zwei Zonen relativ zum Strukturpotenzial konstant gehalten. Die Berechnungsvorschrift für die Prognose-Verkehre lautet:

$$v_{ij}(p) = v_{ij}(a) * f_{w,ij}$$

- mit $v_{ij}(p)$ Fahrtenaufkommen der Relation i,j für den Prognosehorizont
 $v_{ij}(a)$ Fahrtenaufkommen der Relation i,j für den Analysehorizont
 $f_{w,ij}$ Wachstumsfaktor der Relation i,j

$$f_{W,ij} = \frac{SP(a)_i}{SP(a)_i + SP(a)_j} * f_{W,i} + \frac{SP(a)_j}{SP(a)_i + SP(a)_j} * f_{W,j}$$

mit $f_{W,ij}$ Wachstumsfaktor der Relation i,j
 $f_{W,i}$ $f_{W,j}$ Wachstumsfaktor der Zone i bzw. der Zone j
 $SP(a)_i$ Strukturpotenzial im Analysezustand der Zone i
 $SP(a)_j$ Strukturpotenzial im Analysezustand der Zone j

Dieses Steigerungsfaktorenmodell ähnelt der Durchschnittsfaktorenmethode mit dem Unterschied, dass keine einfache Mittelwertbildung der Steigerungsfaktoren von Quell- und Zielzone stattfindet, sondern dass eine Wichtung über die Strukturpotenziale erfolgt.

Die verwendeten Strukturdatensätze und Hochrechnungsfaktoren sind als Attribute den Visum-Verkehrsbezirken zugeordnet.

Prognoseverfahren Stufe 3

Szenarienspezifische Massnahmen und Entwicklungen bewirken eine modale Verlagerung des Verkehrs zwischen PW und ÖV. Für den Schweizer Binnenverkehr sind diese Verlagerungen Ergebnis der Nachfrageberechnung. Für den Aussenverkehr werden diese Verlagerungseffekte für das extern abgeschätzt und als Verlagerungsfaktoren in das NPVM übernommen. Aufbauend auf den hochgerechneten Aussenverkehrsmatrizen der Stufe 2 wird damit die zusätzliche modale Verlagerung abgebildet.

Die folgende Tabelle zeigt die modalen Verlagerungsfaktoren je Szenario und Zeitscheibe.

Tabelle 20: modale Verlagerungsfaktoren für den Aussenverkehr nach Szenario und Zeitscheibe

Szenario	Zeitscheibe	Verlagerungsfaktoren von PW zu ÖV
WWB	2020	-
	2025	-
	2030	-
	2035	-
	2040	-
	2045	-
	2050	-
Basis	2020	-
	2025	-
	2030	-
	2035	-
	2040	-
	2045	-
	2050	-
NTG	2020	-
	2025	-
	2030	0.010
	2035	0.020
	2040	0.030
	2045	0.040
	2050	0.050
ITG	2020	-
	2025	-
	2030	-0.004
	2035	-0.008
	2040	-0.012
	2045	-0.016
	2050	-0.020

6.5. Parameterbildung für die Modellierung

Vorarbeiten

Die Vorarbeiten zur Parameterbildung bestehen aus dem Bilden der Stellgrößen aus den Bausteinen sowie den Justierungen aus der Konsultation in der Begleitgruppe. Dieser Prozessschritt ist in Kapitel 4.4 dargelegt.

Parameterwerte

Die resultierenden Parameterwerte sind in der Annahmetabelle in Kapitel 4.5 summarisch aufgelistet. Ebenfalls finden sich dort Erläuterungen zu deren Herleitung. Erläuterungen zu den Ausprägungen der Stellgrößen in den Szenarien sind in Kapitel 4.4 enthalten.

Little Helpers

Der Übertrag der Stellgrößen-Ausprägungen pro Szenario und Zeitschritt zu Inputwerten für die Modellierung erfolgt in sogenannten 'Little Helpers'. Die Little Helpers sind Routinen, welche die Stellgrößen-Werte in das Inputformat für das NPVM bzw. VISUM (.att-Files) übersetzen.

MIV-Kostentool

Für die Berechnung der PW-km-Kosten und des PW-Grundaufwandes pro Szenario wurde ein Excel-basiertes Tool erstellt. Die km-Kosten werden für jede Zeitscheibe zonenfein berechnet und für den Übertrag in .att-Files aufbereitet. Für den Grundaufwand wird pro Zeitscheibe ein für alle Verkehrszonen gültiger Wert berechnet. Abbildung 176 zeigt den schematischen Aufbau des Tools.

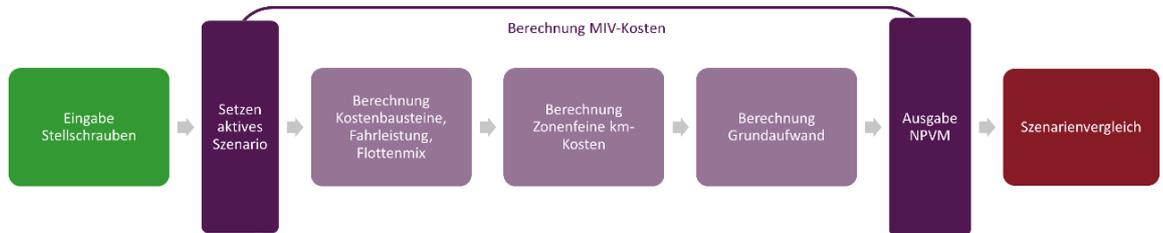


Abbildung 176: Aufbau Tool für Berechnung Mobilitätskostensätze, Eigene Darstellung

Eingabe Stellschrauben

Das PW-Kostentool wurde universell aufgebaut und berücksichtigt alle M-Stellgrößen. Für die VP 2050 wurden jedoch nicht alle Stellgrößen aktiviert. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die aktivierten, respektive nicht aktivierten Stellgrößen. Einzelne Stellgrößen (M01, M02b, M04a und M08) beziehen sich direkt auf die EP 2050+ und sind entsprechend ausgewiesen.

Stellschrauben	Mobilitätskosten	Parameter	Quelle
M01	Jährliche Fahrleistung nach Antriebssegment	Diesel, Benzin, Elektro, Hybrid	EP 2050
M02a	Flottenmix - Fahrzeuggröße	Ober, Mittel, Klein	aktiviert
M02b	Flottenmix - Antriebssegment	Diesel & Benzin, Elektro & Hybrid	EP 2050
M04a	Strom-/Treibstoffpreise (Energiepreise)	Diesel & Benzin, Elektro & Hybrid	EP 2050
M04b	Strom-/Treibstoffpreise (externe Kosten)	Konventionell, Elektro	nicht aktiviert
M08a	Strom-/Treibstoffverbrauch	Diesel, Benzin, Elektro, Hybrid	EP 2050
M08b	Strom-/Treibstoffverbrauch (Übersteuerung)	Konventionell, Elektro	nicht aktiviert
M11	Kfz-Steuern	Konventionell, Elektro	nicht aktiviert
M12	Parkkosten (zu Hause)	-	aktiviert
M13	Vignettenpreis	-	nicht aktiviert
M14	Anschaffungskosten	Benzin, Diesel, Elektro (Ober, Mittel, Klein), Hybrid (Ober, Mittel, Klein)	aktiviert
M15	Etappenanzahl	-	nicht aktiviert
M16	CO2-Abgabe	Diesel & Benzin, Elektro & Hybrid	aktiviert
M17	Elektroabgabe	-	aktiviert
M18	Internalisierungskosten	-	aktiviert

Abbildung 177: Übersicht Stellgrößen MIV-Kostentool und deren Aktivierung resp. vorgelagerte Quelle (Energieperspektiven 2050)

Die Eingabe der Stellgrößen M01 bis M18 erfolgt in einzelnen entsprechend gekennzeichneten Tabellenblättern. Die Entwicklungspfade werden dort für alle Szenarien in der angegebenen Einheit hinterlegt und fließen in die jeweils im blauen Pfeil angegebene Berechnungsmaske ein (siehe Abbildung 178).

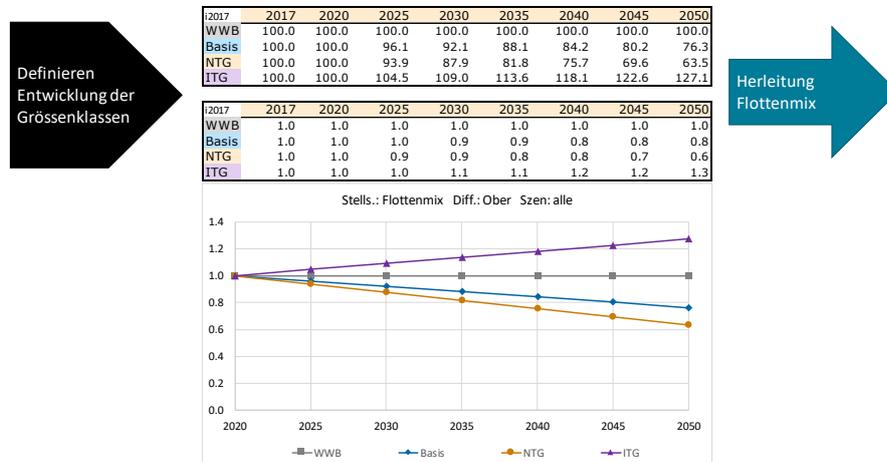


Abbildung 178: Eingabe Stellgrößen Kostentool, Beispiel Stellgrösse M02a.3 Flottenmix Oberklasse

Die aus den EP 2050+ abgeleiteten Stellgrößen wurden in einem eigenen Tabellenblatt zusammengefasst. Diese beinhalten die übernommenen Datengrundlagen der EP-Szenarien WWB und ZERO-Basis (Netto Null), die für die Berechnung der PW-Mobilitätskosten notwendigen Umrechnungen und Herleitungen sowie die Zuweisung der EP-Szenarien zu den VP-Szenarien.

Berechnung PW-Kosten

Die PW-Kosten werden jeweils für das aktiv gesetzte Szenario berechnet und für die Implementierung im Modell aufbereitet. Basierend auf den Stellschraubeneingaben werden für das aktiv gesetzte Szenario Grundaufwand sowie nach Antriebssegment und Grössenklasse differenziert die jährliche Fahrleistung, Flottenmix und Kilometerkostensatz berechnet. Anschliessend werden unter Berücksichtigung des im Ausgangsjahr 2017 zonenfein hinterlegten Flottenmix die km-Kosten pro Zone berechnet und für den Modellübertrag aufbereitet.

Szenarienvergleich

Der Szenarienvergleich ist ein Hilfsmittel. Da jeweils nur das aktiv gesetzte Szenario berechnet wird, bietet der Szenarienvergleich eine Möglichkeit Ergebnisse festzuhalten, Szenarien miteinander zu vergleichen oder die Auswirkungen von Stellschraubenanpassungen zu prüfen.

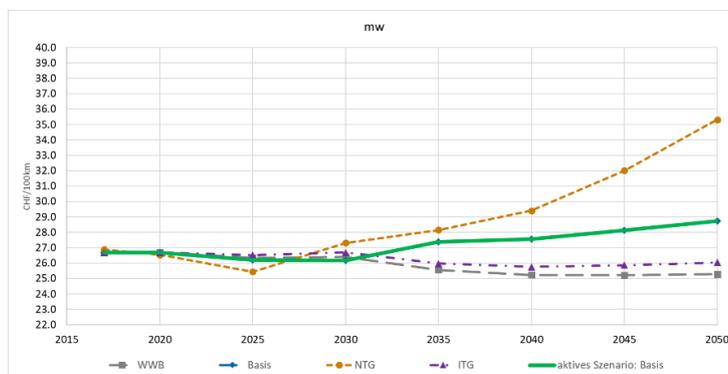


Abbildung 179: Diagramm Szenarienvergleich, MIV-Kostenentwicklung der einzelnen Szenarien sowie für das aktiv gesetzte Szenario (WWB)

Fortschreibung der ÖV-Kostenmatrix

Die Kostenmatrix im ÖV im NPVM wurde für den Ist-Zustand 2017 unter Berücksichtigung von distanzabhängigen Tarifen, zonenspezifischen Besitzraten der ÖV-Abonnemente sowie der Häufigkeit der jeweiligen Nutzung der Fahrkartenart (aus dem MZMV) bestimmt. Das für das NPVM etablierte Vorgehen ist im Schlussbericht zur Modellerstellung dokumentiert (ARE, 2020, Kapitel 2.3.2). Für die VP wurde auf diese Kostenmatrix im Ist-Zustand 2017 aufgesetzt. Eine Anpassung bzw. Fortschreibung der ÖV-Kostenmatrix für alle Szenarien und Zeitscheiben berücksichtigte folgende Änderungen:

1. Strukturdaten: Eine veränderte Anzahl und räumliche Verteilung der ÖV-Abonnemente (je Zone: GA, Halbtax, Verbund, kein Abo) in allen Szenarien;
2. Internalisierung externer Kosten in den Szenarien BASIS und NTG ab 2035;
3. Kostenanpassungen infolge Zuschlägen (Szenario ITG) bzw. Abschlägen (Szenario BASIS und NTG) aufgrund einer veränderten Subventionsbereitschaft;
4. Mobility Pricing: Kostenzuschläge in den Szenarien NTG und ITG ab 2030.

Die je Szenario und Zeitscheibe unterschiedliche Verteilung der ÖV-Abonnemente wurde zonenfein berücksichtigt. Um die Zu- und Abschläge zu berücksichtigen, wurde zunächst für den ÖV ein mittlerer KM-Kostensatz ermittelt. Zur Herleitung dieses Kostensatzes wurden im Ist-Zustand 2017 die KM-Kosten je Distanzkategorie für PW und ÖV bestimmt und mit der Nachfrage gewichtet (der KM-Kostensatz für PW beträgt 27 Rp./FzKm; im ÖV wurde der Ticketpreis je Distanzkategorie inkl. einer Gewichtung über die mittlere Nutzung des ÖV nach Abo-Typen aus dem MZMV hinterlegt). Aus dieser Gegenüberstellung ergab sich für das Gesamtmodell ein nachfragegewichtetes Kostenverhältnis PW/ÖV von 0.77. Dieses Verhältnis wurde auf die 27 Rp./FzKm angewendet und somit die 35.1 Rp./Pkm im ÖV näherungsweise bestimmt. Die für die VP wirksamen Zu- und Abschläge wurden auf die 35.1 Rp. angerechnet und die Differenz auf die Kostenmatrix des Ist-Zustands angewendet (bzw. die jeweilige Kostenmatrix nach Wirkung der je Szenario und Zeitscheibe veränderten Verteilung der ÖV-Abonnemente).

Nachstehende Tabelle 21 zeigt die Anpassungen gemäss oben genannter Aspekte b) und c). Im Szenario WWB fanden keine Anpassungen statt und Änderungen der Kostenmatrix resultieren allein aus den Strukturdaten. Im Szenario BASIS wirkt ab 2035 die Internalisierung externer Kosten (Zeile 3, 1.7 Rp./Pkm in 2050, daher 36.8 Rp./Pkm in 2050). Gleichzeitig wirkt im Szenario BASIS ab 2025 eine zunehmende Subventionsbereitschaft, die den KM-Kostensatz (inkl. anteiliger Internalisierung) in 2050 von 36.8 Rp./Pkm um 5% auf 35.0 Rp./Pkm senkt (Zeile 4). Das heisst, im Szenario BASIS heben sich die kostensteigernden und kostensenkenden Annahmen in etwa auf. Zeile 5 zeigt dann die je Zeitscheibe effektiv auf die Kostenmatrix angewendete Reduktion. Analog wurde für das Szenario NTG vorgegangen. Im ITG wirkt keine Internalisierung externer Kosten, daher entspricht Zeile 13 den Ist-Werten in Zeile 1, aber eine um 10% reduzierte Subventionsbereitschaft (Zeile 14). In der Umsetzung im NPVM wurde der jeweilige Zu- oder Abschlag je Kilometer mit einer Distanzmatrix im ÖV multipliziert und diese Matrix auf die Kostenmatrix des Ist-Zustands addiert.

Tabelle 21: Anpassungen ÖV-Kostenmatrix

		2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
1	WWB	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	
2		0	0	0	0	0.845	1.127	1.408	1.690	Internalisierung 25%
3	Basis	35.1	35.1	35.1	35.1	35.9	36.2	36.5	36.8	Zwischenkostensatz
4		35.1	35.1	35.1	35.1	35.0	35.0	35.0	35.0	5% Subvention (positiv)
5				-0.025	-0.050	-0.075	-0.100	-0.125	-0.150	Anpassung Matrix
7	NTG	0	0	0	1.117	1.675	2.233	2.792	3.350	Internalisierung 50%
8		35.1	35.1	35.1	36.2	36.8	37.3	37.9	38.5	Zwischenkostensatz
9		35.1	35.1	35.0	34.9	34.9	34.8	34.7	34.6	10% Subvention (positiv)
10				-0.083	-0.165	-0.247	-0.330	-0.413	-0.495	Anpassung Matrix
12	ITG	0	0	0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	Internalisierung 0%
13		35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	Zwischenkostensatz
14		35.1	35.1	35.7	36.3	36.9	37.4	38.0	38.6	10% Subvention (negativ)
15				0.585	1.170	1.755	2.340	2.925	3.510	Anpassung Matrix

Zur Umsetzung der Vorgaben gemäss Aspekt d) (Mobility Pricing) wurde ein separates Verfahren implementiert. Die daraus resultierende Kostenmatrix wurde in den Szenarien NTG und ITG zusätzlich auf die Matrix (nach Anwendung der Aspekten a) bis c)) addiert (siehe Umsetzung Mobility Pricing). Um die Wirkungen je Szenario verdeutlichen zu können wird nachstehend die Veränderung der Matrixsumme (= Summe aller Kosten aller Quelle-Ziel-Beziehungen der 7'978 * 7'978 Matrix) je Szenario und Zeitscheibe dargestellt. Deutlich wird beispielsweise, dass im WWB, trotz des Verzichts auf Zu- und Abschläge die mittleren Kosten bis 2050 leicht sinken (-1%), da leicht mehr ÖV-Abonnemente in Umlauf sind. Im BASIS ergibt sich aus den Abschlägen (Summe aus Internalisierung und höherer Subvention; mehr ÖV-Abonnemente in Umlauf) eine Reduktion von -3% der mittleren Kosten in 2050; im NTG sind es -6.3% (höhere Subvention und deutlich mehr ÖV-Abonnemente in Umlauf, gebremst durch + 2 Rp./Pkm aufgrund des Mobility Pricing). Im ITG schliesslich steigen die mittleren ÖV-Kosten stark (+17.8%): Ein deutlicher Rückgang der ÖV-Abonnemente, verbunden mit einer verminderten Subventionsbereitschaft und den Zusatzkosten aufgrund des Mobility Pricing (+ 2 Rp./Pkm) begründen dies.

Änderung der ÖV-Kostenmatrix

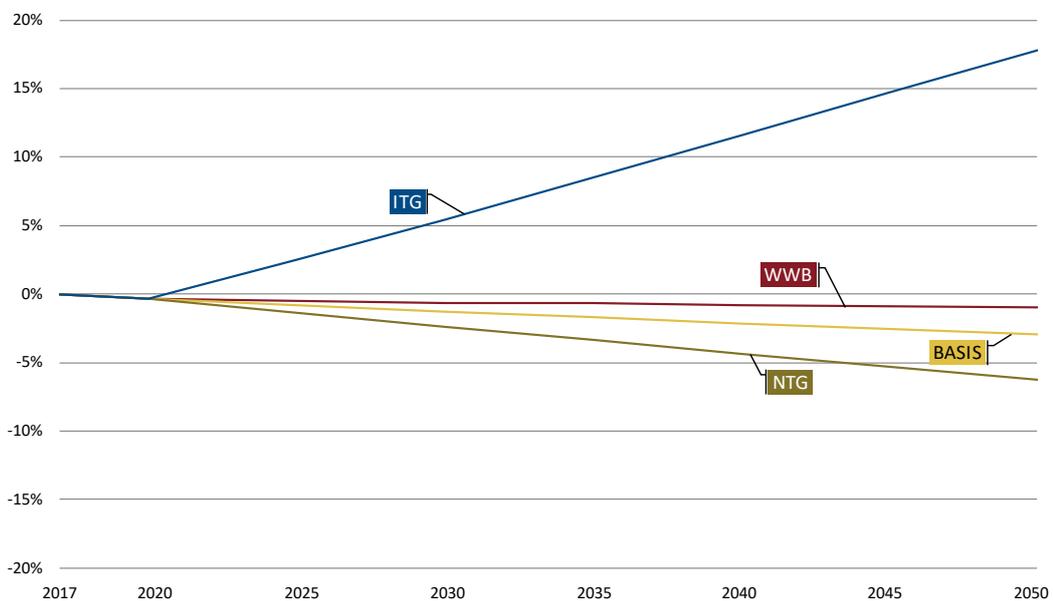


Abbildung 180: Mittlere Kostenänderung im ÖV je Szenario

Umsetzung Mobility Pricing

Die Auswirkungen von Mobility Pricing wird in Form von Kostenzuschlagsmatrizen berücksichtigt. Eine Wirkung von Mobility Pricing wird lediglich in den Szenarien ITG und NTG unterstellt. Es dient dazu die Verlagerung des Verkehrs aus den Spitzenstunden und die modale Verlagerung des Verkehrs in Räumen mit grossen Verkehrsbelastungen zu beeinflussen. Die Umsetzung für das NPVM lehnt sich bzgl. der Annahmen an die Wirkungsanalyse am Beispiel der Region Zug (ASTRA, 2019h) an.

Die Szenarien setzen die Rahmenbedingungen für die Umsetzung im Modell. Im WWB wird Mobility Pricing nicht berücksichtigt und im Basis führt es zu keiner Lenkungswirkung, da es sich um eine vollumfängliche Kompensation bestehender Abgaben handelt. Folglich fallen keine Kostenzuschläge an. Methodisch wurden folglich für das Szenario Basis keine Wirkungen oder Änderungen resultierend aus einem Mobility Pricing umgesetzt. Im NTG und ITG wird Mobility Pricing als Werkzeug mit Lenkungswirkung benutzt und die Erhöhung des Preisniveaus in Rp/Fzkm für die PW, bzw. Rp./Pkm im ÖV variiert entsprechend ab 2030, wie in der folgenden Annahmetabelle ersichtlich.

Tabelle 22: Resultierende durchschnittliche Preisniveauerhöhung je Szenario und Zeitscheibe

Verkehrsart		2030/2035	2040/2045	2050
NTG	MIV [Rp/km]	+2	+4	+5
	ÖV [Rp/Pkm]	+1	+2	+2
ITG	MIV [Rp/km]	+1	+2	+2
	ÖV [Rp/Pkm]	+1	+2	+2

Die durchschnittlichen Kostenzuschläge berechnen sich auf Basis des NPVM Analysezustands 2017 bzw. den dort hinterlegten fahrtzweckspezifischen Wege- und Fahrtenmatrizen. Hinsichtlich der räumlichen Differenzierung wurden 14 Gebiete festgelegt, zu diesen zählen die 12 grössten Schweizer Städte sowie die weiteren Verkehrszonen der Deutsch- und Lateinischen Schweiz (= 2 weitere Gebiete). Zeitlich wurde die Nachfrage des Ist-Zustands in 24h aufgeteilt. Anschliessend wurden Annahmen darüber getroffen, welche zusätzlichen Km-Kosten je Modi, Fahrtzweck, Zeitfenster (Spitzenstunde oder Randzeit) und räumliche Relation gelten. Der Preis, der auf eine einzelne Fahrt zusätzlich wirkt, variiert folglich zeitlich und örtlich. Somit können die unterschiedlichen Preisannahmen auf bestimmten Relationen und in definierten Räumen, z.B. innerhalb der Stadt, zwischen Stadt und Umland, zwischen Stadt und Stadt berücksichtigt werden.

In Anlehnung an die Studie in Zug wurde am Morgen von 7-9 Uhr sowie am Abend zwischen 17-19 Uhr ein Spitzenzeitentarif angesetzt. Der Randzeitentarif wurde für die gesamte Schweiz auf 0.- gesetzt. Der Umfang der Nachfrageveränderung wird über die Anpassung der fahrtzweckgebunden und räumlich differenzierten Tagesganglinien abgeschätzt. Die Verlagerung von Fahrten aus den Spitzenstunden dient dazu, die durchschnittliche Preisniveauerhöhung besser abzuschätzen. Dazu wurde berücksichtigt, dass Fahrten mit den Zwecken Bildung oder Nutzfahrten eine geringere Flexibilität aufweisen als Fahrten mit den Zwecken Arbeit, Freizeit und Einkaufen.

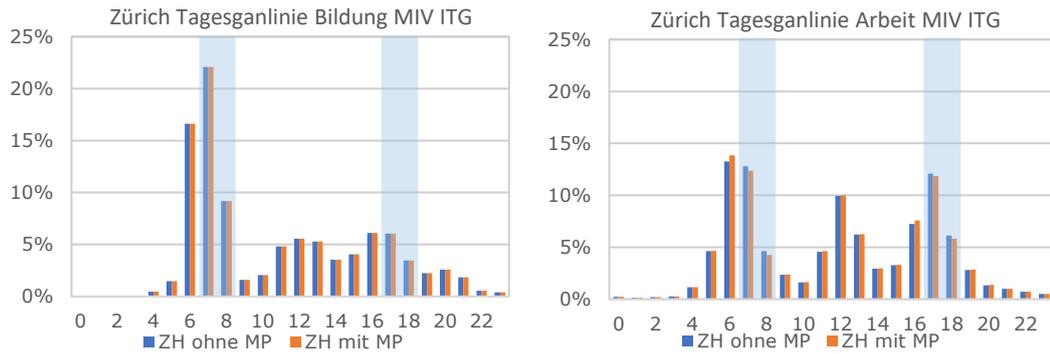


Abbildung 181: Beispiel von zwei Tagesganlinien beeinflusst von Mobility Pricing im ITG.

In einem iterativen Verfahren wurden anhand eines Excel Tools die Spitzenzeitenzuschläge für die Spitzenperimeter und die restlichen Räume errechnet. Diese Berechnung berücksichtigt alle Fahrten zwischen und innerhalb der 14 definierten Gebieten. Für alle Relationen wurde anhand der durchschnittlichen Reiseweiten abgeschätzt, wie gross die durchschnittlichen Distanzen innerhalb des Spitzenperimeter sind. Dies ist auch relevant für Wege der restlichen Räume von/zu den Städten. Auf diesen Relationen wurde ein höherer Preiszuschlag für die zurückgelegten Distanzen in den städtischen Gebieten berücksichtigt. Um die angenommene Preisniveauerhöhung zu erreichen, wurde der Startwert analog wie in (ASTRA, 2019h) auf 21 Rp./km im Spitzenperimeter bzw. 6 Rp./km im Rest der Schweiz für den PW festgelegt. Diese Werte wurden dann sukzessive reduziert, bis eine durchschnittliche Preisniveauerhöhung von 5 Rp./km für den PW im NTG für das Jahr 2050 erreicht wurde. Im konkreten Fall wurden so 16 Rp./km für die Spitzenstunde angesetzt und 5 Rp./km für Wege in den restlichen Räumen.

Gesamt	Kostensatz MP Pro in CHF/km; DWV														
VBZ-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Summe
1	0.044	-	0.049	-	0.049	0.048	0.049	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.049	0.051	0.05
2	-	0.048	-	0.049	0.050	-	-	-	-	0.050	0.050	0.050	0.051	0.050	0.05
3	0.049	-	0.044	0.050	0.049	0.050	0.049	0.050	-	0.050	0.050	0.050	0.049	0.050	0.05
4	-	0.050	0.050	0.049	0.051	-	-	-	-	0.050	0.050	0.050	0.052	0.051	0.05
5	0.049	0.050	0.049	0.050	0.044	0.050	0.050	0.050	-	0.050	0.049	0.049	0.049	0.050	0.05
6	0.049	-	0.050	-	0.050	0.042	0.049	0.050	-	0.050	0.050	0.050	0.049	0.051	0.05
7	0.049	-	0.049	-	0.050	0.049	0.043	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.049	0.051	0.05
8	0.050	-	0.050	-	0.050	0.050	0.050	0.044	-	0.050	-	-	0.049	0.051	0.05
9	0.050	-	-	-	-	0.050	-	-	0.049	-	-	-	0.052	0.051	0.05
10	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	-	-	0.044	0.050	0.050	0.050	0.050	0.05
11	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	-	-	0.050	0.042	0.050	0.049	0.051	0.05
12	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.051	0.050	-	-	0.050	0.050	0.049	0.051	0.051	0.05
13	0.050	0.051	0.050	0.051	0.050	0.050	0.050	0.050	0.051	0.050	0.050	0.051	0.051	0.051	0.05
14	0.051	0.051	0.051	0.052	0.051	0.051	0.051	0.051	0.052	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.05
Summe	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

Abbildung 182: Kostensatz pro Relation zwischen den Gebieten für alle Fahrtzwecke im NTG gemittelt.

Analog ergeben sich die Werte für den ÖV sowie für das Szenario ITG. Die resultierenden Spitzenzeitenzuschläge im Spitzenperimeter sowie dem Rest der Schweiz für die Szenarien ITG und NTG im Jahr 2050 setzt sich wie folgt zusammen:

Tabelle 23: Zusammenstellung Spitzenzeitenzuschläge für die Szenarien ITG und NTG im Jahr 2050

	Verkehrsart	Spitzenperimeter	Rest
NTG	MIV [Rp/km]	16	5
	ÖV [Rp/Pkm]	8	2
ITG	MIV [Rp/km]	6	2
	ÖV [Rp/Pkm]	8	2

Umsetzung On-Demand

Als Ergänzung (BASIS, NTG) bzw. auch Konkurrenzierung (ITG) des ÖV werden in spezifischen Räumen in den Szenarien BASIS, NTG und ITG ab 2035 On-Demand-Verkehre abgebildet. Um diese Angebote vereinfacht zu modellieren, wurde ein «Abspaltverfahren» in den Berechnungsansatz integriert.

Als Ergebnis der iterativen Nachfrageberechnung liegt zunächst eine Gesamtmatrix für den ÖV-Binnenverkehr und eine Gesamtmatrix für den PW-Binnenverkehr vor. In einem nachgelagerten Prozess findet neben dem Korrekturübertrag (siehe Kapitel 6.4) die Abspaltung der AV-Fahrzeuge sowie die Abspaltung der On-Demand-Verkehre statt. Im NTG ergänzen bzw. ersetzen die On-Demand-Angebote den ÖV in weniger gut erschlossenen Räumen und dienen somit der verbesserten Erschliessung der «letzten Meile». Deshalb wird die Abspaltung nur für bestimmte Raumtypen und nur für Relationen bis zu einer bestimmten Entfernung vorgenommen. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht zu den Raumtypen, den Entfernungsgrenzen und den On-Demand-Anteilen für PW und ÖV je Szenario und Zeithorizont, für die On-Demand-Angebote abgebildet werden.

Tabelle 24: Zusammenstellung On-Demand-Festlegungen für die Szenarien BASIS, ITG und NTG

	Zeitscheibe	Raumtyp	Entfernung	OnD-Anteil PW und ÖV
BASIS	2035	ländlich ↔ ländlich	15	10%
	2040		15	10%
	2045	ländlich ↔ intermediär	15	15%
	2050	ländlich ↔ städtisch	15	20%
NTG	2035	ländlich ↔ ländlich	15	15%
	2040		15	15%
	2045	ländlich ↔ intermediär	15	20%
	2050	ländlich ↔ städtisch	15	25%
ITG	2035	ländlich ↔ ländlich	15	15%
	2040	ländlich ↔ intermediär	15	15%
	2045	ländlich ↔ städtisch	15	20%
	2050	intermediär ↔ städtisch	15	25%

Aus dem On-Demand-Anteil für ÖV und unter Berücksichtigung der 2 Bedingungen (Raumtyp, Entfernung) wird eine ÖV-Faktor-Matrix erstellt und in das NPVM übernommen. Durch Multiplikation mit der ÖV-Binnen-Matrix erfolgt im NPVM die On-Demand-Abspaltung der Verkehre, die vom ÖV auf das On-Demand-Angebot verlagert werden. In gleicher Weise wird aus dem On-Demand-Anteil für PW und unter Berücksichtigung der 2 Bedingungen (Raumtyp, Entfernung) eine PW-Faktor-Matrix erstellt und in das NPVM übernommen. Durch Multiplikation mit der PW-Binnen-Matrix erfolgt im NPVM die On-Demand-Abspaltung der Verkehre, die vom PW auf das On-Demand-Angebot verlagert werden. Durch die Multiplikation mit dem mittleren PW-Besetzungsgrad werden die PW-On-Demand-Verkehre von Fahrzeugfahrten in Personenwege umgerechnet.

Die vom ÖV abgespaltene On-Demand-Matrix und die vom PW abgespaltene On-Demand-Matrix werden zu einer Gesamt-On-Demand-Matrix [Personen-Wege] addiert. Über den mittleren Besetzungsgrad der On-Demand-Fahrzeuge (siehe Tabelle 25) erfolgt die Umrechnung in eine Gesamt-On-Demand-Matrix [Fahrzeugfahrten]. Diese wird dem Nachfragesegment «PW On Demand» zugewiesen und bei der finalen IV-Umlegung als separate Nachfrageschicht umgelegt.

Tabelle 25: On-Demand-Besetzungsgrade für die Szenarien BASIS, ITG und NTG

			Zeitscheibe	On-Demand-Besetzungsgrad
BASIS	NTG	ITG	2035	2.5
			2040	2.5
			2045	3
			2050	3.5

Entwicklung Passagieraufkommen Flughäfen

Im NPVM werden die landseitigen Flughafenverkehre als eigene Nachfrageschicht berücksichtigt. Für deren Fortschreibung im Rahmen der VP wurde eine Prognose der Passagieraufkommen der grössten Schweizer Flughäfen vorgenommen und die Verkehrsströme entsprechend hochgerechnet. Eine Langfristprognose zur Entwicklung an den Flughäfen, die einen langfristigen Einfluss der COVID-Pandemie berücksichtigt, lag im Bearbeitungszeitraum der VP nicht vor. Auf Anfrage des ARE führte das Bundesamt für Zivilluftfahrt BAZL eine vereinfachte Abschätzung durch. Diese Abschätzung sieht ein Passagierwachstum zwischen 2025 und 2050 von 2% pro Jahr vor. Ausgangspunkt der Abschätzung bildete die Anzahl der Lokalpassagiere der Flughäfen Basel, Zürich und Genf von 2019. Für das Jahr 2025 wurde davon ausgegangen, dass in diesem Jahr wieder das Niveau von 2019 erreicht wird. Für die Nutzung im NPVM erfolgt zudem eine Umrechnung der Anzahl Passagiere pro Jahr in Anzahl Passagiere pro Tag. Die folgende Tabelle zeigt die hochgerechneten Werte im Zeitverlauf bis 2050, eine Variation je Szenario wurde nicht vorgenommen.

Tabelle 26: In den VP hinterlegtes Passagieraufkommen bis 2050 der grössten Schweizer Flughäfen

Name	2017(NPVM)	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Zürich	80'581	86'243	95'219	105'129	116'071	128'152	141'490
Genf	47'514	48'840	53'923	59'535	65'731	72'572	80'125
Basel	21'586	24'844	27'430	30'285	33'437	36'917	40'759

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Wirkungsmodell (eigene Darstellung, angelehnt an VP 2040)	9
Abbildung 2: Retrospektive Entwicklung sozioökonomischer Indikatoren.	15
Abbildung 3: Entwicklung städtischer und ländlicher Raum	18
Abbildung 4: Entwicklung der Siedlungsfläche	19
Abbildung 5: Entwicklung der Siedlungsfläche nach Raumtypen	19
Abbildung 6: Entwicklung Wohnfläche pro Person	20
Abbildung 7: Entwicklung der Eigentumsquote.	21
Abbildung 8: Mietpreisentwicklung zwischen 2010 und 2017.....	22
Abbildung 9: Entwicklung Zeitbedarf Pendler/innen zwischen 1990 und 2019.....	23
Abbildung 10: Aufkommen und Verkehrsleistung im Güterverkehr in der Retrospektive.....	25
Abbildung 11: Anteile der Verkehrsarten im Güterverkehr	26
Abbildung 12: Aufkommen im Güterverkehr nach Verkehrsarten	27
Abbildung 13: Transportaufkommen und -leistung nach Warengruppen und Verkehrsträger im Binnenverkehr.....	28
Abbildung 14: Modal Split bezüglich Güterverkehrsaufkommen für Import und Export.	29
Abbildung 15: Transportaufkommen und -leistung nach Warengruppen und Verkehrsträger im Import	30
Abbildung 16: Transportaufkommen und -leistung nach Warengruppen und Verkehrsträger im Export.	30
Abbildung 17: Modal Split im Transitgüterverkehr.	31
Abbildung 18: Länderspezifische Anteile an der Aussenhandelsmenge Italiens nach Verkehrsträger	32
Abbildung 19: Aufkommensbezogene Anteile der Warengruppen und Modi zum Transitverkehr	33
Abbildung 20: Aufkommensbezogenen Transportintensitäten in der Retrospektive.....	34
Abbildung 21: Beladungen im Strassen- und Schienengüterverkehr in der Retrospektive.....	35
Abbildung 22: Entwicklung der Energiepreise.	36
Abbildung 23: Verkehrsangebot des Personenverkehrs in der Retrospektive.	38
Abbildung 24: Verkehrsleistung nach Modi im Personenverkehr.....	40
Abbildung 25: Gesamtverkehrsleistung und Bevölkerungsentwicklung.....	40
Abbildung 26: Modal Split im Personenverkehr in der Retrospektive.....	41
Abbildung 27: Anzahl Wege und Tagesdistanzen nach Verkehrszwecken	42
Abbildung 28: Tagesdistanzen nach Verkehrsmittel	42
Abbildung 29: Tagesdistanzen nach Altersgruppen und Verkehrsmittel.....	43
Abbildung 30: PW-Besetzungsgrade (gemittelt über die Woche) nach Verkehrszwecken	44
Abbildung 31: Motorisierungsgrad und Besitz von ÖV-Abonnements in der Retrospektive	45
Abbildung 32: Vergleich Preisentwicklung MIV und ÖV zwischen VP 2040 und Retrospektive.....	48
Abbildung 33: Vergleich der Güteraufkommen nach Warengruppe zwischen VP 2040 und Retrospektive	49
Abbildung 34: Vergleich Aufkommen nach Verkehrsarten zwischen VP 2040 und Retrospektive.....	50
Abbildung 35: Vergleich Entwicklung Verkehrsleistung nach Verkehrsträger zwischen VP 2040 und Retrospektive	51
Abbildung 36: Vergleich Entwicklung Mobilitätswerkzeugbesitz zwischen VP 2040 und Retrospektive ...	52
Abbildung 37: Vergleich Entwicklung Verkehrsleistung zwischen VP 2040 und Retrospektive.....	53
Abbildung 38: Querschnittsbelastungen an den Personenverkehr Grenzübergängen.....	54
Abbildung 39: Bevölkerungsentwicklung nach Szenarien bis 2050	58
Abbildung 40: Entwicklung der Bevölkerungsanteile über und unter 65 Jahren bis 2050	59
Abbildung 41: Entwicklungsrates der Beschäftigung in Vollzeitäquivalenten zwischen 2017-2050.....	60
Abbildung 42: Reales Bruttoinlandprodukt 2017-2050 in Milliarden CHF nach Szenarien,	61
Abbildung 43: Verteilung der Veloneukäufe zwischen E-Bikes und konventionellen Velos.....	72
Abbildung 44: Szenarienbilder	79
Abbildung 45: Aufbau Bausteine – Stellgrößen – Modell	87
Abbildung 46: Quantifizierung Bausteine	88
Abbildung 47: Komposition Stellgrößen aus Bausteinen – originale Verläufe	88
Abbildung 48: Komposition Stellgrößen aus Bausteinen – nach Konsultation der BG	89
Abbildung 49: Bevölkerungsentwicklung 2017 – 2050 nach Altersgruppen.....	128

Abbildung 50: Wachstum Beschäftigten nach Verkehrszonen – Szenario BASIS.....	129
Abbildung 51: Entwicklung Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario WWB.....	133
Abbildung 52: Entwicklung Erwerbstätige nach Verkehrszonen – Szenario WWB.....	133
Abbildung 53: Entwicklung Mobilitätswerkzeuge je Einwohner – Szenario WWB.....	134
Abbildung 54: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz – Szenario WWB.....	135
Abbildung 55: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz – Szenario WWB.....	135
Abbildung 56: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario WWB.....	136
Abbildung 57: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario WWB.....	136
Abbildung 58: Güterverkehrsaufkommen und -leistung – Szenario WWB.....	137
Abbildung 59: Güterverkehrsaufkommen nach Warengruppe – Szenario WWB.....	138
Abbildung 60: Güterverkehrsleistung nach Verkehrsarten – Szenario WWB.....	139
Abbildung 61: Güterverkehrsaufkommen nach Modus – Szenario WWB.....	141
Abbildung 62: Modale Verkehrsleistung Personenverkehr – Szenario WWB.....	142
Abbildung 63: Fahrleistung Strassennetz – Szenario WWB.....	143
Abbildung 64: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Gesamt-Schweiz.....	144
Abbildung 65: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Basel.....	145
Abbildung 66: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Zürich.....	145
Abbildung 67: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Aarau & Olten.....	146
Abbildung 68: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Bern.....	146
Abbildung 69: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Lausanne.....	147
Abbildung 70: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Bellinzona.....	147
Abbildung 71: Auslastung HLS +HVS 2050 – Szenario WWB – Gesamt-Schweiz.....	148
Abbildung 72: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Gesamt-Schweiz.....	149
Abbildung 73: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Basel.....	150
Abbildung 74: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Zürich.....	150
Abbildung 75: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Aarau & Olten.....	151
Abbildung 76: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Bern.....	151
Abbildung 77: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Lausanne.....	152
Abbildung 78: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario WWB – Raum Bellinzona.....	152
Abbildung 79: Entwicklung Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario BASIS.....	155
Abbildung 80: Entwicklung Erwerbstätige nach Verkehrszonen – Szenario BASIS.....	155
Abbildung 81: Entwicklung Mobilitätswerkzeuge je Einwohner – Szenario BASIS.....	156
Abbildung 82: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz – Szenario BASIS.....	157
Abbildung 83: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz – Szenario BASIS.....	157
Abbildung 84: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario BASIS.....	158
Abbildung 85: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario BASIS.....	158
Abbildung 86: Güterverkehrsaufkommen und -leistung – Szenario BASIS.....	159
Abbildung 87: Güterverkehrsaufkommen nach Warengruppe – Szenario BASIS.....	160
Abbildung 88: Güterverkehrsleistung nach Verkehrsarten – Szenario BASIS.....	161
Abbildung 89: Güterverkehrsaufkommen nach Modus – Szenario BASIS.....	163
Abbildung 90: Modale Verkehrsleistung Personenverkehr – Szenario BASIS.....	164
Abbildung 91: Fahrleistung Strassennetz – Szenario BASIS.....	165
Abbildung 92: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Gesamt-Schweiz.....	166
Abbildung 93: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Basel.....	167
Abbildung 94: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Zürich.....	167
Abbildung 95: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Aarau & Olten.....	168
Abbildung 96: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Bern.....	168
Abbildung 97: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Lausanne.....	169
Abbildung 98: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Bellinzona.....	169
Abbildung 99: Auslastung HLS + HVS 2050 – Szenario BASIS – Gesamt-Schweiz.....	170
Abbildung 100: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Gesamt-Schweiz.....	171
Abbildung 101: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Basel.....	172

Abbildung 102: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Zürich	172
Abbildung 103: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Aarau & Olten	173
Abbildung 104: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Bern	173
Abbildung 105: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Lausanne	174
Abbildung 106: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario BASIS – Raum Bellinzona.....	174
Abbildung 107: Entwicklung Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario NTG	177
Abbildung 108: Entwicklung Erwerbstätige nach Verkehrszonen - Szenario NTG.....	177
Abbildung 109: Entwicklung Mobilitätswerkzeuge je Einwohner – Szenario NTG	178
Abbildung 110: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz - Szenario NTG	179
Abbildung 111: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz- Szenario NTG.....	179
Abbildung 112: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen - Szenario NTG.....	180
Abbildung 113: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario NTG	180
Abbildung 114: Güterverkehrsaufkommen und -leistung - Szenario NTG	181
Abbildung 115: Güterverkehrsaufkommen nach Warengruppe - Szenario NTG	182
Abbildung 116: Güterverkehrsleistung nach Verkehrsarten - Szenario NTG.....	183
Abbildung 117: Güterverkehrsaufkommen nach Modus - Szenario NTG	184
Abbildung 118: Modale Verkehrsleistung Personenverkehr – Szenario NTG.....	186
Abbildung 119: Fahrleistung Strassennetz – Szenario NTG	187
Abbildung 120: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Gesamt-Schweiz	188
Abbildung 121: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Basel.....	189
Abbildung 122: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Zürich	189
Abbildung 123: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Aarau & Olten.....	190
Abbildung 124: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Bern.....	190
Abbildung 125: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Lausanne	191
Abbildung 126: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Bellinzona	191
Abbildung 127: Auslastung HLS + HVS 2050 – Szenario NTG – Gesamt-Schweiz.....	192
Abbildung 128: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Gesamt-Schweiz	193
Abbildung 129: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Basel	194
Abbildung 130: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Zürich.....	194
Abbildung 131: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Aarau & Olten	195
Abbildung 132: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Bern	195
Abbildung 133: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Lausanne	196
Abbildung 134: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario NTG – Raum Bellinzona	196
Abbildung 135: Entwicklung Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario ITG	199
Abbildung 136: Entwicklung Erwerbstätige nach Verkehrszonen - Szenario ITG.....	199
Abbildung 137: Entwicklung Mobilitätswerkzeuge je Einwohner – Szenario ITG	200
Abbildung 138: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz – Szenario ITG.....	201
Abbildung 139: Bevölkerungsanteil mit ÖV-Abonnement-Besitz – Szenario ITG.....	201
Abbildung 140: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario ITG	202
Abbildung 141: Autobesitzanteil an Bevölkerung nach Verkehrszonen – Szenario ITG	202
Abbildung 142: Güterverkehrsaufkommen und -leistung - Szenario ITG	203
Abbildung 143: Güterverkehrsaufkommen nach Warengruppe - Szenario ITG	204
Abbildung 144: Güterverkehrsleistung nach Verkehrsarten - Szenario ITG.....	205
Abbildung 145: Güterverkehrsaufkommen nach Modus - Szenario ITG.....	207
Abbildung 146: Modale Verkehrsleistung Personenverkehr – Szenario ITG.....	208
Abbildung 147: Fahrleistung Strassennetz – Szenario ITG	209
Abbildung 148: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Gesamt-Schweiz	210
Abbildung 149: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Basel.....	211
Abbildung 150: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Zürich	211
Abbildung 151: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Aarau & Olten	212
Abbildung 152: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Bern.....	212
Abbildung 153: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Lausanne.....	213

Abbildung 154: Entwicklung PW-Einheiten 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Bellinzona	213
Abbildung 155: Auslastung HLS + HVS 2050 – Szenario ITG – Gesamt-Schweiz.....	214
Abbildung 156: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Gesamt-Schweiz	215
Abbildung 157: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Basel	216
Abbildung 158: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Zürich.....	216
Abbildung 159: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Aarau & Olten	217
Abbildung 160: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Bern	217
Abbildung 161: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Lausanne	218
Abbildung 162: Entwicklung ÖV-Passagiere 2017-2050 – Szenario ITG – Raum Bellinzona	218
Abbildung 163: Modellablauf, schematisch,.....	223
Abbildung 164: Jährliche FaLC-Modelle.....	226
Abbildung 165: Ablauf der FaLC-Modelle innerhalb der Jahreschritte	227
Abbildung 166: Weisses Rauschen WWB (33 Jahre):.....	229
Abbildung 167: Ablaufschema Fortschreibung Zielpotenziale;.....	230
Abbildung 168: Vereinfachter Ablauf AMG und Inputs aus FaLC und NPVM.....	233
Abbildung 169: Schematischer Ablauf NPVM für eine Zeitscheibe.....	242
Abbildung 170: Gleichgewicht und Konvergenz in einem Verkehrsmodell (Prinzipiskizze)	245
Abbildung 171: Vergleich eines Analysefalles (blaue Kurve) und Prognosefalls (rote Kurve)	245
Abbildung 172: Beispiel Auswertung – Wegemenge nach Nachfrageschichten	248
Abbildung 173: Beispiel Auswertung – Personenkilometer nach Kantonen für ÖV.....	248
Abbildung 174: Beispiel Auswertung – IV-Fahrzeugkilometer nach Netzhierarchie, Ortslage.....	249
Abbildung 175: Verkehrszonen mit Abgrenzung des weiträumigen Aussenverkehrs und des kleinen Grenzverkehrs.....	253
Abbildung 176: Aufbau Tool für Berechnung Mobilitätskostensätze	257
Abbildung 177: Übersicht Stellgrößen MIV-Kostentool.....	257
Abbildung 178: Eingabe Stellgrößen Kostentool	258
Abbildung 179: Diagramm Szenarienvergleich	258
Abbildung 180: Mittlere Kostenänderung im ÖV je Szenario	260
Abbildung 181: Beispiel von zwei Tagesganglinien beeinflusst von Mobility Pricing im ITG.	262
Abbildung 182: Kostensatz pro Relation zwischen den Gebieten für alle Fahrtzwecke im NTG gemittelt.	262
Abbildung 183 Entwicklung Bevölkerung 18-64-jährig nach Verkehrszonen – Szenario WWB	284
Abbildung 184: Entwicklung Bevölkerung 18-64-jährig nach Verkehrszonen – Szenario Basis	284
Abbildung 185: Entwicklung Bevölkerung 18-64-jährig nach Verkehrszonen – Szenario NTG.....	285
Abbildung 186: Entwicklung Bevölkerung 18-64-jährig nach Verkehrszonen – Szenario ITG	285
Abbildung 187: Entwicklung Arbeitsplätze nach Verkehrszonen – Szenario WWB.....	286
Abbildung 188: Entwicklung Arbeitsplätze nach Verkehrszonen – Szenario Basis	286
Abbildung 189: Entwicklung Arbeitsplätze nach Verkehrszonen – Szenario NTG	287
Abbildung 190: Entwicklung Arbeitsplätze nach Verkehrszonen – Szenario ITG	287

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Betrachtete Grössen für den Vergleich VP 2040 mit Entwicklung 2010-2018	46
Tabelle 2: Resultierende Durchdringungsgrade von AF in der Schweizer Flotte	74
Tabelle 3: Quantifizierung Bausteine	87
Tabelle 4: Subject Cases, Aspekte und Tasks (Auszug)	89
Tabelle 5: Übersicht Stellgrössen.....	91
Tabelle 6: Annahmetabelle Stellgrössen über alle Szenarien	103
Tabelle 7: Gesamtüberblick Ergebnisse - Szenario WWB.....	131
Tabelle 8: Übersicht Verteilung Bevölkerung auf Raumtypen 2017 zu 2050 – Szenario WWB	132
Tabelle 9: Gesamtüberblick Ergebnisse - Szenario BASIS	153
Tabelle 10: Übersicht Verteilung Bevölkerung auf Raumtypen 2017 zu 2050 – Szenario BASIS	154
Tabelle 11: Gesamtüberblick Ergebnisse - Szenario NTG	175
Tabelle 12: Übersicht Verteilung Bevölkerung auf Raumtypen 2017 zu 2050 – Szenario NTG	176
Tabelle 13: Gesamtüberblick Ergebnisse - Szenario ITG	197
Tabelle 14: Übersicht Verteilung Bevölkerung auf Raumtypen 2017 zu 2050 – Szenario ITG	198
Tabelle 15: Übersicht Erfassung Entwicklungsschwerpunkte pro Kanton	231
Tabelle 16: Leitdaten pro Warengruppe nach Verkehrsarten	236
Tabelle 17: Anzahl modellierter Mikrohubbs nach Szenarien, Zeitpunkten und Agglomerationen.....	240
Tabelle 18: Wachstum der Lieferwagenfahrten für das KEP Segment	241
Tabelle 19: globale Steigerungsfaktoren für den Aussenverkehr nach Szenario und Zeitscheibe	255
Tabelle 20: modale Verlagerungsfaktoren für den Aussenverkehr nach Szenario und Zeitscheibe	256
Tabelle 21: Anpassungen ÖV-Kostenmatrix	259
Tabelle 22: Resultierende durchschnittliche Preisniveauerhöhung je Szenario und Zeitscheibe	261
Tabelle 23: Zusammenstellung Spitzenzeitzuschläge für die Szenarien ITG und NTG im Jahr 2050..	262
Tabelle 24: Zusammenstellung On-Demand-Festlegungen für die Szenarien BASIS, ITG und NTG	263
Tabelle 25: On-Demand-Besetzungsgrade für die Szenarien BASIS, ITG und NTG	264
Tabelle 26: In den VP hinterlegtes Passagieraufkommen bis 2050 der grössten Schweizer Flughäfen..	264

Literaturverzeichnis

- Agora Verkehrswende (2019) *Parkraummanagement lohnt sich!*
- ARE (2009) *Trends der Siedlungsflächenentwicklung in der Schweiz.*
- ARE (2013) *Freizeitverkehr in der Schweiz: Entwicklung seit 1994 und Analyse des Rückgangs 2005 bis 2010.*
- ARE (2016a) *Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040, Hauptbericht.*
- ARE (2016b) *Perspektiven des Schweizerischen Personen- und Güterverkehrs bis 2040 - Projektion 2050.* Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).
- ARE (2016c) *Räumliche Entwicklung der Arbeitsplätze in der Schweiz - Entwicklung und Szenarien bis 2040.*
- ARE (2017a) *Bauzonenstatistik Schweiz 2017 - Statistik und Analysen.*
- ARE (2017b) *Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl.*
- ARE (2019a) *Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz. Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr 2016.*
- ARE (2019b) *Flächennutzungsmodellierung.* Available at: <https://www.are.admin.ch/flnm>.
- ARE (2019c) *Modèle de choix des ressources de mobilité: Description du modèle utilisé pour la génération de la population synthétique.*
- ARE (2020a) *Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz. Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr 2017.*
- ARE (2020b) *forum raumentwicklung Informationsheft.* Available at: https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/service/publikationen/ARE_forum_01_2020_ES.pdf.
download.pdf/ARE_forum_01_2020_ES.pdf.
- ARE (2020c) *Modelletablierung Nationales Personenverkehrsmodell (NPVM) 2017: Schlussbericht.*
- ARE (2020d) *Nationales Personenverkehrsmodell NPVM 2017.*
- ASTRA (2016) *Einfluss des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten und den Energieverbrauch.*
- ASTRA (2017a) *Chancen und Risiken des Einsatzes von Abstandshaltesystemen sowie des Platoonings von Strassenfahrzeugen - Machbarkeitsanalyse.*
- ASTRA (2017b) *Innovation im intermodalen Verkehr.*
- ASTRA (2018a) *Schweizerische automatische Strassenverkehrszählung.*
- ASTRA (2018b) *Shared Economy und der Verkehr in der Schweiz.*
- ASTRA (2019a) *Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Gesamtprojektleitung Projektbeschreibung.*
- ASTRA (2019b) *Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 2; Verkehrliche Auswirkungen und Infrastrukturbedarf.*
- ASTRA (2019c) *Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 4; Neue Angebotsformen.*
- ASTRA (2019d) *Auswirkungen des automatisierten Fahrens; Teilprojekt 5; Mischverkehr.*
- ASTRA (2019e) *Fussverkehrspotenzial in Agglomerationen.*
- ASTRA (2019f) *Induzierter Verkehr durch autonome Fahrzeuge: Eine Abschätzung.*
- ASTRA (2019g) *Mobility Pricing - Wirkungsanalyse am Beispiel der Region Zug sowie Abklärungen zu technischer Machbarkeit und Datenschutz – Bericht an den Bundesrat.*
- ASTRA (2019h) *Mobility Pricing – Wirkungsanalyse am Beispiel der Region Zug Schlussbericht.*
- ASTRA (2019i) *STEP Nationalstrasse : Projekte und Nutzen.*

ASTRA (2020a) *Verkehr der Zukunft 2060: Neue Angebotsformen – Organisation und Diffusion.*

ASTRA (2020b) *Verkehr der Zukunft 2060: Technologischer Wandel und seine Folgen für Mobilität und Verkehr.*

ASTRA (2021) *Durchführung von Pilotversuchen in der Schweiz.* Available at:
<https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/themen/intelligente-mobilitaet/pilotversuche.html>.

BAK/Oxford Economics (2019) *Internationale Prognosen für Wirtschaftsdaten - Einwohner- und Beschäftigtendaten in Zeitreihen bis 2050.*

BAK (2019) *Bedeutung der Pharmaindustrie für die Schweiz.*

BAK (2020) *Hyperloop : a breakthrough for vacuum transportation ?*

BASSt (2018) *Automatische Zählstellen auf Autobahnen und Bundesstrassen.*

BAV (2018) *Individualisierung des ÖV-Angebots.*

BAV (2020a) *Güterverkehr auf Strasse und Schiene durch die Schweizer Alpen 2019.*

BAV (2020b) *Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA).* Available at:
<https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/verkehrsmittel/strassengueterverkehr/lsva.html>.

BAV (2021) *Vernetzte (multimodale) Mobilität.*

BFE (2020) *Energieperspektiven 2050+.*

BFS/ARE (2017a) *Flächennutzung.* Available at:
<https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/grundlagen-und-daten/raumbeobachtung/siedlung/flaechennutzung.html>.

BFS/ARE (2017b) *Verkehrsverhalten der Bevölkerung, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015.*

BFS (2000) *Erhebung leichte Nutzfahrzeuge (LWE).*

BFS (2009) *Arealstatistik 2004/09.*

BFS (2014) *Gebäude- und Wohnungsstatistik - Wohnfläche pro Bewohner.*

BFS (2017) *Familien in der Schweiz.*

BFS (2019a) *Alpenquerender Güterverkehr.*

BFS (2019b) *Durchschnittlicher Mietpreis in Franken nach Zimmerzahl und 9 Gemeindetypen).*

BFS (2019c) *Erhebung leichte Nutzfahrzeuge (LWE).*

BFS (2019d) *Gebäude- und Wohnungsstatistik - Durchschnittliche Wohnfläche pro Bewohner in den bewohnten Wohnungen nach Gebäudekategorie und Bauperiode.*

BFS (2019e) *Gütertransporterhebung.*

BFS (2019f) *Gütertransportstatistik.*

BFS (2019g) *Haushaltseinkommen und -ausgaben (HABE).*

BFS (2019h) *Leistungen des Personenverkehrs.*

BFS (2019i) *Pendlermobilität.* Available at:
<https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personenverkehr/pendlermobilitaet.html>.

BFS (2019j) *Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STATPOP).*

BFS (2019k) *Statistik des öffentlichen Verkehrs.*

BFS (2019l) *Struktur der ständigen Wohnbevölkerung nach Kanton, am 31.12.2019.*

BFS (2019m) *Wohnverhältnisse nach Zimmerzahl und Bewohnertyp 2010-2017.*

- BFS (2020a) *BFS Aktuell. Szenarien zur Bevölkerungsentwicklung der Schweiz und der Kantone 2020 – 2050.*
- BFS (2020b) *Landesindex der Konsumentenpreise.*
- BFS (2020c) *Luftverkehr, Linien- und Charterverkehr.*
- BFS (2020d) *Strassenfahrzeugbestand.*
- BFS (2020e) *Strassenrechnung.*
- BFS (2020f) *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung.*
- BFS (2021a) *Künftige Entwicklung der Privathaushalte.*
- BFS (2021b) *Strassenfahrzeuge – Bestand, Motorisierungsgrad.* Available at: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeuge/fahrzeuge/strassenfahrzeuge-bestand-motorisierungsgrad.html>.
- BFS (2021c) *Strassenfahrzeuge – neue Inverkehrsetzungen.* Available at: <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeuge/fahrzeuge/strassen-neu-inverkehrsetzungen.html>.
- Bodenmann, B. (2003) *Zusammenhänge zwischen Raumnutzung und Erreichbarkeit: Das Beispiel der Region St. Gallen zwischen 1950 und 2000.* Nachdip.
- Bodenmann, B. R. et al. (2014) *An Integrated Land Use Model for Switzerland-Detailed Description of the FaLC Template, FaLC Working Paper.* regioConcept and IVT.
- Bodenmann, B. R. and Axhausen, K. W. (2011) *Destination choice for relocating firms: A discrete choice model for the St. Gallen region, Switzerland, Papers in Regional Science.* Wiley Online Library.
- de Bok, M. et al. (2021) *An ex-ante analysis of transport impacts of a distance-based heavy goods vehicle charge in the Netherlands, Research in Transportation Economics.* Elsevier Ltd.
- Borner, M. (2018) *Leichter liefern auf der letzten Meile, Hypermotion.*
- Bösch, P. M. et al. (2018) *Cost-based analysis of autonomous mobility services, Transport Policy.* doi: 10.1016/j.tranpol.2017.09.005.
- Boston Consulting Group (2019) *The Leaders in Urban Mobility Will Be Regional, Not Global.* Available at: <https://www.bcg.com/publications/2019/leaders-urban-mobility-will-be-regional-not-global.aspx> (Accessed: 5 February 2020).
- Buehler, R. et al. (2016) *Reducing car dependence in the heart of Europe: Lessons from Germany, Austria, and Switzerland., Transport Reviews.*
- Buffat, M. et al. (2014) *Verbreitung und Auswirkungen von E-Bikes in der Schweiz, Bundeseamt für Energie BFE.*
- BVU (2016) *Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung – Endbericht.*
- BWO (2005) *Wieviele Haushalte haben in der Schweiz Wohneigentum und warum sind es nicht mehr?*
- BWO (2019) *Wohneigentumsquote.* Available at: <https://www.bwo.admin.ch/bwo/de/home/Wohnungsmarkt/zahlen-und-fakten/wohneigentumsquote.html>.
- Ciari, F. and Axhausen, K. W. (2015) *Insights on the Swiss way to 'Peak Car'.*
- Deloitte (2015) *Future of Mobility.* New York.
- Deloitte (2016) *Der Arbeitsplatz der Zukunft.*
- Deloitte (2020) *Wie COVID-19 unseren Alltag beeinflusst: Das Virus sorgt für einen starken Home-Office-Schub.*
- Dennisen, T. et al. (2016) *Gesellschaftliche Trends und technologische Entwicklungen im Personen- und*

Güterverkehr bis 2040, Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).

Dubernet, T. J. P., Rieser-Schüssler, N. and Axhausen, K. W. (2013) *Using a multi-agent simulation tool to estimate the car-pooling potential.*

DVZ (2019a) *Autonomen Systemen gehoert die Zukunft.* Available at:
<https://www.dvz.de/rubriken/test-technik/detail/news/autonomen-systemen-gehoert-die-zukunft.html>.

DVZ (2019b) *Autonomes Fahren loest nicht alle Probleme der KEP-Branche.* Available at:
<https://www.dvz.de/rubriken/land/detail/news/autonomes-fahren-loest-nicht-alle-probleme-der-kep-branche.html>.

DVZ (2019c) *Die Ethik autonomer LKW.* Available at:
<https://www.dvz.de/rubriken/land/strasse/detail/news/die-ethik-autonomer-lkw.html>.

EBP Schweiz AG (2020) *Szenarien der Elektromobilität in der Schweiz – Update 2020.*

Ecoplan (2015) *Verkehrsinfrastrukturen smarter nutzen dank flexibler Arbeitsformen.* Bern.

Ecoplan (2016) *Agglomerationsprogramme Bilanz und Perspektiven. Erfolgreiche Abstimmung zwischen Verkehr und Siedlung.*

Ecoplan im Auftrag des BFE (2022) *Sekundäreffekte der Energieperspektiven 2050+ im Bereich externe Kosten, Anhang zum Bericht «Volkswirtschaftliche Auswirkungen der Energieperspektiven 2050+.* Noch nicht publiziert.

EDA (2021) *Die Schweiz entdecken, Stadt und Land.* Available at:
<https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/de/home/gesellschaft/bevoelkerung/stadt-und-land.html>.

Energie- und Ressourcen-Management GmbH (2016) *Bauabfälle in der Schweiz – Tiefbau.*

ERTRAC (2019) *Connected Automated Driving Roadmap.*

Eurostat (2020a) *Internationaler Warenhandel.*

Eurostat (2020b) *Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung.*

EZV (2020) *Schweizerische Aussenhandelsstatistik.*

Frey, R. L. and Schaltegger, S. (2002) *AREA Access to Regional Economic Approaches, Vorlesungsskript der Nachdiplomausbildung in Raumplanung der ETH Zürich zum Internetlehrgang AREA.*

Fröhlich, P. and Axhausen, K. W. (2002) *Development of Car-based Accessibility in Switzerland from 1950 Through 2000: First Results: 2nd Swiss Transport Research Conference, Monte Verità, Ascona, Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung.*

Fyhri, A. and Fearnley, N. (2015) *Effects of e-bikes on bicycle use and mode share, Transportation Research Part D: Transport and Environment.* Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.trd.2015.02.005.

Geiger, M. (1973) *Die Standortgüte in städtischen Regionen: das Beziehungspotential als ausschlaggebende Variable bei der Standortwahl des Industrie-, Dienstleistungs- und Wohnsektors in der Region Zürich.* ETH Zurich.

Geiger, M. (2000) *SNL-Mietpreisstruktur bestehender Mietverhältnisse, Schlussbericht des Forschungsauftrages F-8358 des Bundesamtes für Wohnungswesen im Rahmen der Diskussion um die Teilrevision des Mietrechts.*

Geurs, K. T. and van Eck, J. R. (2001) *Accessibility measures: review and applications. Evaluation of accessibility impacts of land-use transportation scenarios, and related social and economic impact, RIVM rapport 408505006.* Universiteit Utrecht-URU.

Greinus, A. and Ickert, L. (2019) 'Verkehrsentwicklung im alpenquerenden Güterverkehr infolge Fertigstellung der NEAT'.

Haefeli, U. et al. (2018) *Carpooling im Pendlerverkehr Schlussbericht.*

Infras (2016) *Volkswirtschaftliche Aspekte und Auswirkungen des Projekts Cargo Sous Terrain (CST).* Zürich.

- Infras (2017) *Forschungspaket Verkehr der Zukunft (2060) - Zukunftsthemen und Szenarien*.
- Its-ch (2015) *Förderung der Vernetzung verschiedener Verkehrsarten*. Zürich.
- Jermann, J. (2019) *Ride-Pooling - Verkehrliche Wirkung und rechtliche Basis*. ETH Zürich.
- De Jong, G. et al. (2010) *Price sensitivity of European road freight transport--towards a better understanding of existing results, A report for Transport and Environment*.
- Kägi, W. et al. (2020) *Auswirkungen des wachsenden Versandhandels auf das Verkehrsaufkommen*. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Energie und Kommunikation UVEK.
- Kernteam SR40 (2019) *Smartrail 4.0: Expertenbericht 2019 zuhanden des Bundesamts für Verkehr*.
- KPMG/Ecoplan (2020) *Branchenszenarien 2017 bis 2060*.
- Krause, S. et al. (2017) *Auswirkungen des teil- und hochautomatisierten Fahrens auf die Kapazität der Fernstraßeninfrastruktur, FAT-Schriftenreihe*.
- Krebs, P. and Balmer, U. (2015) *Fair und Effizient. Die LSVA in der Schweiz*.
- Kuhnimhof, T. et al. (2012) *Men Shape a Downward Trend in Car Use among Young Adults—Evidence from Six Industrialized Countries.*, *Transport Reviews*.
- KWC (2018) *Gutachten zur Bestimmung der Elastizität der Nachfrage der Eisenbahnverkehrsunternehmen*.
- Langer, M.-A. (2021) *Wie ein Taxi, nur ohne Chauffeur*.
- Lieberherr, J. (2021a) *Koordination Nahverkehr in den Verkehrsperspektiven 2050 - Ergebnisse der Anwendung des Tools SIMBA.Sync*.
- Lieberherr, J. (2021b) *Koordination Nahverkehr mit SIMBA.Sync - Methodenbeschreibung*.
- Mobility (2018) *Jahresbericht 2018*.
- Morgan Stanley (2016) *Shared Mobility on the Road of the Future*. Available at: <https://www.morganstanley.com/ideas/car-of-future-is-autonomous-electric-shared-mobility> (Accessed: 5 February 2020).
- Patt, C. (2019) *Einflussfaktoren auf das Angebot von Coworking Spaces in der Schweiz*.
- PostAuto (2020) *Mit dem elektrischen London-Taxi von PostAuto ins Verzascatal*.
- Prognos AG (2018) *Auswirkungen auf das Kehrlichaufkommen für die thermische Verwertung in den KVA und die Gesamtauslastung der KVA*.
- Puhe, M. and Schippl, J. (2014) *User Perceptions and Attitudes on Sustainable Urban Transport among Young Adults: Findings from Copenhagen, Budapest and Karlsruhe.*, *Journal of Environmental Policy & Planning*.
- Rapp Trans AG and Interface Politikstudien Forschung Beratung GmbH (2018) *Intelligente urbane Logistik*.
- Rat für Raumordnung (2019) *Megatrends und Raumentwicklung Schweiz*.
- Rérat, P. (2018) *A decline in youth licensing: A simple delay or the decreasing popularity of automobility?*, *Applied Mobility*.
- Rutzer, C. and Niggli, M. (2020) *Corona-Lockdown und Homeoffice in der Schweiz*. Center for International Economics and Business| CIEB.
- SBB (2020a) *Generalabonnement und Halbtax Liste*.
- SBB (2020b) *ÖV-Angebot für das NPVM des ARE Kurzdokumentation der Arbeitsschritte*.
- Schneider, N. F. (2012) *Pluralisierung der Lebensformen*. Available at: <http://www.bpb.de/politik/grundfragen/deutsche-verhaeltnisse-eine-sozialkunde/138033/pluralisierung-der-lebensformen> (Accessed: 16 January 2020).

Schweizerische Rheinhäfen (2020) *Jahresstatistik der Schweizerischen Rheinhäfen*.

Schweizerischer Bundesrat (2015) *Agglomerationspolitik des Bundes 2016+. Für eine kohärente Raumentwicklung Schweiz*.

Stadt Zürich (2021) *Pikmi Haltestelle, gleich um die Ecke*. Available at: <https://www.stadt-zuerich.ch/site/pikmi/de/index.html>.

Stölzle, W. et al. (2015) *Vision Mobilität Schweiz 2050*.

SVZ BW (2019) *Automatische Verkehrszählung*.

Swisstopo (2021) *Verkehrsnetz CH*. Available at: <https://www.swisstopo.admin.ch/de/swisstopo/verkehrsnetz-schweiz.html>.

TCI-Röhling (2015) *Internes Memo zu den verwendeten Elastizitäten in der AMG*. Beratergruppe Verkehr+ Umwelt GmbH.

TIS (2019) *Weissbuch Intelligenter Güterzug - Vom Innovativen Güterwagen zum Intelligenten Güterzug*.

Tschopp, M. (2007) *Verkehrsinfrastruktur und räumliche Entwicklung in der Schweiz 1950-2000*. University of Zurich.

umverkehr (2020) *Die Städte Initiativen*. Available at: <https://www.umverkehr.ch/staedte-initiativen>.

UVEK (2018) *Bundesbeschluss Velowege Faktenblatt 2 : Wachsende Bedeutung des Velos*.

Velokonferenz Schweiz (2015) *Veloförderung in der Schweiz, Info Bulletin - Zeitschrift der Velokonferenz Schweiz*.

Velosuisse (2019) *Jahresstatistiken Fahrradmarkt Neuverkäufe Schweiz*. Available at: http://velosuisse.ch/de/statistik_aktuell.html (Accessed: 16 January 2020).

Wölfle, R. and Leimstoll, U. (2019) *E-Commerce Report Schweiz 2019*.

Wölfle, R. and Leimstoll, U. (2021) *Commerce Report Schweiz 2021*.

Wüest & Partner (2015) *Bauabfälle in der Schweiz – Hochbau*.

Anhang

Anhang 6.1:	Excel-Tool zur Wahl der Leitdaten im Güterverkehr	277
Anhang 6.2:	Beziehungen Leitdaten zu Warengruppen (AMG)	279
Anhang 6.3:	Massnahmen Verkehrsangebot.....	280
Anhang 6.4:	Baustein zu Stellgrössen	282
Anhang 6.5:	Variablen Raumstrukturdaten auf Stufe Verkehrszone.....	283
Anhang 6.6:	Entwicklung Bevölkerung 18-64-jährig je Szenario	284
Anhang 6.7:	Entwicklung Arbeitsplätze je Szenario	286

Anhang 6.1: Excel-Tool zur Wahl der Leitdaten im Güterverkehr

Das von Prognos für die VP2050 entwickelte Excel-Tool (siehe Abbildung auf der nächsten Seite) ist in vier Bereiche unterteilt, die nachfolgend beschrieben werden. Im linken Abschnitt (1) werden zunächst die Gutart und die Verkehrsart angegeben. Darunter wird angezeigt, ob zu dieser Kombination bereits Leitdaten gewählt wurden und ob es dazu Bemerkungen gibt. In einem weiteren Feld ist zudem erkenntlich, welche Leitdaten früher (VP 2040) gewählt wurden. Ganz unten schliesslich kann angegeben werden, wie sehr korreliert die beiden Leitdaten sein dürfen, falls ein zweites Leitdatum gewählt wird (Zwei Leitdaten sollten nur gewählt werden, wenn sie nicht zu sehr miteinander korreliert sind, da die Vorhersagen sonst instabil werden können.).

Im rechten Abschnitt (4) sind alle Leitdaten sortiert nach dem Determinationskoeffizienten (r^2) aufgeführt. Je besser ein Leitdatum zu den Aufkommenswerten der gewählten Gutart / Verkehrsart passt, desto weiter oben steht das Leitdatum in der Tabelle. Gleichzeitig ist durch die Färbung des Hintergrundes gekennzeichnet, welches Leitdatum zur angegebenen Warengruppe sehr gut passt (grün), passt (gelb), indirekt passt (orange) oder gar nicht passt (hellrot). Für die Entscheidung über Wahl des Leitdatums / der Leitdaten kann auch ein Betracht der Steigung m (in der Tabelle ganz rechts) hilfreich sein. Es wurden (siehe unten) Leitdaten gewählt, deren Werte eine positive Korrelation mit den Aufkommenswerten der Gutart / Verkehrsart aufweisen. Das entspricht einem positiven Wert m und bedeutet konkret: Steigen die Werte des Leitdatums, steigen auch die Aufkommenswerte der Gutart / Verkehrsart, und umgekehrt.

In Abschnitt 2 kann ganz oben das nach Ansicht der Tabelle in Abschnitt 4 am besten passende Leitdatum ausgewählt werden. Darunter werden dann – je nachdem, was in Abschnitt 1 ganz unten zur Korrelation der beiden Leitdaten angegeben wurde – alle als zweites Leitdatum in Frage kommenden Leitdaten aufgelistet. Durch Setzen des Punktes in einem der Auswahlfelder (Kreis rechts) kann das entsprechende zweite Leitdatum gewählt werden.

Dann sieht man in Abschnitt 3 oben, ob bei einer Cross Validation die Werte mit einem oder zwei Leitdaten besser sind. Darunter ist das r^2 (Determinationskoeffizient (siehe oben): je näher an 1, desto besser) und s_y (Residualstandardfehler: je niedriger, desto besser) der zwei Leitdaten aufgeführt – dadurch kann festgestellt werden, ob sich r^2 deutlich oder kaum verbessert bei Hinzunahme eines zweiten Leitdatums. Schliesslich steht unten ein Feld für Bemerkungen zur Auswahl der Leitdaten zur Verfügung.

Mit einem Klick auf den Button «Leitdaten wählen» werden dann die gewählten Leitdaten und dazugehörige Bemerkungen gespeichert.

hier die gutart und die verkehrsart auswählen:

7 - Metalle und Halbzeug

Import

daten sind aktuell bis 2018 (zwei Werte (s.Input 1) sind noch von 2017 übernommen).

2018

hier wird angezeigt, ob für die gewählte Gut- und Verkehrsart bereits neue Leitdaten gewählt wurden, und wenn ja, wie der Status ist (Vorschlag Prognosevom ARE überprüfbar gewählt):

Aktueller Status:
Vorschlag Prognose

Bisher neu gewählte Leitdaten:
25 Herstellung von Metallerzeugnissen
Importe

Bemerkungen dazu:
25 mit Importe hat bessere Werte als nur 25: r2= 0,4283 (statt 0,315) und Cross Validation weist deutlich geringere Abweichung aus.

hier stehen die Leitdaten, die bei früheren AMG-Versionen gewählt wurden ("Aktualisierung AMG: Umgang mit Parameteränderungen") sowie das zugehörige r2:

Früher gewählte Leitdaten:
24 Metallerzeugung und -bearbeitung

r2: 0,35

hier kann angegeben werden, wie stark das zweite Leitdatum mit dem ersten korreliert sein darf (alle Leitdaten, die diese Bedingung erfüllen, werden dann rechts angezeigt):

MULTIKORRELATION?
r zw. Leitdaten kleiner als
0,85

bisher nur eine Überlegung: wie wird mit Leitdaten mit negativer Steigung m umgegangen und welchen Einfluss soll der p-Wert haben (nur Leitdaten rechts anzeigen, die ... erfüllen):

STIEGUNG?
negative m erlauben oder nicht?
p-WERT?
kleines r2 mit grossem p? grosses r2 mit grossem p?

hier das erste Leitdatum auswählen (Tabelle ganz rechts gibt Orientierung):

18 Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung

durch Setzen des Häkchens kann ein zweites Leitdatum gewählt werden:

zweites Leitdatum wählen?

- A Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei
- B Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden
- 13 - 15 Herstellung von Textilien und Bekleidung
- 16 Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)
- 19 - 20 Kokerei, Mineralölverarbeitung und Herstellung von chemischen Erzeugnissen
- 22 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren
- 23 Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden
- 24 Metallerzeugung und -bearbeitung
- 25 Herstellung von Metallerzeugnissen
- 26 Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und Uhren
- 27 Herstellung von elektrischen Ausrüstungen
- 28 Maschinenbau
- 29 Herstellung von Automobilen und Automobilteilen
- 31 Herstellung von Möbeln
- 33 Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen
- D Energieversorgung
- E Wasserversorgung, Beseitigung von Umweltverschmutzungen
- 46 Grosshandel
- 47 Detailhandel

nach Überprüfen der Werte rechts (Cross Validation, zwei Leitdaten) kann der Punkt bei einem Leitdatum gesetzt werden oder der Haken oben wieder entfernt werden, unter Bemerkungen können Bemerkungen notiert werden, dann den Button "Leitdaten wählen" drücken und die Leitdaten werden gespeichert.

leitdaten wählen

zunächst auswählen, wie viele Jahre als Testjahre dienen sollen, dann mit Hilfe der Summe aller Abweichungen (Mittelwert von 16 (bei Binnenvkehr und Anzahl Testjahre 1 sind es nur 11) Rechnungen) bzw. der relativen Abweichungen vergleichen, ob die Werte mit einem Leitdatum oder mit zwei besser approximiert werden können.

CROSS VALIDATION

Anzahl Testjahre
3

Summe Ab-Faktor 1 Leitdatum Ø rel. Abweichung pro Jahr 1 Leitdatum
0,1376 0,30%

Summe Ab-Faktor 2 Leitdaten Ø rel. Abweichung pro Jahr 1 Leitdatum
0,1430 0,32%

die Werte für das r2 und das sy mit zwei Leitdaten:

ZWEI LEITDATEN?
r2 mit zwei Leitdaten
0,1639
sy mit zwei Leitdaten
0,0782

hier Bemerkungen eintragen (wenn gewünscht auch das r2 oder das sy oder ..., da bisher nur Leitdaten und Bemerkungen gespeichert werden):

BEREMKUNGEN

rankliste r2 (ein leitdatum)

PI	Leitdatum	r2	sy (PI sy)	p	m
1	28 Maschinenbau	0,673	0,048 (1)	0,000	1,144
2	Importe	0,417	0,064 (2)	0,001	0,261
3	Exporte	0,409	0,064 (3)	0,002	0,204
4	32 Herstellung von sonstigen Waren	0,387	0,065 (4)	0,002	0,389
5	22 Herstellung von Gummi- und Kunstst	0,377	0,066 (5)	0,003	0,807
6	46 Grosshandel	0,346	0,067 (6)	0,005	0,167
7	Bruttoinlandsprodukt	0,333	0,068 (7)	0,006	0,377
8	25 Herstellung von Metallerzeugnissen	0,315	0,069 (8)	0,007	0,548
9	21 Herstellung von pharmazeutischen E	0,314	0,069 (9)	0,008	0,107
10	26 Herstellung von Datenverarbeitungs	0,309	0,069 (10)	0,008	0,180
11	Binnennachfrage	0,302	0,070 (11)	0,009	0,264
12	SONST Sonstige (NOGA H - S)	0,282	0,071 (12)	0,012	0,248
13	Konsumausgaben privater Haushalte	0,263	0,072 (13)	0,016	0,413
14	16 Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb-	0,252	0,072 (14)	0,019	0,377
15	19 - 20 Kokerei, Mineralölverarbeitung u	0,235	0,073 (15)	0,024	0,214
16	45 Handel und Reparatur von Motorfahr	0,234	0,073 (16)	0,024	0,272
17	F Baugewerbe/Bau	0,231	0,073 (17)	0,025	0,204
18	Bevölkerung	0,216	0,074 (18)	0,030	0,616
19	29 Herstellung von Automobilen und Au	0,212	0,074 (19)	0,032	0,168
20	47 Detailhandel	0,211	0,074 (20)	0,033	0,465
21	30 Sonstiger Fahrzeugbau	0,198	0,075 (21)	0,039	0,067
22	D Energieversorgung	0,197	0,075 (22)	0,039	-0,300
23	E Wasserversorgung, Beseitigung von l	0,190	0,075 (23)	0,043	0,361
24	10 - 12 Herstellung von Nahrungsmitteln	0,173	0,076 (24)	0,053	0,238
25	18 Herstellung von Druckerzeugni	0,154	0,077 (25)	0,068	-0,155
26	13 - 15 Herstellung von Textilien	0,132	0,078 (26)	0,089	-0,238
27	23 Herstellung von Glas und Glaswaren	0,121	0,078 (27)	0,102	0,258
28	17 Herstellung von Papier, Pappe und w	0,115	0,078 (28)	0,109	-0,130
29	A Landwirtschaft, Forstwirtschaft und F	0,075	0,080 (29)	0,174	-0,279
30	33 Reparatur und Installation von Maso	0,073	0,080 (30)	0,177	0,289
31	27 Herstellung von elektrischen Ausrü	0,066	0,081 (31)	0,182	0,224
32	B Bergbau und Gewinnung von Steinen	0,051	0,081 (32)	0,227	0,289
33	24 Metallerzeugung und -bearbeitung	0,039	0,082 (33)	0,258	0,085
34	31 Herstellung von Möbeln	0,018	0,083 (34)	0,325	0,160

LEGENDE

■ Passt sehr gut ■ Bezug indirekt
■ Bezug vorhanden ■ kein Bezug

Anhang 6.2: Beziehungen Leitdaten zu Warengruppen (AMG)

	Warengruppen der AMG									
	1 - Landwirtschaft	2 - Nahrungsmittel	3 - Energieträger	4 - Erze, Steine/Erden	5 - Baustoffe, Glas	6 - Chemie und Kunststoffe	7 - Metalle und Halbzeug	8 - Abfälle	9 - Halb- und Fertigwaren	10 - Stück- und Sammelgut
Legende										
	1 Bezug indirekt									
	2 Bezug vorhanden									
	3 Passt sehr gut									
Übergeordnete Leitdaten										
Bevölkerung		1	1					1		1
Bruttoinlandsprodukt	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Konsumausgaben privater Haushalte		1	1					1	1	1
Importe	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Exporte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Binnennachfrage		1	1					1		1
Branchenspezifische Leitdaten										
A Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Fischerei	3	2							1	
B Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden				3						
10 - 12 Herstellung von Nahrungsmitteln und Tabak	2	3			1					
13 - 15 Herstellung von Textilien und Bekleidung								2	3	2
16 Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren ...	2				1			3	3	1
17 Herstellung von Papier, Pappe und Waren daraus	1					1		1	3	2
18 Herstellung von Druckerzeugnissen; Vervielfältigung						1		1	2	2
19 - 20 Kokerei, Mineralölverarbeitung ...			3			2				
21 Herstellung von pharmazeutischen Erzeugnissen						3				
22 Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren					2	3			1	
23 Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, ...				3	3					
24 Metallerzeugung und -bearbeitung			1	2	2		3	1		
25 Herstellung von Metallerzeugnissen			1		1		3			
26 Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und Uhren									1	1
27 Herstellung von elektrischen Ausrüstungen									1	
28 Maschinenbau									3	1
29 Herstellung von Automobilen und Automobilteilen						1			3	
30 Sonstiger Fahrzeugbau									1	
31 Herstellung von Möbeln									3	
32 Herstellung von sonstigen Waren						1			1	1
33 Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen									3	
D Energieversorgung			1							
E Wasserversorgung, Beseitigung von Umweltverschmutzungen								1		
F Baugewerbe/Bau				1	2		1	1		
45 Handel und Reparatur von Motorfahrzeugen									1	1
46 Grosshandel	1	1						3	1	1
47 Detailhandel	2	1			1			3	1	1

Anhang 6.3: Massnahmen Verkehrsangebot

Verkehrsmittel	Infrastrukturmassnahme	Strasse	Raum	Inbetriebnahme
MIV	Allacciamento**Grono	N13	GR	2020
MIV	Winkeln - St. Gallen	N1	SG	2020
MIV	Südmufahrung Küssnacht	2b	SZ	2020
MIV	Allacciamento**San Vittore, Vollanschluss	N13	TI	2020
MIV	Eyholztunnel	N9	VS	2020
MIV	Überlingen West - Überlingen Ost	B31	DE	2020
MIV	Südwestumfahrung Sins	Kantonsstrasse	AG	2025
MIV	Ostumfahrung Bad Zurzach	Kantonsstrasse	AG	2025
MIV	Südwestumfahrung Brugg	Kantonsstrasse	AG	2025
MIV	Umfahrung Mellingen	Kantonsstrasse	AG	2025
MIV	Neuer Vollanschluss	A14/L45	AG	2025
MIV	Autobahn	N1	AG	2025
MIV	Aarau Ost - Birrfeld (PUN)	N1	AG	2025
MIV	Augst - Rheinfelden (PUN)	N3	AG	2025
MIV	Neubau Umfahrungsstrasse	Kantonsstrasse	BE	2025
MIV	Vollanschluss Aesch	N18	BL	2025
MIV	Hagnau - Augst (PUN)	N2	BL	2025
MIV	Genève Aéroport - Le Vengeron	N1a	GE	2025
MIV	Le Vengeron - Coppet (PUN)	N1	GE-VD	2025
MIV	Coppet - Nyon (PUN)	N1	GE-VD	2025
MIV	Anschluss Emmen Nord	N2	LU	2025
MIV	Buchrain - Rütihof (PUN)	N14	LU-ZG	2025
MIV	St. Gallen-Neudorf - Meggenhus (PUN)	N1	SG	2025
MIV	Erweiterung Choffristunnel (PUN)	N4	SH-ZH	2025
MIV	Jonction Lausanne-Blécherette	N9	VD	2025
MIV	Aubonne - Morges Ouest (PUN)	N1	VD	2025
MIV	La Sarraz - Chavornay (PUN)	N1	VD	2025
MIV	Tangentente Zug/Baar		ZG	2025
MIV	Nordumfahrung Zürich	N1c	ZH	2025
MIV	Kreuz Limmattal (PUN)		ZH	2025
MIV	Ohringen - Oberwinterthur		ZH	2025
MIV	Kleinandelfingen - Wintherthur Nord	N4	ZH	2025
MIV	Ausbau auf 4 Spuren, Abschnitt Hardwald in Bülach & Glattfelden, Ausbau Kreisel Chrüzstrasse	Schaffhauserstrasse	ZH	2025
MIV	Neubau Autobahnzubringer zur A4 Knonaueramt, Anschluss Affoltern a. A. in Oberfelden & Ottenbach		ZH	2025
MIV	Umfahrung Winterthur (PUN)		ZH	2025
MIV	Wallisellen - Brüttisellen (PUN)	N1	ZH	2025
MIV	Wädenswil - Richterswil (PUN)	N3	ZH	2025
MIV	Ortsumfahrung Behla, schon IST	B27	DE	2025
MIV	A98	A98 - 4.2	DE	2025
MIV	Ortsumfahrung Oberlauchringen	B34	DE	2025
MIV	Ortsumfahrung Grenzach		DE	2025
MIV	Ortsumfahrung Whylen		DE	2025
MIV	Veras	Kantonsstrasse	AG	2030
MIV	Wiggertastrasse Abschnitt Nord	Kantonsstrasse	AG	2030
MIV	Schönbühl - Kirchberg	N1	BE	2030
MIV	Jonction Bienne Nord	N16	BE	2030
MIV	Anschluss Bern Wankdorf	N6	BE	2030

Verkehrsmittel	Infrastrukturmassnahme	Strasse	Raum	Inbetriebnahme
MIV	Umfahrungsstrasse Aarwangen	Kantonsstrasse	BE	2030
MIV	Luterbach - Härkingen	N1	BE-SO	2030
MIV	Anschluss Zubringer Bachgraben	N3	BL/BS	2030
MIV	Optimierung Seetalplatz (Umfahrungen Meierhöfli / Emmen)		LU	2030
MIV	Contournement Le Locle	H20	NE	2030
MIV	Umfahrung Ost La Chaux-de-Fonds		NE	2030
MIV	Anschluss Alpnach-Süd	N8	OW	2030
MIV	Anschluss Wil-West	N1	TG	2030
MIV	Allacciamento Sigrino	N2	TI	2030
MIV	Neubau Umfahrung		TI	2030
MIV	Anschluss Altdorf Süd	N2	UR	2030
MIV	Crissier	N1	VD	2030
MIV	Villars-Ste-Croix- Cossonay	N1	VD	2030
MIV	Jonction Ecublens	N1	VD	2030
MIV	Jonction Chavannes	N1	VD	2030
MIV	Umfahrung Cham-Hünenberg, Kammern A, C		ZG	2030
MIV	Umfahrung Grüningen		ZH	2030
MIV	Ortsumfahrung Grimmelshofen	B314	DE	2030
MIV	Ortsumfahrung Randen	B27	DE	2030
MIV	Konstanz (Landeplatz) - Allensbach/W	B33	DE	2030
MIV	Überlingen-Ost - Immenstaad	B31	DE	2030
MIV	A98	A98 - 5	DE	2030
MIV	A98	A98 - 7	DE	2030
MIV	Freiburg - AS Freiburg-Mitte		DE	2030
MIV	Kirchzarten - Buchenbach		DE	2030
MIV	Ortsumfahrung Spaichingen		DE	2030
MIV	Ortsumfahrung Rietheim-Weilheim		DE	2030
MIV	Ortsumfahrung Stockach		DE	2030
MIV	Ortsumfahrung Jetstetten		DE	2030
MIV	Breisach - Freiburg		DE	2030
MIV	Ortsumfahrung Immendingen		DE	2030
MIV	Sigmaringen-Mengen		DE	2030
MIV	Vilsingen - Engelswies		DE	2030
MIV	AS Mühlhausen - Hohenstadt		DE	2030
MIV	AS Stuttgart-Degerloch - AS Wendlingen		DE	2030
MIV	AS Stuttgart-Zuffenhausen (A81) - AS Stuttgart Neuwirtshaus		DE	2030
MIV	AS Ulm-Nord - Ulm-Ost		DE	2030
MIV	Friedrichshafen (B31) - Ravensburg/Eschach		DE	2030
MIV	Hohenstadt - AS Ulm-Nord		DE	2030
MIV	Kempten (A7) - Marktoberdorf (B472)		DE	2030
MIV	Lückenschluss bei Kuppenheim		DE	2030
MIV	OU Ravensburg/Eschach - Baidt		DE	2030
MIV	Ulm-Ost - Ulm-Elchingen		DE	2030
MIV	Immenstaad - Friedrichshafen/Waggershausen		DE	2030
MIV	Friedrichshafen/Waggershausen - Friedrichshafen (B030 alt)		DE	2030
MIV	Marktoberdorf (B472) - AS Jengen/Kaufbeuren (A96)		DE	2030
MIV	OU Enzisreute		DE	2030
MIV	OU Gaisbeuren		DE	2030

Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Verkehrsperspektiven 2050 | Schlussbericht

Verkehrsmittel	Infrastrukturmassnahme	Strasse	Raum	Inbetriebnahme
MIV	A 6 Lgr. BW/BY - AK Feuchtwangen		DE	2030
MIV	AS Kupferzell - Lgr. BY/BW		DE	2030
MIV	AK Weinsberg - AS Kupferzell		DE	2030
MIV	AS Wiesloch /Rauenberg - AK Weinsberg		DE	2030
MIV	AS Oberpfaffenhofen - AS Germering-S		DE	2030
MIV	AS Würthsee - AS Oberpfaffenhofen		DE	2030
MIV	AD München-SW - AK München-W		DE	2030
MIV	Désenclavement routier du Chablais		F	2030
MIV	Aarau Ost – Birrfeld	N1	AG	2035
MIV	Wankdorf – Muri	N6	BE	2035
MIV	Hagnau - Augst	N2	BL	2035
MIV	Rheintunnel Basel (Variante Cmax)		BL/BS	2035
MIV	Perly – Bernex	N1a	GE	2035
MIV	Bernex – Genève Aéroport inkl. Jonction Vernier-Canada	N1a	GE	2035
MIV	Le Vengeron – Coppet	N1	GE-VD	2035
MIV	Coppet – Nyon	N1	GE-VD	2035
MIV	Umfahrung Näfels		GL	2035
MIV	Rotsee - Buchrain (Ausbau Nord)	N2	LU	2035
MIV	Horw - Hergiswil (Ergänzung Süd)	N2	LU	2035
MIV	Anschluss Lochhof	N2	LU	2035
MIV	Bypass Luzern inkl. Ergänzung Süd (Kriens-Hergiswil) und Rotsee – Buchrain (Ausbau Nord)	N2	LU-NW	2035
MIV	Contournement La Chaux-de-Fonds	H20	NE	2035
MIV	St. Gallen-Schoren – St. Gallen-Neudorf (3. Röhre Rosenbergertunnel inkl. Spange Güterbahnhof)	N1	SG	2035
MIV	Spange Güterbahnhof		SG	2035
MIV	Anschluss Rorschach	N1	SG	2035
MIV	Anschluss St. Margrethen	N1	SG	2035
MIV	A1 Anschluss Wil-West	A1	SG	2035
MIV	Will: Netzergänzung Nord (Umfahrungsstrasse)		SG	2035
MIV	2. Röhre Fäsenstaubtunnel (Schaffhausen-Süd - Herblingen)N4		SH	2035
MIV	2. Röhre Fäsenstaubtunnel (Schaffhausen-Süd - Herblingen)N4 / Verbindungsstrasse		SH	2035
MIV	2. Röhre Fäsenstaubtunnel (Schaffhausen-Süd - Herblingen)N4 / flankierende Massnahmen		SH	2035
MIV	Anschluss Schindellegi (Halten)	N3	SZ	2035
MIV	Anschluss Wangen Ost	N3	SZ	2035
MIV	Anschluss Arth N4	N4	SZ	2035
MIV	Spange Bättershausen	A7	TG	2035
MIV	HAS Rotkreuz Süd	N4	ZG	2035
MIV	Westumfahrung Zürich (Limmattal – Urdorf-Süd)	N1c	ZH	2035
MIV	Zürich Nord – Zürich Flughafen	N1b	ZH	2035
MIV	Umfahrung Winterthur	N1	ZH	2035
MIV	Ortsumfahrung Zollihus	B27	DE	2035
MIV	B31	B31	DE	2035
MIV	A98	A98 - 6	DE	2035
MIV	A98	A98 - 8/9	DE	2035
MIV	A98	A98 - 10	DE	2035
MIV	Donauschlingen - Hüfingen		DE	2035

Verkehrsmittel	Infrastrukturmassnahme	Strasse	Raum	Inbetriebnahme
MIV	Ortsumfahrung Villingen-Schwenningen		DE	2035
MIV	Augst - Rheinfelden	N3	AG	2040
MIV	Biel West-Rusel (Umfahrung Biel, Tunnel Vingelz)	N5	BE	2040
MIV	Zubringer rechtes Bielerseeufer (Porttunnel) / Inkl. Anschluss Brüggmoos	N5	BE	2040
MIV	Lugano-Sud – Mendrisio	N2	TI	2040
MIV	Lugano-Sud – Mendrisio / Ergänzungen	N2	TI	2040
MIV	Collegamento Bellinzona - Locarno inkl. Allacciamento Bellinzona	N13	TI	2040
MIV	Aubonne – Morges Ouest	N1	VD	2040
MIV	Hirzeltunnel	N14	ZG-ZH	2040
MIV	Lückenschliessung Oberlandautobahn	N15	ZH	2040
MIV	Umfahrung Eglisau		ZH	2040
MIV	Weyermannshaus - Wankdorf	N1	BE	2045
MIV	Brüggmoos - Biel West (Seevorstadt)	N5	BE	2045
MIV	Buchrain – Rütihof	N14	LU-ZG	2045
MIV	Cossonay – La Sarraz	N1	VD	2045
MIV	Grand contournement de Morges	N1	VD	2045
MIV	Wallisellen – Brüttsellen	N1	ZH	2045
MIV	Glattalautobahn	N1/N11/N121	ZH	2045
MIV	Wiggertal – Oftringen	N1	AG	2050
MIV	Aarau West – Aarau Ost	N1	AG	2050
MIV	Birrfeld – Wettingen-Ost inkl. 4. Röhre Baregg	N1	AG	2050
MIV	Muri – Rubigen	N6	BE	2050
MIV	Wankdorf – Muri	A6	BE	2050
MIV	Kirchberg – Luterbach	N1	BE-SO	2050
MIV	Reichenau – Rothenbrunnen (mit Isla Bella und Piazas Tunnel)	N13	GR	2050
MIV	Sarnen Nord - Alpnach - Lopper	N8	OW	2050
MIV	St. Gallen-Neudorf – Meggenhus	N1	SG	2050
MIV	Erweiterung Chofirsttunnel (Flurlingen - Schaffhausen-Süd) N4		SH-ZH	2050
MIV	Oftringen – Aarau West	N1	SO-AG	2050
MIV	Schindellegi – Pfäffikon SZ	N3	SZ	2050
MIV	Nyon – Aubonne	N1	VD	2050
MIV	La Sarraz – Chavornay	N1	VD	2050
MIV	Chavornay – Essert-Pittet	N1	VD	2050
MIV	Villars-Ste-Croix – Montreux	N9	VD	2050
MIV	Dietikon – Limmattal	N1	ZH	2050
MIV	Brüttsellen – Winterthur-Töss	N1	ZH	2050
MIV	Zürich Süd– Thalwil – Wädenswil	N3	ZH	2050
MIV	Wädenswil – Richterswil	N3	ZH	2050

Anhang 6.4: Baustein zu Stellgrössen

Szenarienbausteine:	Einfluss auf Stellgrösse	
1	Autom. Fahrzeuge - Wirkung auf Mobilitätsraten	N01
2	Autom. Fahrzeuge - Verbreitung im Personenverkehr	N08, N14a, N14b, N14c, N14d, N18
3	Autom. Fahrzeuge - Wirkung auf Streckenkapazitäten	N02a
4	Autom. Fahrzeuge - Bewertungsfunktion Erreichbarkeit	F28, F15, F30
6	Nutzung von Sharingangebote	F25, N08, N17, M14
7	Pooling - Teilen von Fahrten	N18, N22, M02a
8	On-Demand ÖV	N11, N14a, N14b, N14c, N14d, N15, N30
9	Mobile Echtzeit-Information	N11, N32
13	Zeitliche Flexibilisierung der Verkehrsnachfrage	N32
14	Internalisierung externer Kosten Verkehrsmittelwahl	M02a, M04b
15	Internalisierung externer Kosten Standortwahl	F05, F28, F30
16	Förderung Fussverkehr	N35, F07
17	Mobility Pricing - Kosten	N18, N19d, N19e, N24c, M02a
19	Parkplatzangebot in Städten	N16, N17, M12
21	Neuorganisation der letzten Meile	N24c, N24f
22	Automatisierte Fahrzeuge im Strassengüterverkehr	A01
23	Längere Züge - Erhöhung Kapazität Bahn	
24	Automatische Kupplung und Bremsprüfung	A02; A03
25	Neue kombinierte GV-Transportketten	A32
26	Erhöhung Zugauslastung durch Digitalisierung, Railportal	A03
27	Automatisierung Züge, digitale Zugsteuerung	
28	Erhöhung Fahrzeugauslastung (Strasse) durch Digitalisierung	A31, A42
29	Arbeitsorte im ländlichen Raum	N01, N33
30	Rückmigration in abgelegene Regionen	F28, F30
31	Integration CO2-Abgabe in Mobilitätskosten	M04b
32	Verdichtung Kernstädte - Zentrale Wohn/Arbeitsplatzstruktur	F07
33	Verdichtung Agglo um S-Bahn-Stationen	F07
34	Abbau PW-Fahstreifen in Städten	N02a
36	Integration Fernbusnetz	N09
38	Bike&Ride	N11
40	Copenhagenizing Switzerland	N06a
43	Virtuelle Räume	N01
45	Gesellschaftlicher Wohlstand	F16, M02a
47	Individualisierung	F08, N01, N18
48	Suffizienz	N01
49	Zahlungsbereitschaft für Dinge	F16, F22, F25, N15, M02a
53	Online-Handel	N01, M15
55	Einstellung zu Familie	F08, N18
56	Hedonismus	F08
57	Gesundheitsbewusstsein	N06a, N35, F05
58	Wohnraumentwicklung - Wohnfläche pro Person	F08
59	Akzeptanz von verdichteten Siedlungsformen	F07
60	Wohnform (Eigentumsquote)	F22
63	Energiepreise (Energieperspektiven)	M04a
65	Nutzung alternativer Antriebsformen im Personenverkehr	M01, M14
66	E-Mobilität in Langsamverkehr	N06a, N35
67	Arbeitspensum	N01, N32
68	Bedeutung Home-Office / E-Learning	N01, F05, M15
70	Gestaltung Aktivitäten im Tagesverlauf	N01, N32
71	Gestaltung Aktivitäten im Wochenverlauf	N01
75	Multimodales Verkehrsverhalten	F25, N14a, N14b, N14c, N14d, N15
77	Grenzüberschreitende Fahrten	N19d, N19e
78	Flugverhalten (Anzahl Flüge)	N36
80	Mobilität von Senioren	N01, N15
82	Preisniveau im ÖV	N14a, N14b, N14c, N14d
83	Produktivität Tech-Branchen	
85	Globalisierung der Wirtschaft	
87	Produktionform 3D-Printer	
88	PW-Zugänglichkeit	F25
89	ÖV-Abonnement-Besitz	F25, N15
90	Kapazitätssteigerung durch allg. Verkehrsmanagement	N02a
91	allg. Optimierungen in Logistikkette (Entwicklung Leerfahrtenanteile)	
92	allg. Optimierungen in Logistikkette (Entwicklung Beladungsgrade)	A42
93	Entwicklung Betriebskosten (Güterverkehr)	
95	Indisponible Massnahmen Strassennetz	N02
96	Indisponible Massnahmen Velonetz	N06
97	ÖV-Angebotsnetze	N09
100	Nutzung alternativer Antriebsformen im Güterverkehr	A43
101	Wirtschaftliche Entwicklung	
102	Bevölkerung	
103	Flottenmix nach Antriebssegment (Energieperspektiven)	M02b, A01
104	Treibstoffeinsparung aufgrund technischer Innovation	M08
105	Steuern & Abgaben	M11, M13
106	Entwicklung LSWA	A31, A01
107	Effekte Netto-null Szenario auf Lkw	A31
108	Umschlagskosten beim KV	A03

Anhang 6.5: Variablen Raumstrukturdaten auf Stufe Verkehrszone

Variablen Strukturdaten (aggregierte Darstellung)	
Bevölkerung	Bevölkerung nach Altersklasse
	Bevölkerung nach Mobilitätswerkzeugen (PW-Besitz/Verfügbarkeit, Halbtax, GA, Verbundsabo)
	Bevölkerung nach Alterklasse und Mobilitätswerkzeuge (PW-Verfügbarkeit, Abobesitz)
	Durchschnittliches Alter
	Männeranteil
Erwerbstätigkeit	Erwerbstätige nach Altersklasse, Mobilitätswerkzeuge (PW-Verfügbarkeit, Abobesitz) und Qualifikationsstatus (einfach, qualifiziert)
Arbeitsplätze	Beschäftigte nach Qualifikationsstatus (einfach, qualifiziert)
	Beschäftigte nach Branche
	Grenzgänger
	Vollzeitäquivalente im 2. Sektor
Ausbildung	Lernende
	Schüler nach Schulstufe (Primar/Sekundar) am Schulort
	Schüler nach Schulstufe (Primar/Sekundar) am Wohnort
	Schüler nach Mobilitätswerkzeug (PW-Verfügbarkeit, ÖV-Abo)
	Studierende am Schulort
	Studierende am Wohnort
Besucher	Studierende nach PW-Verfügbarkeit
	Besucher nach Freizeiteinrichtungen
	Besucher Einkauf
	Besucher nach Kultureinrichtungen
	Besucher Spital

Anhang 6.6: Entwicklung Bevölkerung 18-64-jährig je Szenario

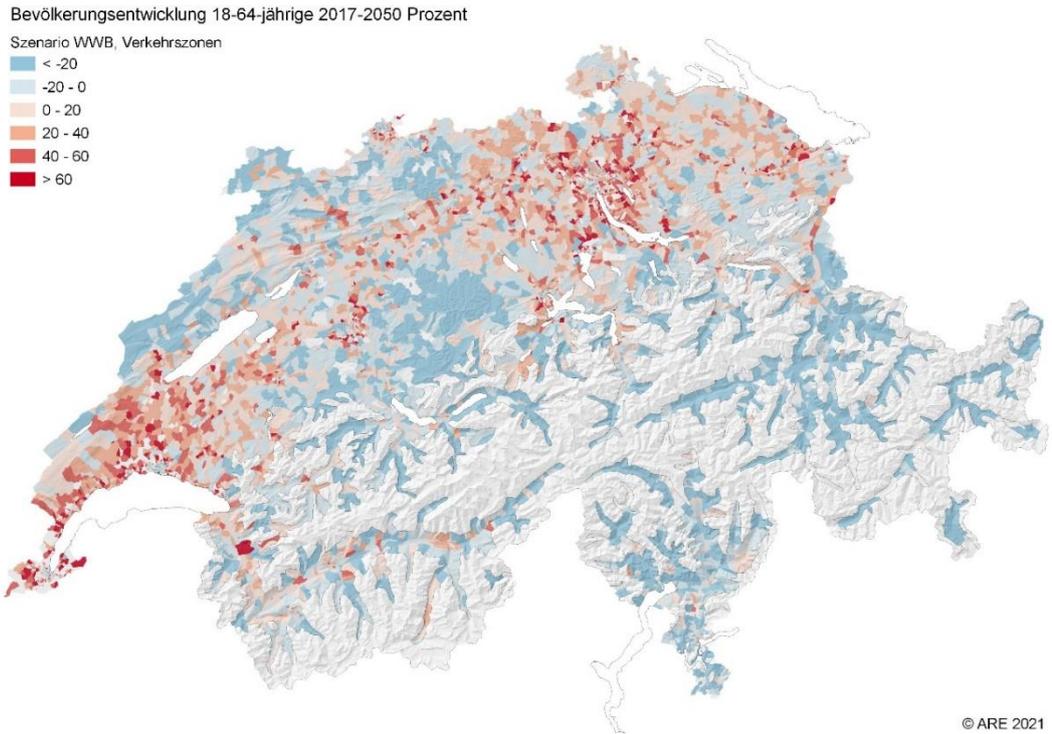


Abbildung 183 Entwicklung Bevölkerung 18-64-jährig nach Verkehrszonen – Szenario WWB
relative Veränderung 2017 – 2050

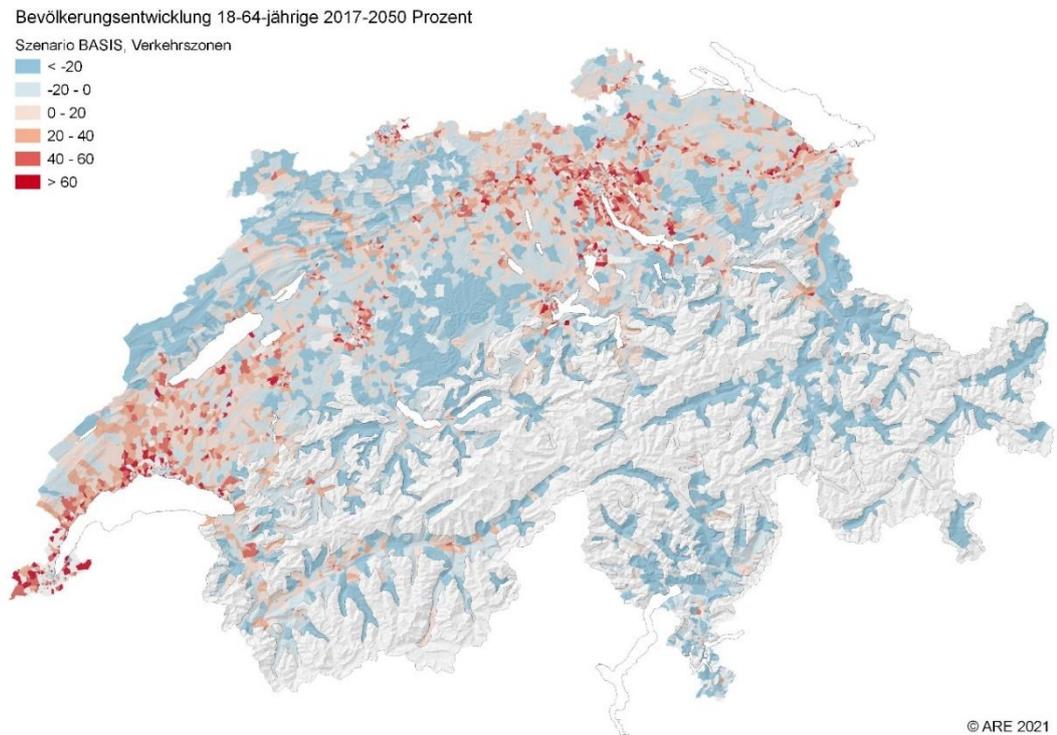


Abbildung 184: Entwicklung Bevölkerung 18-64-jährig nach Verkehrszonen – Szenario Basis
relative Veränderung 2017 – 2050

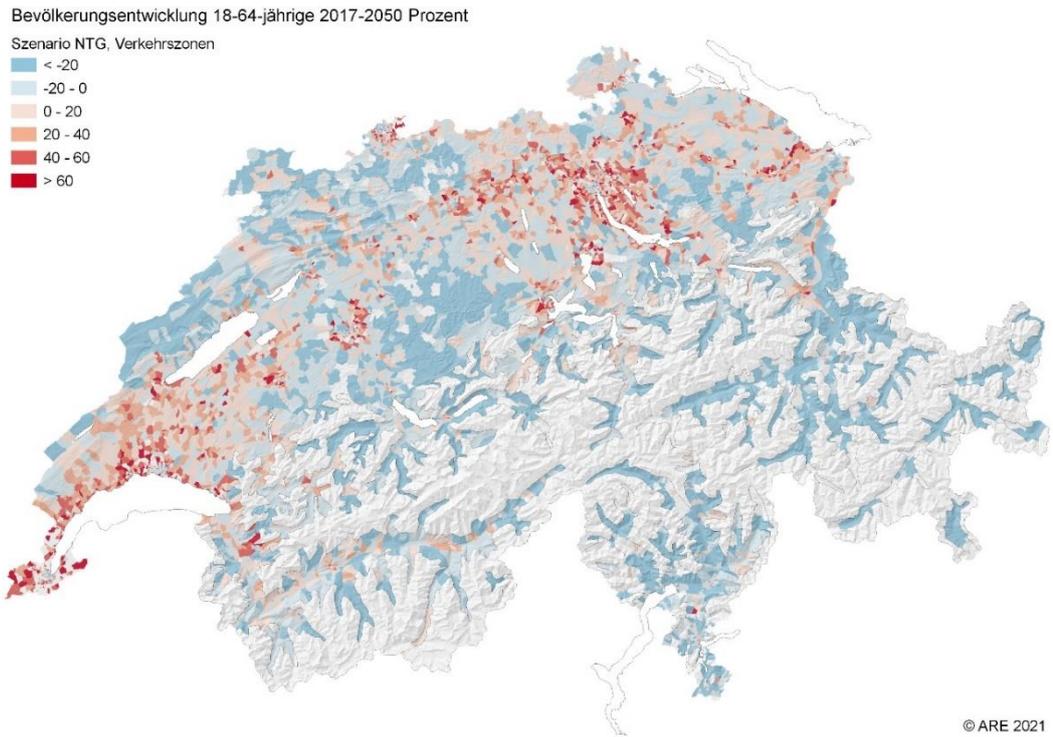


Abbildung 185: Entwicklung Bevölkerung 18-64-jährig nach Verkehrszonen – Szenario NTG
relative Veränderung 2017 – 2050

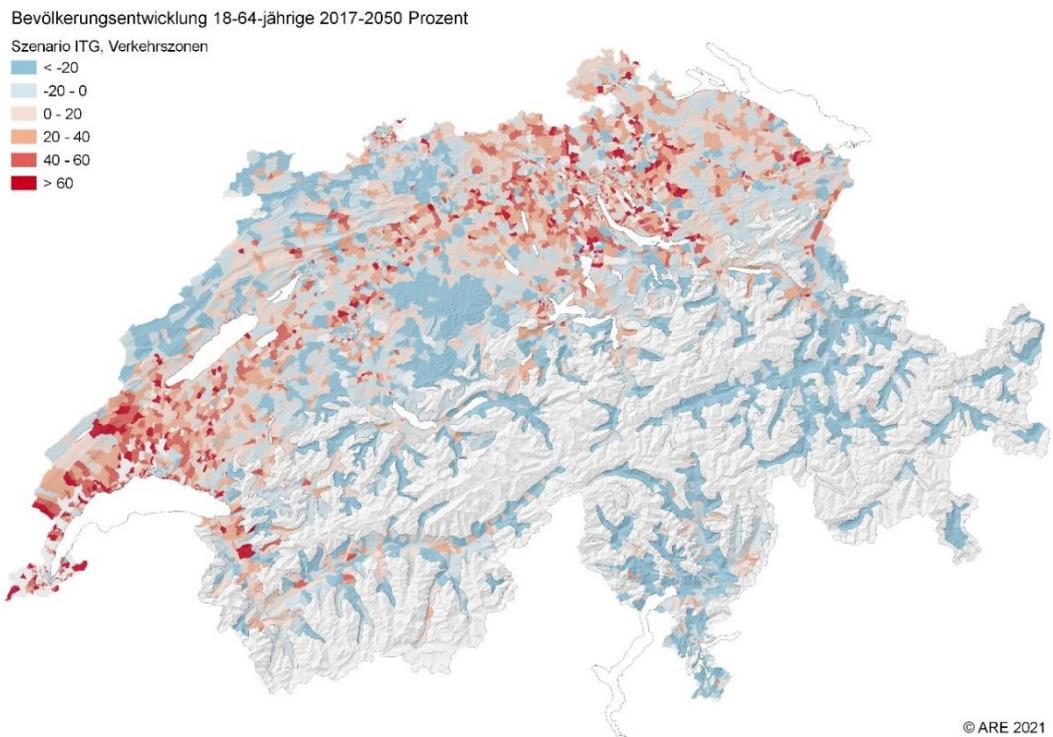


Abbildung 186: Entwicklung Bevölkerung 18-64-jährig nach Verkehrszonen – Szenario ITG
relative Veränderung 2017 – 2050

Anhang 6.7: Entwicklung Arbeitsplätze je Szenario

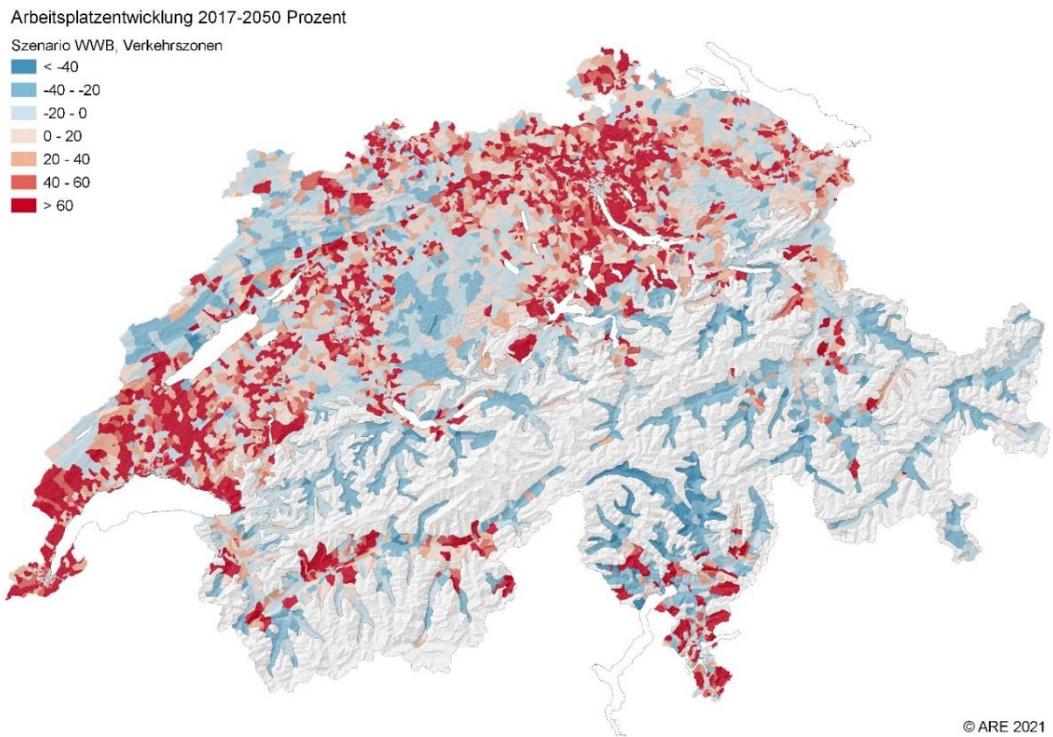


Abbildung 187: Entwicklung Arbeitsplätze nach Verkehrszonen – Szenario WWB
relative Veränderung 2017 – 2050

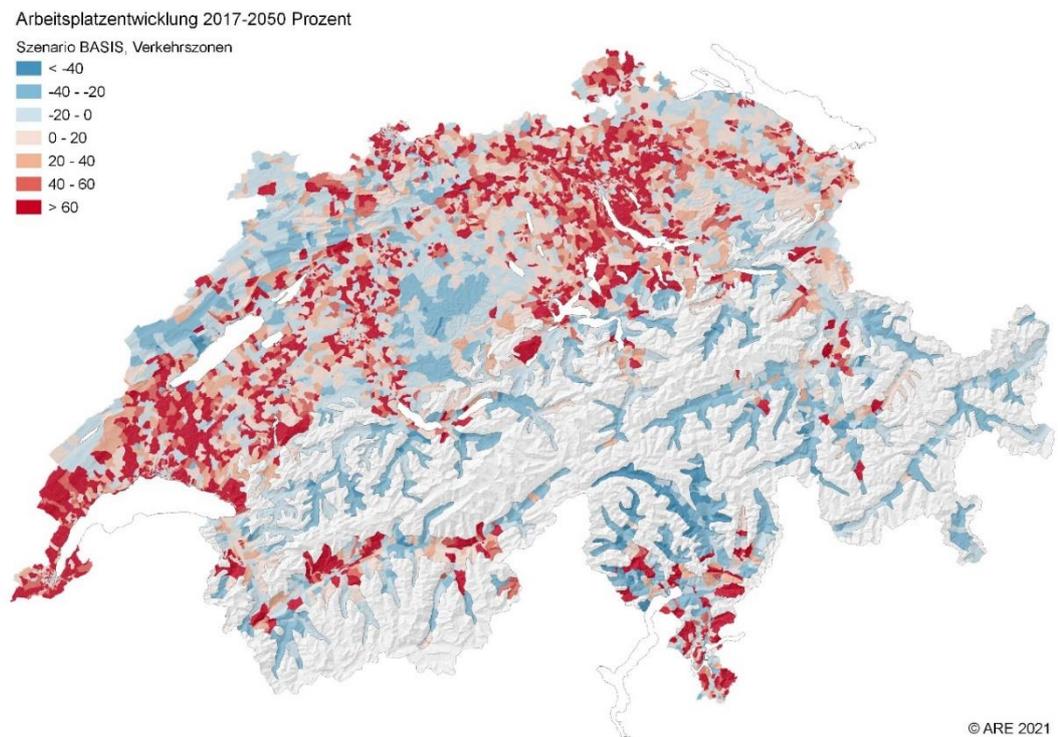


Abbildung 188: Entwicklung Arbeitsplätze nach Verkehrszonen – Szenario Basis
relative Veränderung 2017 – 2050

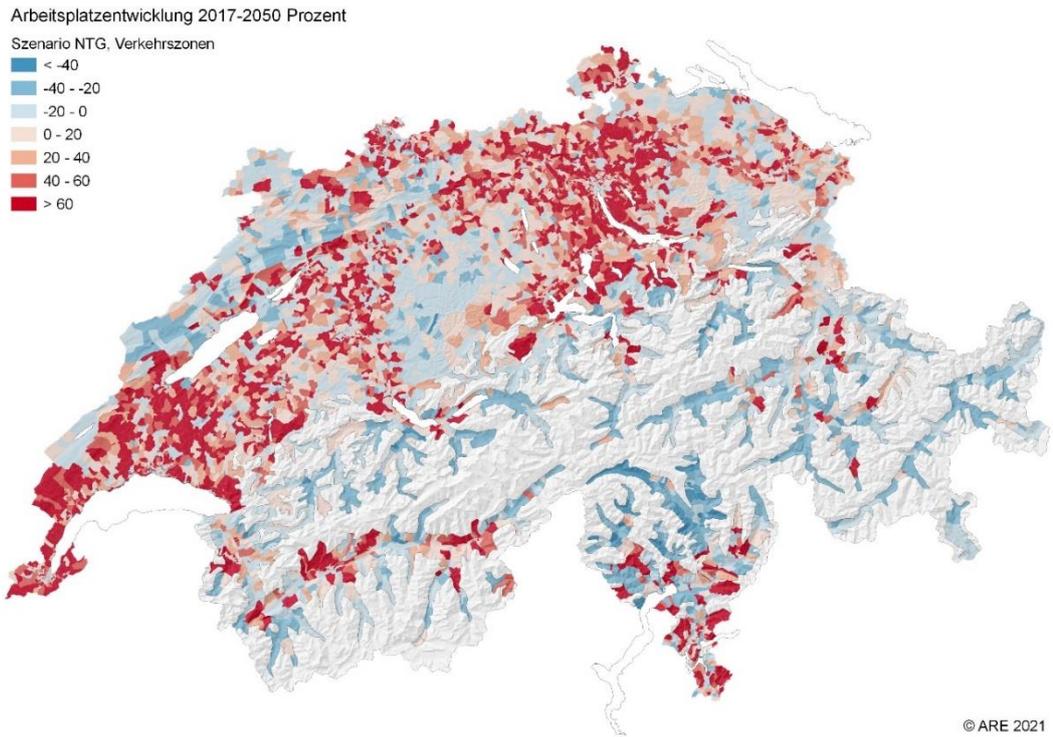


Abbildung 189: Entwicklung Arbeitsplätze nach Verkehrszonen – Szenario NTG
relative Veränderung 2017 – 2050

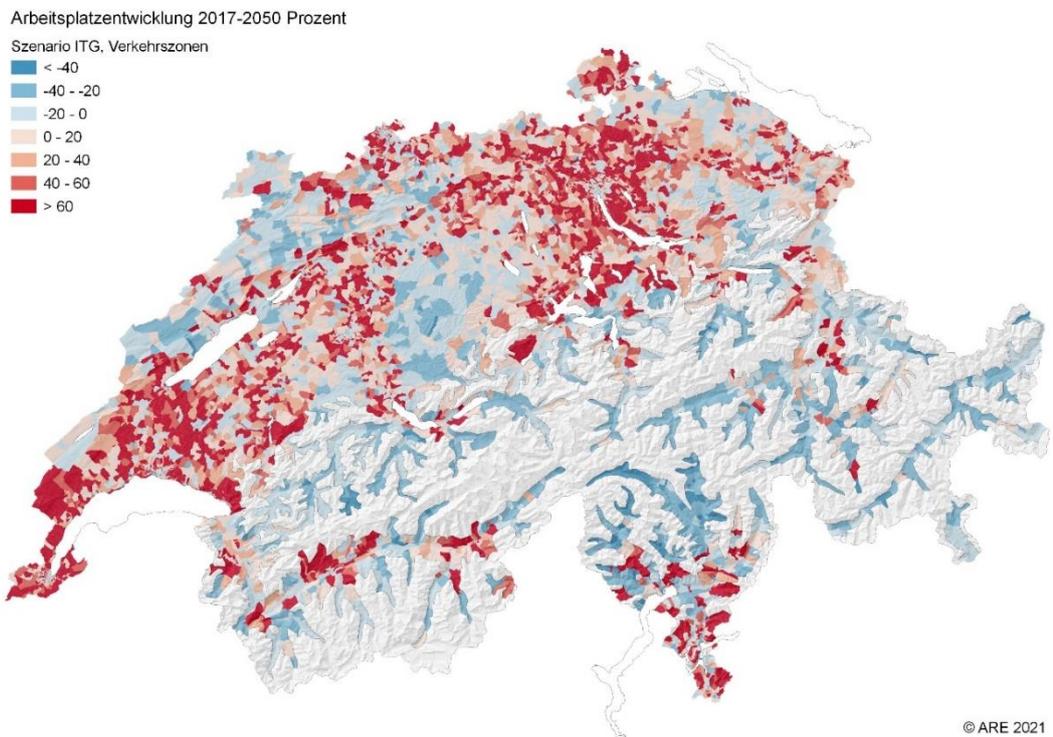


Abbildung 190: Entwicklung Arbeitsplätze nach Verkehrszonen – Szenario ITG
relative Veränderung 2017 – 2050