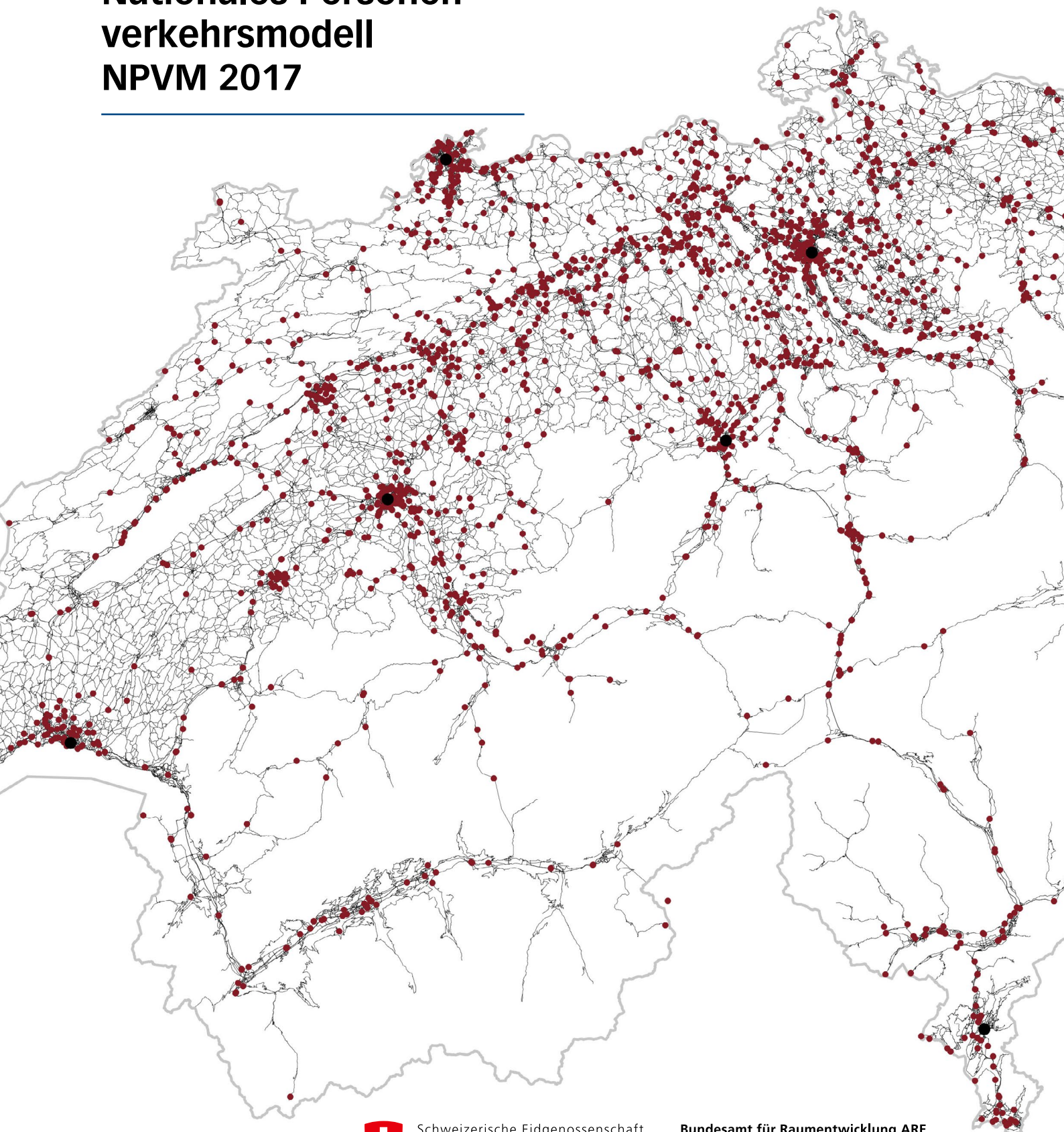


Nationales Personen- verkehrsmodell NPVM 2017



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

Inhalt

1	Vorwort	2
2	Einführung	3
2.1	Ein modernes Planungsinstrument	4
2.2	Die wichtigsten Eigenschaften	6
2.3	Verkehrszonen im In- und Ausland	8
2.4	Datenschatz	12
2.5	1600 Zählwerte im ÖV, 3900 im Strassenverkehr	14
2.6	Modelltheorie	16
3	Analysen und Umsetzung im Modell	17
3.1	Über 100 Themenkarten nach Verkehrszonen	18
3.2	26 Fahrtzweckbeziehungen	20
3.3	Auswertung von 170'000 Wegen	22
3.4	Höhere Besetzungsgrade für längere Wege	24
3.5	Höhere Nutzerkosten beim ÖV als beim Auto	25
4	Ergebnisse	27
4.1	Belastungen auf Strasse und Schiene	28
4.2	Reisende durch den Gotthard-Basistunnel	30
4.3	Verkehrsleistung in den Kantonsgebieten	31
4.4	Weitere Karten auf dem Geoportal des Bundes	33
5	Validierung&Kalibration	34
5.1	Abgleich Modellergebnisse mit Erhebungen	35
5.2	Wenig Abweichung, gute Qualität	37
5.3	Elastizitätsteppich	39
6	Ausblick	42
7	Glossar	43
8	Links & Referenzen	45

1 Vorwort

Wie entwickelt sich der Verkehr in diesem Land? Wer fährt in ein paar Jahren mit welchen Verkehrsmitteln wohin? Solche Fragen interessieren alle, die verkehrs- und raumpolitische Probleme zu lösen haben und über den Ausbau von Strassen oder Velowegen, über neue Bahngleise oder die Siedlungsentwicklung entscheiden: Planerinnen und Planer beim Bund, bei den Kantonen oder Städten zum Beispiel. Um die richtigen Entscheide fällen zu können, brauchen sie dienliche Grundlagen und moderne Arbeitsinstrumente.

Das nationale Personenverkehrsmodell (NPVM) ist ein solches Instrument. Es dient dazu, das Mobilitätsverhalten von Menschen zu analysieren und zu prognostizieren. Unter der Federführung des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) haben Fachleute aus verschiedenen Bundesämtern und externe Expertinnen und Experten während fünf Jahren intensiv daran gearbeitet. Sie haben Daten zusammengetragen und harmonisiert, Verhaltensmuster identifiziert und die Erkenntnisse mithilfe eines Software-Programms so verknüpft, dass es möglich wird, Verkehrsflüsse in verschiedenen Räumen zu analysieren und Perspektiven für die Zukunft zu entwickeln.

Das neue NPVM ist viel genauer als das bisherige nationale Modell, dies vor allem in drei Bereichen:

1. Aus rund 3000 → [Verkehrszonen](#) in der Schweiz sind rund 8000 geworden. Gleichzeitig sind auch Quartierstrassen und alle Fahrpläne des ÖV im Modell abgebildet. Dies erlaubt einen viel detaillierteren Blick auf die einzelnen Regionen und damit genauere Aussagen über das, was verkehrspolitisch angesagt ist.
2. Das NPVM deckt alle → [Verkehrsträger](#) und Wechselwirkungen zwischen ihnen ab. Neu sind auch die Kapazitäten im ÖV und ein Velonetz in das Modell integriert.
3. Auch bezüglich Personengruppen und → [Fahrtzweckbeziehungen](#) ist das neue Modell sehr genau: Es ermittelt auf Basis von über 100 verschiedenen → [Personengruppen](#), wie viel Verkehr entsteht – bezogen beispielsweise auf das Alter oder die Art der Erwerbstätigkeit. Wohnen–Arbeiten oder Einkaufen–Wohnen sind zwei Beispiele der 26 Fahrtzweckbeziehungen.

→ Diese Begriffe sind im Glossar erklärt.

Dieses Dokument stellt die verschiedenen Elemente des NPVM vor. Wer mehr oder Genaueres wissen will, taucht ein in die [Internetseite](#). Dort sind die Grafiken interaktiv und die interessierte Leserin, der interessierte Leser kann sich weitergehende Informationen sowie einen technischen Bericht oder die Daten herunterladen.

Insgesamt ist dieses neue Modell ein Meilenstein für alle, die sich mit Verkehrs-, Umwelt- und Energiepolitik oder mit Raumentwicklung beschäftigen – und damit mit unserer Zukunft.

2 Einführung

Dieses Kapitel präsentiert die Anwendungsmöglichkeiten des NPVM sowie die wichtigsten Modelleigenschaften. Es zeigt die detaillierte Gebietseinteilung im In- und Ausland in → [Verkehrszonen](#), die verwendeten Datenquellen und die Modelltheorie.

2.1 Ein modernes Planungsinstrument

Raum- und Verkehrsplanerinnen und -planer verwenden Verkehrsmodelle als Arbeitsinstrument, um die Auswirkungen von politischen Entscheiden auf die Verkehrsflüsse und den → [Modal-Split](#), also die Wahl der Verkehrsmittel, zu berechnen. Das ARE betreut und entwickelt in enger Zusammenarbeit mit den Bundesämtern für Verkehr (BAV) und für Strassen (ASTRA) die Verkehrsmodelle im Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). Das bis vor kurzem verwendete NPVM wurde zuletzt 2010 grundsätzlich überarbeitet.

Mit dem neuen NPVM steht ein Modell zur Verfügung, das auf internationalen Standards der Verkehrsmodellierung, den aktuellsten Daten und den heute zur Verfügung stehenden IT-Möglichkeiten basiert. Das Modell sowie ausgewählte Ergebnisse, z.B. Reisezeit und Distanz zwischen allen → [Verkehrszonen](#), stehen als Open Data zur Verfügung [1].

Das NPVM eignet sich dazu, Auswirkungen von veränderten Einflussfaktoren auf nationaler, kantonaler oder regionaler Ebene zu analysieren, wie z.B.:

- Bau einer Umfahrungstrasse oder eine Erhöhung des ÖV-Taktes zwischen zwei Städten.
- Zunehmende Alterung der Bevölkerung, Verdichtung von Wohnquartieren und Ansiedlung von neuen Arbeitsplätzen.
- Die Bevölkerung kauft weniger Autos, arbeitet im Homeoffice oder zahlt höhere Preise für die Nutzung des Autos und des ÖV.
- Neue Mobilitätsformen wie die App-basierte Reservation von Fahrzeugen oder automatisierte Autos können indirekt modelliert werden, z.B. über mehr Personen in den Autos und höhere Kapazitäten im Strassennetz.

Die oben beschriebenen Veränderungen können einzeln oder kombiniert zu ganzen Zukunftsszenarien analysiert werden. Das ARE definiert im Rahmen der Schweizerischen [Verkehrsperspektiven](#) ein solches, mögliches Zukunftsbild bis 2050 und berechnet die entsprechenden Auswirkungen auf die Verkehrsflüsse und den Modal-Split. Basierend auf diesen Erkenntnissen planen ASTRA und BAV die Etappen für den Ausbau der Nationalstrassen und der Schieneninfrastruktur in den Strategischen Entwicklungsprogrammen (STEP).

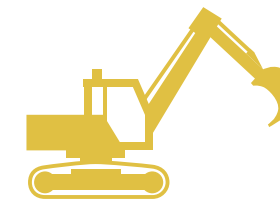
Dank dem hohen geografischen Detailgrad kann das NPVM auch durch Kantone oder Agglomerationen eingesetzt werden – als Grundlage für neue oder komplementär zu bestehenden kantonalen Verkehrsmodellen. Das Modell ist aber kein Ersatz für die Nutzung kleinräumiger, z.B. kantonaler oder städtischer Verkehrsmodelle. Das ARE rät Kantonen, Städten und Gemeinden, bei Analysen auf lokaler Ebene (wie z.B. einer Änderung des Temporegimes auf einzelnen Strecken oder einer Erweiterung des Tramnetzes) Modelle und Methoden zu verwenden, die dem Detailgrad entsprechen.



Demographie
Alterung, Siedlungs- und
Arbeitsplatzstrukturen



Besitz von Mobilitätswerkzeugen
Auto und ÖV-Abos



Verkehrsangebote
Anpassungen Strassennetz
und Fahrpläne im ÖV



Mobilitätsverhalten
Zu-/Abnahme Einkaufs- und
Freizeitwege, Homeoffice



Automatisierung
Strassenkapazitäten,
Besetzungsgrad



Nutzerkosten pro Kilometer
Auto und ÖV

Anwendungen des Nationalen Personenverkehrsmodells NPVM 2017

Ändern sich Einflussfaktoren – etwa in der Demographie oder bei den Verkehrsangeboten – kann mithilfe des NPVM analysiert werden, wie sich dies auf das Verkehrssystem auswirkt. (© ARE, 2020)

2.2 Die wichtigsten Eigenschaften

Das NPVM ist ein makroskopisches, d.h. auf Bevölkerungsgruppen (und nicht Individuen) basierendes Verkehrsmodell. Es ist in der Software zur Verkehrsplanung PTV VISUM umgesetzt und wurde für das Jahr 2017 erstellt [2]. Die neuen Zugverbindungen durch den Gotthard-Basistunnel sind integriert. Für Anwenderinnen und Anwender sind folgende Eigenschaften relevant:

Verkehrsangebot: Verkehrsnetze und ÖV-Fahrpläne

- Detailliertes und lagegenaues Strassennetz: Es enthält alle für den Verkehr relevanten Strassenabschnitte und deren Kapazitäten.
- Separates Velonetz: Es basiert auf dem Strassennetz und Velowegen von Schweiz-Mobil. Weiter enthält es Informationen dazu, ob die Strecken grössere Höhenunterschiede oder eine starke Verkehrsbelastung aufweisen, was die Strecken weniger attraktiv für den Veloverkehr macht.
- Der ÖV ist durch die vollständigen Fahrpläne für Luftseilbahnen, den ländlichen Bus, das städtische Tram oder die halbstündlichen Intercity-Züge zwischen den grossen Städten der Schweiz abgebildet. Stark ausgelastete Zugverbindungen auf den Hauptachsen führen zu Komforteinbussen bei den Reisenden und machen so Alternativen wie z.B. einen Umstieg auf das Auto wahrscheinlicher.

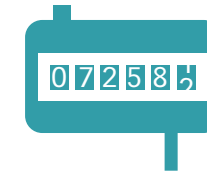
→ Verkehrsnachfrage: → Personengruppen und Verhaltensmuster

- Die Schweiz ist, basierend auf den Gemeindegrenzen sowie raum- und verkehrsplannerischem Fachwissen, unterteilt in rund 8000 Gebietseinheiten, sogenannte → **Verkehrszonen**.
- Das Verkehrsverhalten der Bevölkerung variiert nach Alter, Erwerbsstatus und Besitz eines Autos oder ÖV-Abos. Um dieser Erkenntnis Rechnung zu tragen, fasst das NPVM die Bevölkerung in Personengruppen zusammen, die sich ähnlich verhalten. So entstehen über 100 Gruppen. Ein Beispiel: Erwerbstätige, 25–44-jährig, ohne Auto und mit ÖV-Abo. Für jede dieser Gruppen arbeitet das NPVM mit unterschiedlichen Verhaltensmustern, so z.B. die mittlere Anzahl an Wegen, die sie zur Arbeit, zum Einkaufen oder zur Begleitung anderer Personen pro Tag zurücklegen.
- Wie lang ein Weg ist und welches Verkehrsmittel Personen auswählen, hängt unter anderem vom Zweck der Fahrt ab. Das NPVM unterscheidet zwischen Einkaufswegen für den täglichen oder längerfristigen Bedarf und zwischen Freizeitwegen bis zu 10 km Entfernung oder länger. Der Weg zum wöchentlichen Lebensmitteleinkauf ist typischerweise kürzer als der Weg zum Einkauf von Möbeln. Der Weg zum nahegelegenen Park wird eher zu Fuss oder mit dem Velo zurückgelegt, der Weg ins Stadion eher mit dem Auto.

Die meisten Anwendungen verwenden 2017 als Startjahr. Planerinnen und Planer wollen aber meistens künftige Situationen modellieren und brauchen dazu Entwicklungspfade im NPVM bis 2050. Das ARE stellt – basierend auf den offiziellen Prognosen zur Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung – im Rahmen der [Verkehrsperspektiven](#) solche Entwicklungspfade zur Verfügung.



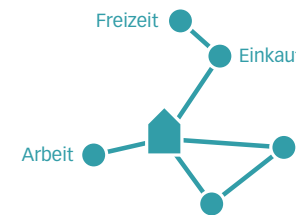
Abbildung Schweizer Bevölkerung in 100 Personengruppen



Zählwerte
3900 auf der Strasse
1600 im öffentlichen Verkehr



Berücksichtigung der **Kapazitäten des Rollmaterials** im Bahnverkehr



26 Fahrtzweckbeziehungen
gruppiert zu 6 Fahrtzwecken



Detailliertes **Strassennetz** und Berücksichtigung der Kapazitäten

Vollständige Abbildung der **Fahrpläne** im öffentlichen Verkehr



Eigenes Verkehrsnetz für den **Veloverkehr**



8000 Verkehrszonen
als Unterteilung in der Schweiz



Verhalten Personengruppen, abgeleitet aus grossen **Bevölkerungsbefragungen**

Eigenschaften des Nationalen Personenverkehrsmodells NPVM 2017 (© ARE, 2020)

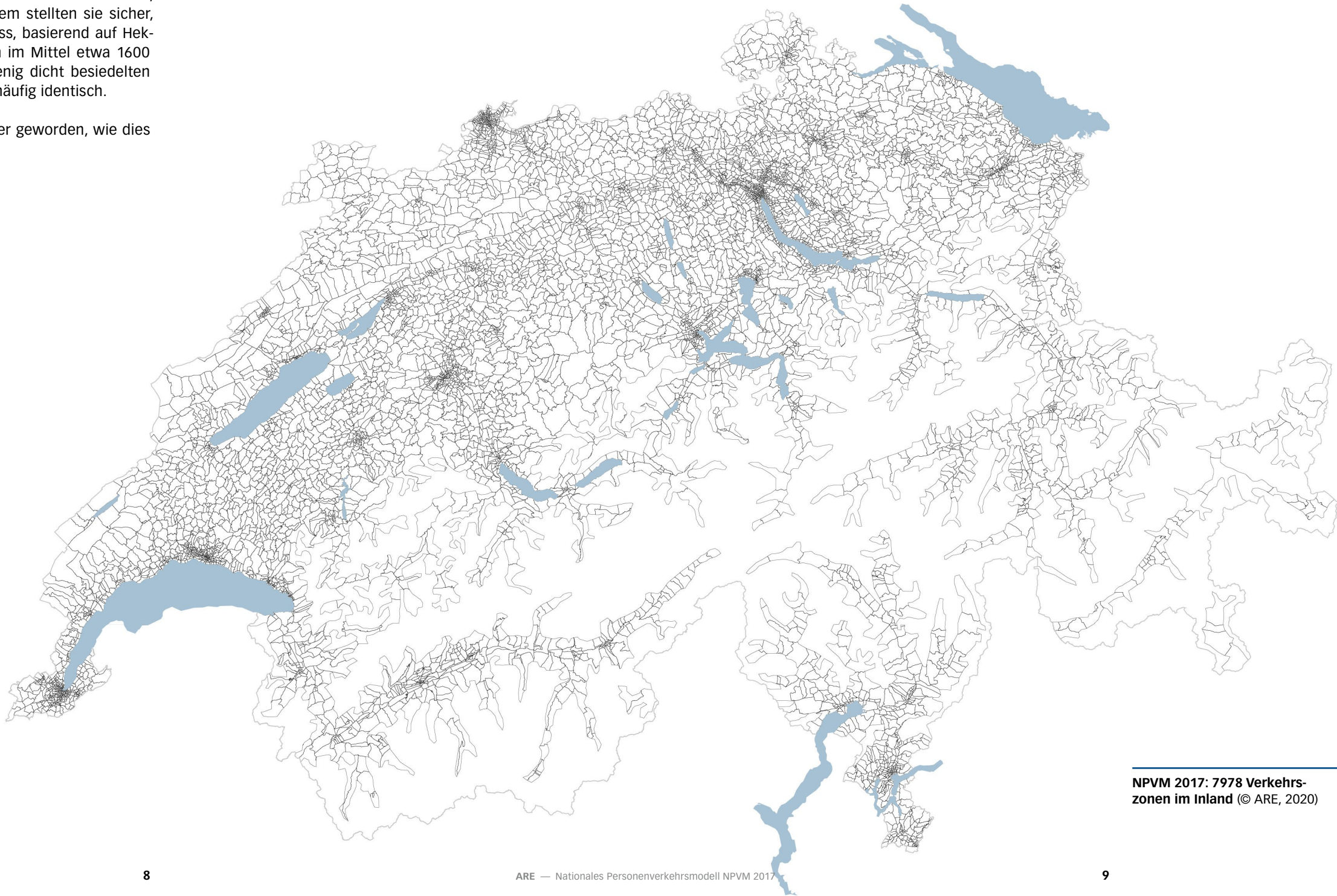
2.3 Verkehrszonen im In- und Ausland

Raum- und Verkehrsplanerinnen und -planer haben, als sie das neue NPVM erarbeiteten, in einem ersten Schritt eine geografische Gebietseinteilung vorgenommen [3]. Diese ist deutlich feiner als im alten Modell: Das alte NPVM verwendete rund 3000 → [Verkehrszonen](#) für die Schweiz, neu arbeitet das NPVM mit rund 8000 Verkehrszonen. Die Verkehrszonen sind wichtig, weil je detaillierter die räumliche Aufteilung, umso genauer kann das NPVM die Verkehrsflüsse abbilden.

Um die alten Verkehrszonen weiter zu unterteilen, verwendeten die Expertinnen und Experten geografisch trennende Elemente, die Schienen- und Strasseninfrastrukturen, stehende und fliessende Gewässer sowie die → [Bauzonen](#). Zudem stellten sie sicher, dass keine Zone über eine Gemeindegrenze hinausgeht und dass, basierend auf Hektardaten zu Bevölkerung und Arbeitsplätzen, die Verkehrszonen im Mittel etwa 1600 Einwohnerinnen und Arbeitsplätze aufweisen. In ländlichen, wenig dicht besiedelten Gebieten sind die Verkehrszonen im neuen und im alten Modell häufig identisch.

Insbesondere in den Städten ist das neue NPVM deutlich genauer geworden, wie dies die Tabelle aufzeigt:

Anzahl Verkehrszonen	NPVM 2017	NPVM 2010
Zürich	308	12
Basel	141	8
Genf	126	7
Bern	105	6
Lausanne	88	6
Winterthur	83	4
St. Gallen	68	3
Lugano	63	19
Luzern	63	5
Biel	43	5



NPVM 2017: 7978 Verkehrs-
zonen im Inland (© ARE, 2020)

Das NPVM bildet ebenfalls 710 Verkehrszonen im Ausland ab. Die 13 Gemeinden Liechtensteins sowie die Enklaven Büsingen und Campione d'Italia werden als Teil des Schweizer Modellraums behandelt. Im Grundsatz nimmt mit zunehmender Entfernung zur Schweiz die Grösse der Verkehrszonen zu, und der Detailgrad der Modellierung ab. Verkehrszonen in den Nachbarländern sind kleiner und somit detaillierter, wenn sie auf Verkehrsachsen mit Bezug zur Schweiz oder entsprechenden Alternativrouten für den internationalen Verkehr liegen. Die Verkehrszonen umfassen daher nach Osten und Westen alle Alpenübergänge in Frankreich und Österreich. Grenzgängerinnen und Grenzgänger sorgen für regen Verkehr in den Agglomerationen Genf, Basel sowie im Tessin. Das NPVM übernimmt dort die grenznahe Zonenstruktur aus den kantonalen Modellen.

Modelle wie das NPVM verwenden sogenannte [→ Anbindungen](#), um die Verknüpfung zwischen den Verkehrszonen und dem Strassennetz sowie ÖV-Haltestellen herzustellen. Anbindungen beschreiben die Entfernung zwischen den Wohn- und Arbeitsplätzen und der nächstgelegenen Strasse bzw. ÖV-Haltestelle. Aufgrund der feinen Zonierung reichte es häufig aus, pro Verkehrszone nur eine Anbindung umzusetzen. Dies gilt für über 90% der Verkehrszonen im Strassennetz und über 60% der Verkehrszonen im ÖV. Im ÖV weisen etwa 80% aller Verkehrszonen eine Anbindungslänge unter 500 Metern aus, im Strassennetz sind es etwa 70%. Diese hohen Anteile zeigen, dass das NPVM die realen Verkehrswege gut abbildet.



NPVM 2017: 710 Verkehrszonen im Ausland (© ARE, 2020)

2.4 Datenschatz

Für den Aufbau des NPVM hat das ARE alle relevanten Daten zusammengetragen. Neben Datensätzen der Bundesstatistik und von Kantonen basiert das NPVM auf Daten der SBB sowie weiterer, auch kommerzieller Quellen [4]. Die Daten liegen in der Regel nicht harmonisiert vor. Das ARE und die Modellexperten investierten daher viel Zeit in die Aufbereitung und den Abgleich der Daten, beispielsweise damit geeignete Wege und Verbindungen im Schienen- und Strassennetz gefunden werden oder um Daten zur Verfügbarkeit von Autos und ÖV-Abos schweizweit vergleichbar zu machen.

Ziel des ARE war es, kohärente Datengrundlagen für das Jahr 2017 oder möglichst nahe an diesem Zeitpunkt zu verwenden. Das Jahr 2017 ist durch den aktuellsten Datenstand der Statistik zur Bevölkerung und den Haushalten STATPOP gegeben. Befragungsdaten zum Mobilitätsverhalten [Mikrozensus Mobilität und Verkehr \(MZMV\)](#) und der [Stated-Preference \(SP\)-Befragung](#) sind nicht jährlich verfügbar, die aktuellsten stammen aus 2015. Bei [Zähldaten](#) im Strassenverkehr und ÖV ([→ Kapitel 2.5](#)) mussten die Modellexperten eine teils unvollständige räumliche Abdeckung akzeptieren.

Im [MZMV](#), der grössten Bevölkerungsbefragung zum Mobilitätsverhalten in der Schweiz, berichten über 57'000 Personen am Telefon, wozu und wie sie unterwegs waren. Der MZMV liefert so Informationen zur Wahl von Verkehrsmitteln nach Fahrtzweck (z.B. Arbeit), Anzahl Personen im Auto oder der Anzahl von Wegen, die wir täglich zum Einkaufen, Arbeiten oder in der Freizeit zurücklegen.

Welche Veränderung der Mobilitätspreise ist nötig, damit die befragte Person vom Auto auf den ÖV wechselt? Solche, hypothetische Fragen zu den Vorlieben der Befragten beantwortet nicht der MZMV, sondern die an ihn geknüpfte [SP-Befragung](#) zum Verkehrsmittel- und [→ Routenwahlverhalten](#).

Damit das NPVM Verhaltensmuster aus den Befragungen bestmöglich reproduziert, wurden die Auswertungen des MZMV und der SP-Befragung nach den drei [→ Raumtypen](#) «städtisch», «intermediär», «ländlich» (Stadt/Land-Typologie 2012 des Bundesamts für Statistik (BFS)) [5] durchgeführt. Beispielsweise zeigt sich, dass die Bewohnerinnen und Bewohner ländlicher Gebiete etwas längere Arbeitswege mit dem Auto akzeptieren, während Städterinnen und Städter v.a. auf dem Weg zur Arbeit einen zusätzlichen Umstieg im ÖV vermeiden möchten.

Das NPVM basiert zur Berechnung der Anzahl Wege pro [→ Verkehrszone](#) auf einer sogenannten [→ Synthetischen Population \(SynPop\)](#) [6] ([→ Kapitel 3.1](#)). Die SynPop kombiniert Eigenschaften der Bevölkerung wie z.B. Alter, Geschlecht, Bildungsstand, Einkommen, Anzahl Personen im Haushalt und der Besitz von Autos und ÖV-Abos aus verschiedenen Datenquellen so, dass sie ein Abbild der Schweizer Bevölkerung ist. Die SynPop ist geo-codiert, für die Verwendung im NPVM werden die Eigenschaften pro Verkehrszone genutzt. Erstmals berücksichtigt das NPVM neben der Verbreitung von Generalabonnementen (GA) und Halbtax-Abos auch städtische und regionale ÖV-Abos, die die Schweizer Verkehrsverbünde zur Verfügung stellten. Die SynPop ist so aufgebaut, dass unter Einbezug von Bevölkerungs- und Wirtschaftsprognosen für die Zukunft z.B. eine SynPop 2050 erstellt werden kann.

Als Resultat dieser Harmonisierung der Daten verfügt das ARE über einen Datenschatz, der unabhängig vom NPVM einen grossen Wert hat und mit allen Interessierten, die Grundlagen für die Raum- und Verkehrspolitik erstellen, geteilt wird.

<u>Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)</u>		<u>Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STATPOP)</u>	
Zähldaten Strasse, ÖV, Velo: ASTRA, Kantone, Städte, SBB, Verkehrsverbünde	<u>Schienennetz:</u> <u>BAV-Geobasisdatensatz</u>	Strassennetz: TomTom-Navigationsnetz	
<u>Stated-Preference-Befragung zur Verkehrsmodus- und Routenwahl (SP-Befragung)</u>	<u>Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT)</u>	<u>Nahverkehrs-Fahrplan</u>	<u>SBB-System-fahrplan</u>
<u>Strukturerhebungen (SE)</u>	<u>Motorfahrzeug-Informationssystem (MOFIS)</u>	<u>ÖV-Abonnemente: GA, Halbtax, Verbünde</u>	
<u>Alpen- und grenzquerender Personenverkehr (A+GQPV)</u>			
<u>Lernendenstatistik (SDL)</u>	<u>Kapazitäten Rollmaterial Schiene</u>	<u>SchweizMobil Veloland</u>	
<u>Gütertransporterhebung (GTE)</u>		<u>Lieferwagenerhebung (LWE)</u>	
<u>Grenzgängerstatistik (GGS)</u>	<u>Pendlermatrix (PEND)</u>	<u>Shopping-Center Datenbank</u>	<u>Bauzonenstatistik Schweiz</u>
Topografisches Landschaftsmodell (TLM)		Verkaufsflächen je Gemeinde	

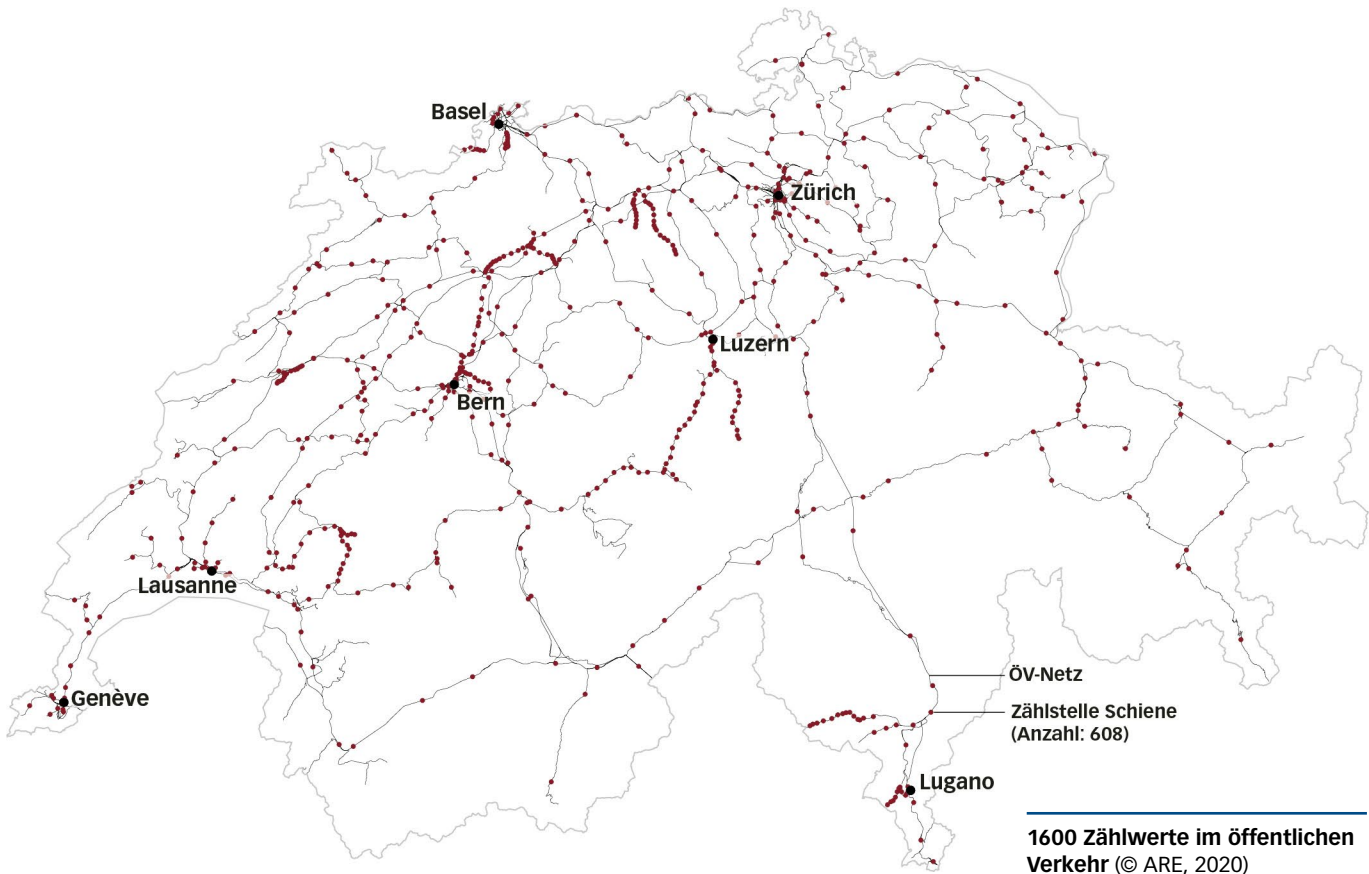
Art der Datenquelle: Bund, SBB, Diverse/Andere

Datenquellen NPVM
(© ARE, 2020)

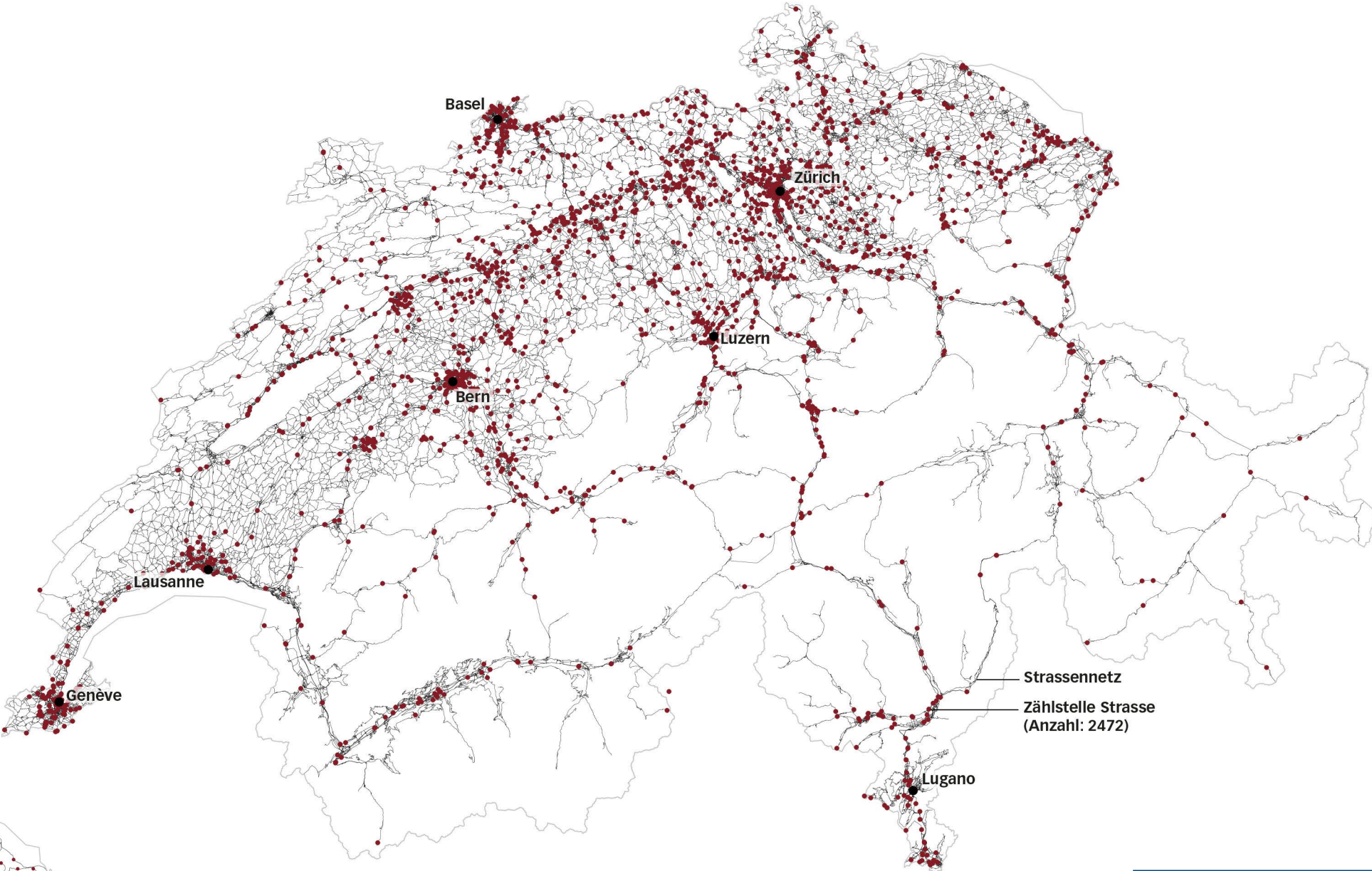
2.5 1600 Zählwerte im ÖV, 3900 im Strassenverkehr

Verkehrsämter und ÖV-Unternehmen führen regelmässig Messungen und Zählungen auf den Strassen und in den öffentlichen Verkehrsmitteln durch. Über wie viele Tage wurden Autos gezählt? Ist in den Daten sichtbar in welche Richtung die Autos gefahren sind? Das ARE harmonisierte die Datenqualitäten und -formate dieser unterschiedlich erhobenen und aufbereiteten → **Zählwerte**. Sie wurden dann verwendet, um das NPVM an der beobachteten Anzahl an Fahrten zu eichen. Damit konnten die Modellexperten sicherstellen, dass das NPVM die heutige Verkehrssituation gut abbildet. Sie achteten darauf, dass möglichst für alle Tage, Tageszeiten und Regionen Zählwerte genutzt wurden.

Die SBB stellten rund 700 Zählwerte, die Kantone und die Verkehrsverbünde rund 900 Zählwerte im ÖV (Bahn, Tram, Bus) zur Verfügung. Der ÖV ist somit gut abgedeckt. Das ASTRA, die Kantone und Städte haben über 3900 Zählwerte für das Strassennetz geliefert. Das Nationalstrassennetz ist mit den Zählwerten des ASTRA ebenfalls gut abgedeckt. Im untergeordneten Netz fehlte es jedoch an Beobachtungswerten: Für einzelne Regionen waren in ländlichen Gebieten nur wenige Zählwerte verfügbar, so z.B. in den Kantonen Freiburg, Waadt, Wallis und Thurgau. Das ARE empfiehlt Anwenderinnen und Anwendern des NPVM deshalb, die Resultate in Räumen mit schwacher Abdeckung mit Zählwerten vorsichtig zu interpretieren. Das ARE rät bei lokalen Analysen generell, zusätzliche Zählwerte zu beschaffen, diese zu integrieren und das Modell je nach Situation neu zu eichen.



1600 Zählwerte im öffentlichen Verkehr (© ARE, 2020)



Strassennetz
Zählstelle Strasse
(Anzahl: 2472)

3900 Zählwerte im gesamten Strassennetz
Eine Zählstelle erfasst die Personen in der Regel in Hin- und Rückrichtung, so dass eine Zählstelle meist zwei Zählwerte ausweist. (© ARE, 2020)

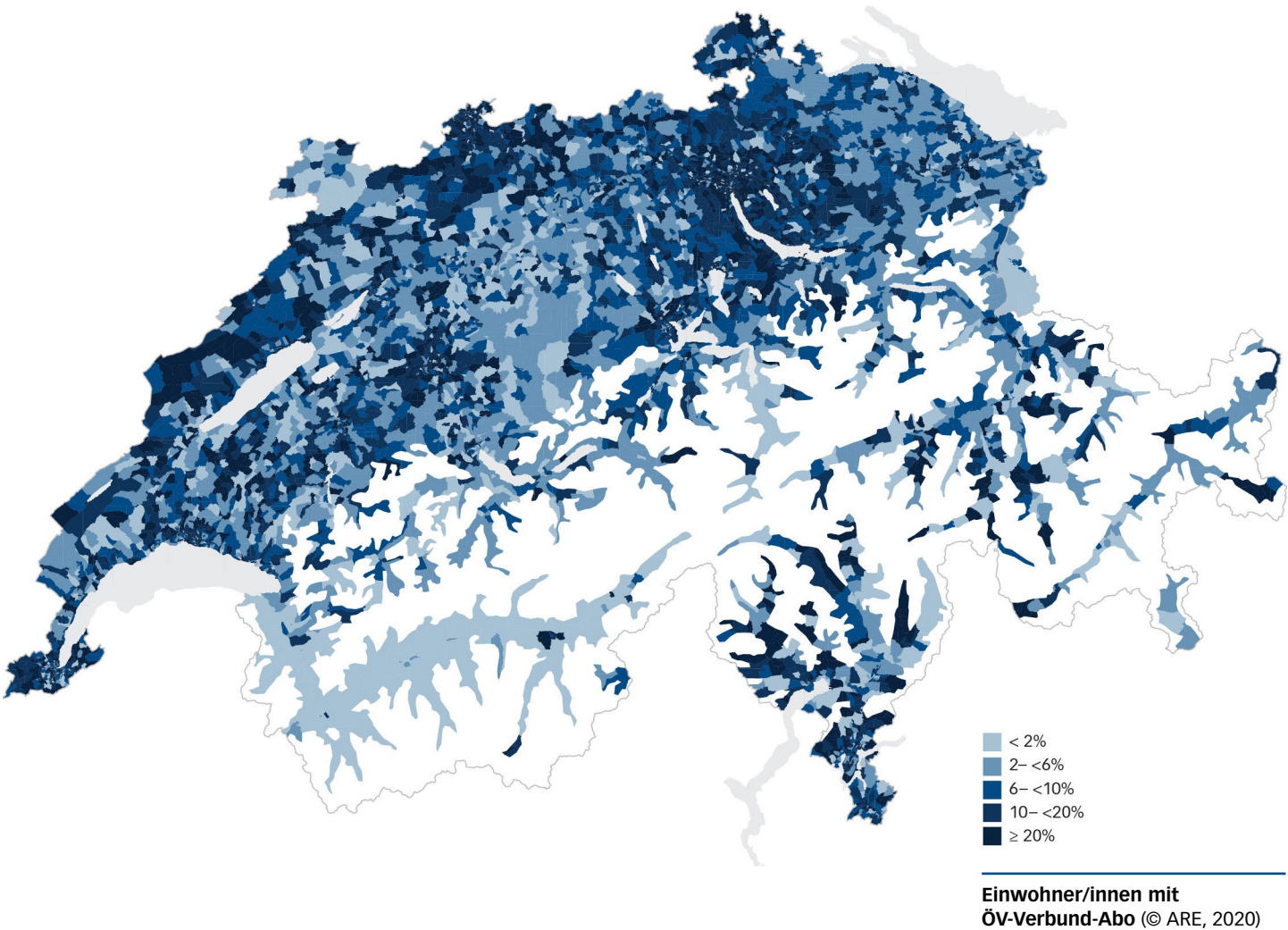
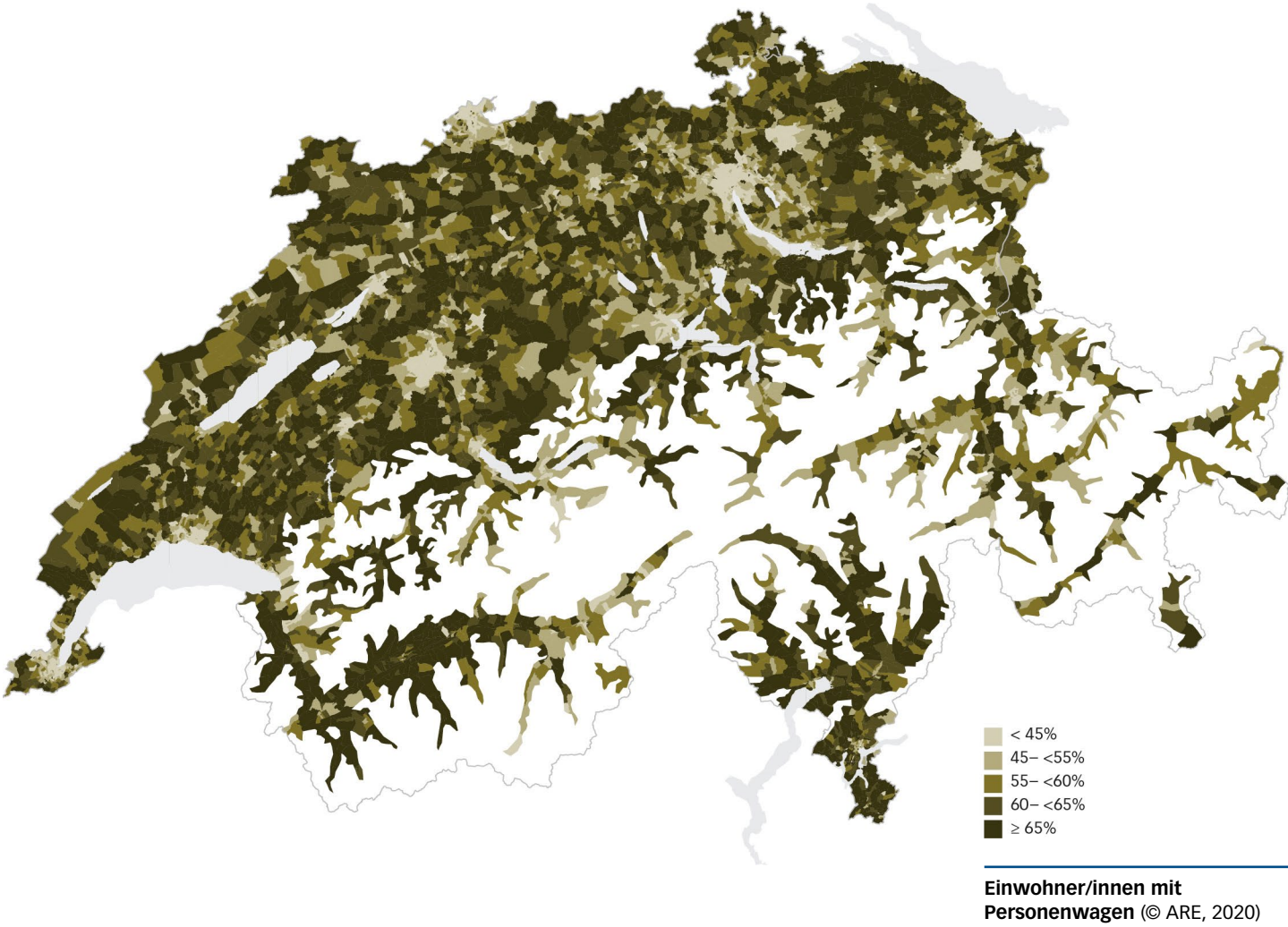
3 Analysen und Umsetzung im Modell

Im Rahmen der Erstellung des NPVM haben das ARE und die Modellexperten Daten ausgewertet und Verhaltensmuster identifiziert. Nachstehende Abbildungen zeigen exemplarisch solche Zwischenergebnisse auf. Die Differenzierung des NPVM in → [Personengruppen](#) und → [Verkehrszwecke](#) steht dabei im Fokus. Die Erkenntnisse haben zu Vorgaben im NPVM geführt.

3.1 Über 100 Themenkarten nach Verkehrszonen

Die → [SynPop](#) liefert mit den Angaben zu geo-codierten Personen und Haushalten die Grundlage zur Erstellung der über 100 → [Personengruppen](#). Die Informationen zu den Personengruppen und der Anzahl an Schulplätzen oder Einkaufs- und Freizeitgelegenheiten werden für das NPVM zu den → [Verkehrszonen](#) zusammengefasst.

Beispielhaft werden aus dieser Synpop-Datenbank die Verbreitung von Personenwagen (PW) und ÖV-Verbund-Abos in der Schweizer Bevölkerung je Verkehrszone gezeigt. Interessierte Personen können die Daten auf der Forschungsdaten-Plattform FORSbase beziehen und selbständig analysieren [6].

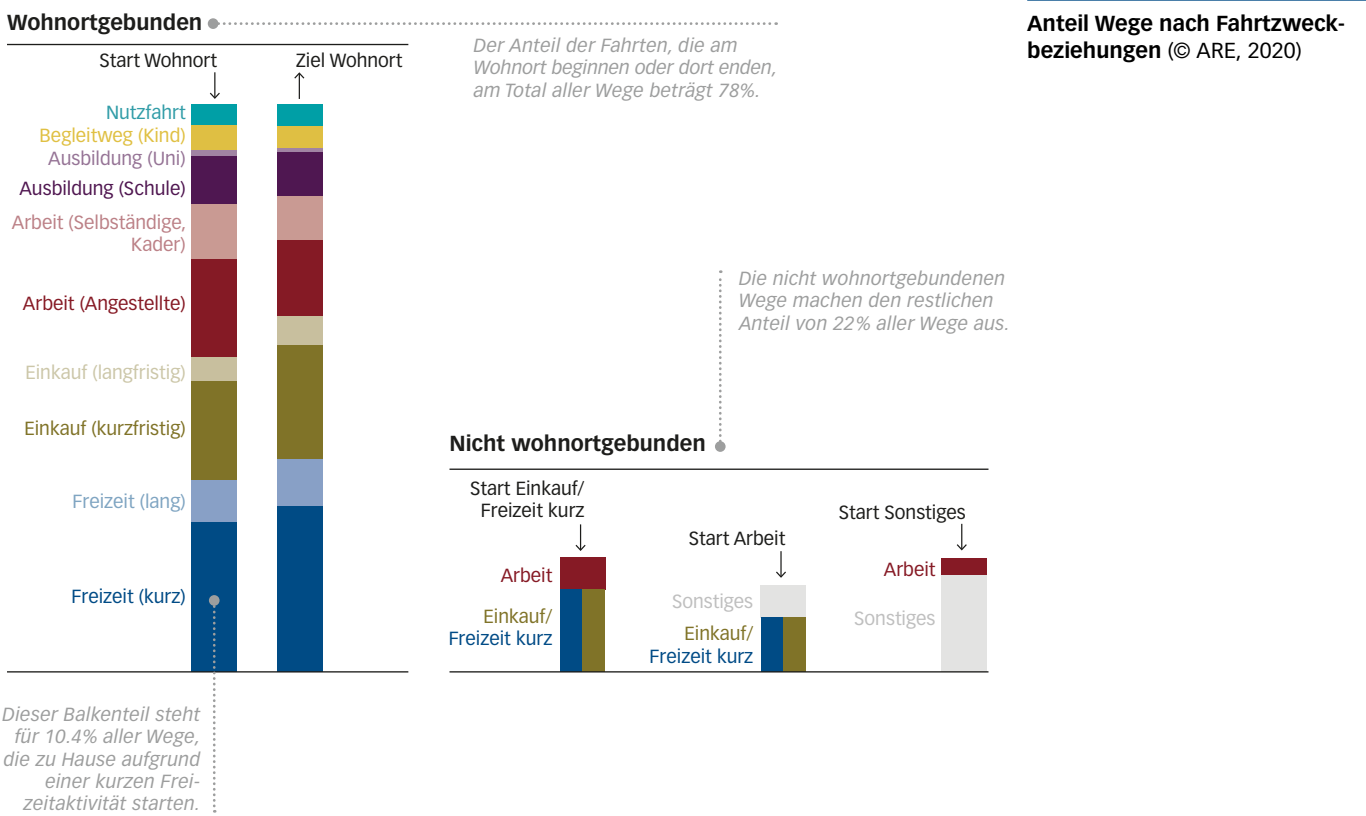


3.2 26 Fahrtzweckbeziehungen

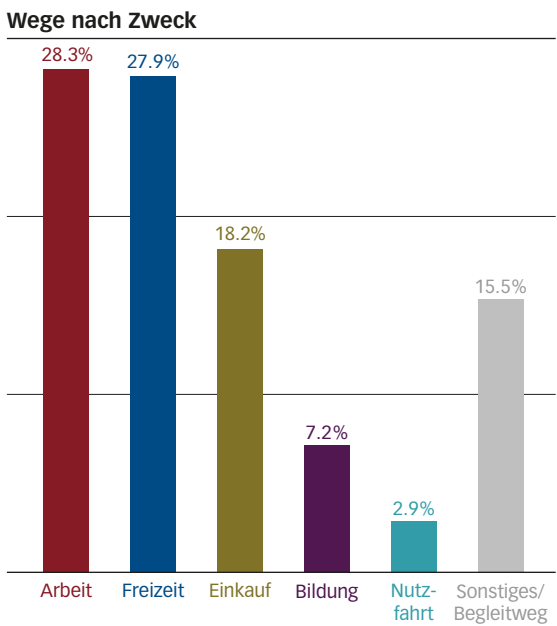
Jeder Mensch, sobald er das Haus verlässt, realisiert eine Abfolge von Wegen und Aktivitäten, die zu sogenannten **→ Wegekett**en zusammengefasst werden. Ein Beispiel: der Weg vom Wohnort (W) zur Arbeit (A), im Anschluss zum Einkaufen (E) und wieder zurück zum Wohnort (W). Im NPVM werden die der Wegekette zu Grunde liegenden Wege jeweils einzeln modelliert. Im Beispiel resultieren aus der Wegekette W–A–E–W die drei Wege W–A, A–E und E–W. Das NPVM modelliert Wege separat, die oft vorkommen, z.B. vom Arbeitsort zu einer Einkaufs- oder Freizeitaktivität. Das Modell macht Vereinfachungen bei Wegen, die seltener vorkommen, z.B. vom Arbeiten zu einer Bildungseinrichtung.

Im NPVM werden insgesamt 26 **→ Fahrtzweckbeziehungen**, also z.B. Wohnen–Arbeiten oder Einkaufen–Wohnen, unterschieden. Die Darstellung basiert auf einer Auswertung der Wege an Werktagen, also Montag bis Freitag, aus dem **MZMV**. Mit 78% ist der überwiegende Anteil der Wege wohnortgebunden, d.h. Start oder Ziel des Weges ist der Wohnort. Ein grösserer Anteil der wohnortgebundenen Arbeitswege mit 11% startet von zu Hause, während nur 8% zu Hause enden. Grund ist, dass im Anschluss an die Arbeit häufig Einkaufs- oder Freizeitaktivitäten unmittelbar angeschlossen werden. 22% aller Wege starten und enden nicht zu Hause und sind somit nicht wohnortgebunden. Mit 9% starten oder enden knapp die Hälfte dieser Wege am Arbeitsstandort. Weitere 6% der Wege finden zwischen Einkaufs- und Freizeitaktivitäten statt. Damit verbleiben 7% der nicht wohnortgebundenen Wege mit Start und Ziel im Zweck «Sonstiges». Dies sind Wege zwischen Aktivitäten, die sehr selten stattfinden und daher im Modell in einer Gruppe zusammengefasst werden. Beispiele dafür sind Wege von der Freizeit zur Universität oder von der Arbeit, um ein Kind zu begleiten.

Für jede der 26 Fahrtzweckbeziehungen berechnet das NPVM die **→ Verkehrsströme** nach Verkehrsmitteln zwischen allen **→ Verkehrszonen**. Eine weitere Sichtweise bietet die Zusammenfassung der Fahrtzweckbeziehungen zu **→ Verkehrszwecken**. Dabei wird die hohe Relevanz der Arbeits-, Freizeit- und Einkaufszwecke deutlich. Die Arbeitswege weisen den höchsten Anteil aus, Grund dafür ist die Art der Gruppierung: Die nicht wohnortgebundene Fahrtzweckbeziehung mit Start und Ziel Einkauf/Freizeit kurz umfasst die Verkehrszwecke Einkauf und Freizeit. Diese kombinierte Beziehung mit einem Anteil von 6% lässt sich nicht eindeutig einem Verkehrszweck zuweisen und wird der Kategorie «Sonstiges» zugeordnet. Verteilte man diese, in der Kategorie «Sonstiges» enthaltene Wege auf die Zwecke Einkaufen und Freizeit, würde sich zeigen, dass auch an Werktagen Freizeitwege dominieren.



Anteil Wege nach Fahrtzweckbeziehungen (© ARE, 2020)



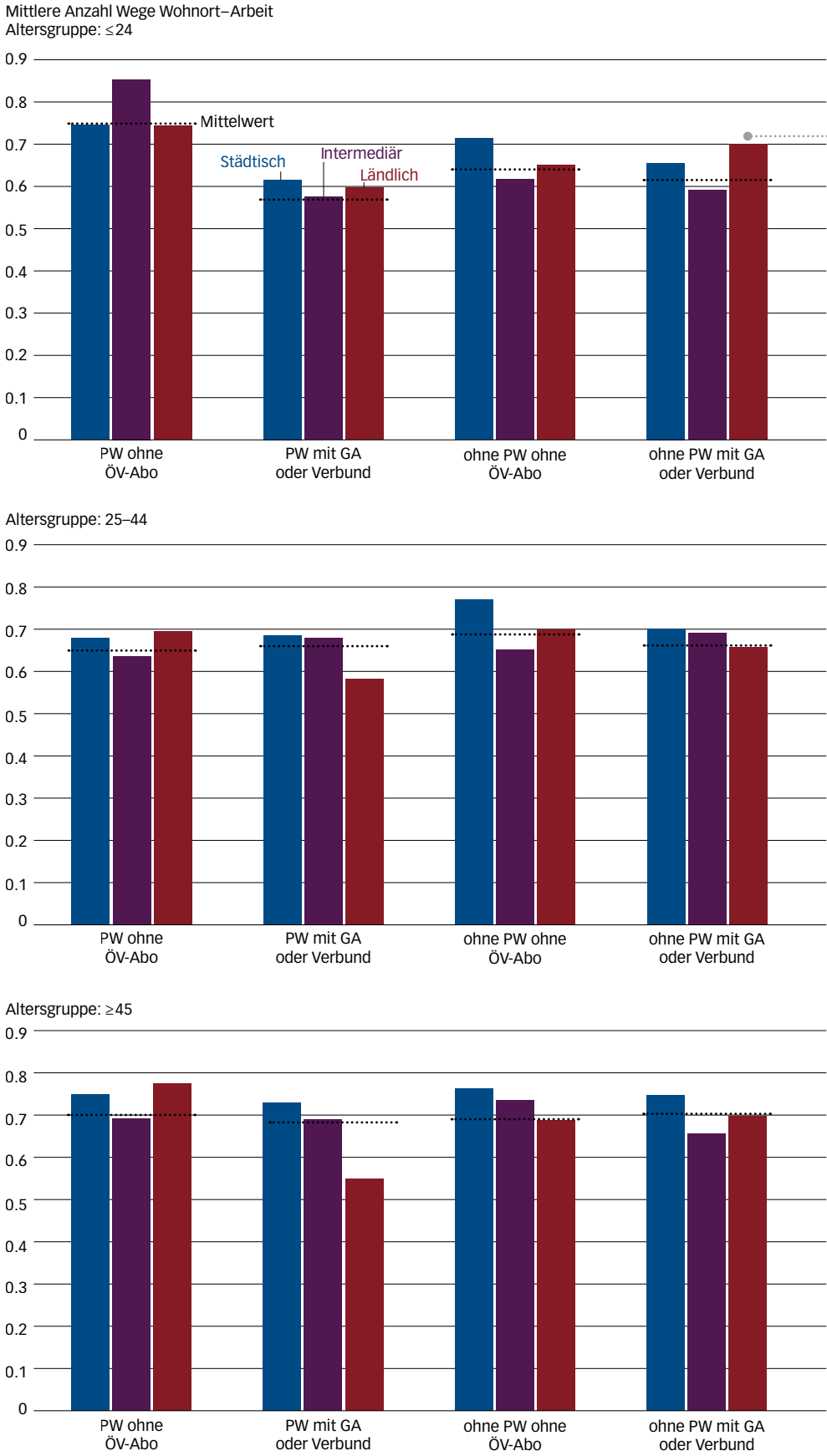
Anteil Wege nach Zweck (© ARE, 2020)

3.3 Auswertung von 170'000 Wegen

Um für [Schritt 1](#) (Verkehrserzeugung) die tägliche Anzahl Wege jeder Zone zu bestimmen, muss neben der räumlichen Verteilung der Bevölkerung bekannt sein, wie viele Wege täglich zu welchem Zweck realisiert werden. Zur Beantwortung dieser Frage bildet ebenfalls der [MZMV](#) die Grundlage. Die Modellexperten haben dazu 170'000 an Werktagen realisierte Wege analysiert. Die Herausforderung bestand darin, bei über 100 → [Personengruppen](#), 26 → [Fahrtzweckbeziehungen](#) und den drei → [Raumtypen](#) «städtisch», «intermediär» und «ländlich» für jede Auswertung eine statistisch ausreichende Anzahl Beobachtungen und somit aussagekräftige Resultate zu erreichen.

Die Abbildung zeigt exemplarisch die mittlere Anzahl an Wegen pro Werktag von Angestellten zwischen Wohnort und Arbeitsplatz. Zusätzlich unterschieden nach Altersklassen, Raumtypen und dem Besitz von PW und ÖV-Abos werden diese Werte als → [Aufkommensraten](#) bezeichnet. Individuelle Lebenssituationen führen zu unterschiedlichen Aufkommensraten. Einflüsse wie Haushaltsstrukturen, Bildung oder Einkommen sind nicht direkt, sondern indirekt abgebildet. Im Beispiel der Angestellten steigt die mittlere Aufkommensrate mit zunehmendem Alter: Junge Menschen sind häufiger in Ausbildung und gehen noch keiner Erwerbsarbeit nach, Menschen höheren Alters haben in der Regel die Familienbildungsphase abgeschlossen und arbeiten mehr. Angestellte in Städten weisen eine signifikant höhere Aufkommensrate auf als Personen, die im intermediären oder ländlichen Raum leben. Grund dafür kann beispielsweise eine höhere Erwerbsquote in Städten sein oder auch kurze Wege, die vereinzelt zwei Arbeitswege pro Tag ermöglichen (z.B. morgens und nach dem Mittagessen).

Zählt man die Anzahl durchschnittlich zurückgelegter Wege nach Personengruppen und Fahrtzweckbeziehungen zusammen, erhält man die gesamte Anzahl an Wegen, die in der Schweiz an einem Werktag zurückgelegt werden. Im Durchschnitt werden werktags 3.75 Wege pro Person zurückgelegt. In Verbindung mit den 8.6 Millionen Menschen, die 2017 in der Schweiz lebten (ständige und nicht-ständige Wohnbevölkerung), führt dies zu 32.3 Millionen Wegen pro Werktag.



Mittlere Anzahl Wege Wohnort–Arbeit pro Angestellte/r werktags (© ARE, 2020)

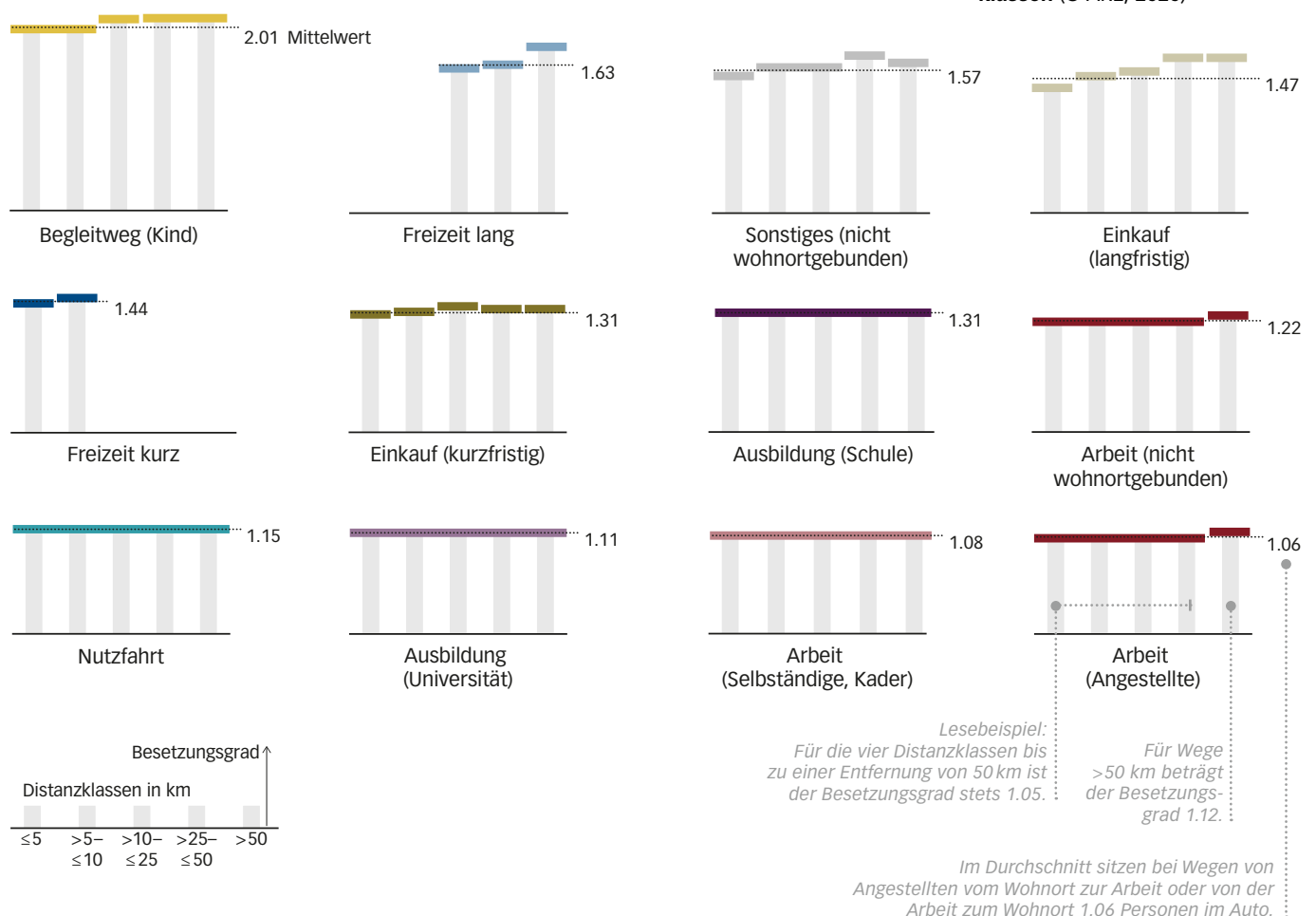
Lesebeispiel
Im Mittel realisiert ein Angestellter, ≤ 24-jährig, auf dem Land lebend ohne PW mit GA oder Verbund-Abo 0.7 Hinwege zur Arbeit.

Die Anzahl Wege pro Person für die Arbeit ist kleiner als 1, da Aspekte wie Teilzeitarbeit, Homeoffice sowie Ferien- oder Krankheitstage mitberücksichtigt sind.

3.4 Höhere Besetzungsgrade für längere Wege

Wie viele Personen sitzen im Auto? Dieser sogenannte **Besetzungsgrad** wird im **MZMV** erhoben und im NPVM verwendet, um die Anzahl Wege in effektive Fahrten von Fahrzeugen umzurechnen. Ein höherer Besetzungsgrad reduziert das **Verkehrsaufkommen**, also die Anzahl Fahrzeuge auf den Strassen. Von neuen Mobilitätsformen, mit denen eine Bündelung von Fahrten einfacher möglich sein könnte, verspricht man sich eine bessere Ausnützung von Fahrzeugen. Im NPVM ist der Besetzungsgrad nach Zwecken (z.B. Begleitweg) und zusätzlich nach Distanzklassen (wie lange der zurückgelegte Weg ist) differenziert. Dies bedeutet insofern eine Neuerung, als bisher in Verkehrsmodellen häufig nur nach **Fahrtzweckbeziehungen** und nicht noch zusätzlich nach Distanzen unterschieden wird. Die Auswertungen des MZMV zeigten jedoch, dass der Besetzungsgrad für verschiedene Zwecke von der Weglänge abhängt.

Mit der so vorliegenden Ausdifferenzierung des Besetzungsgrades ist das NPVM bereit, um Zukunftsszenarien zu berechnen: Setzen sich beispielsweise neue Mobilitätsformen (z.B. Sharing-Angebote) vermehrt in städtischen Räumen durch, lassen sich erwartete Effekte durch die Veränderung der Besetzungsgrade im entsprechenden Raum untersuchen, differenziert nach Distanzklassen.



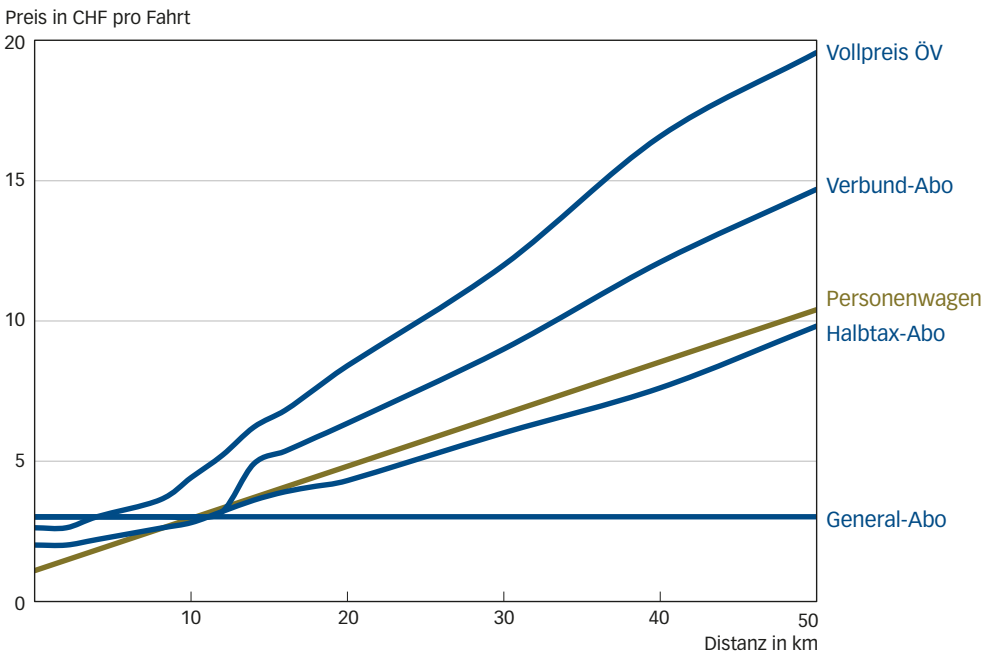
3.5 Höhere Nutzerkosten beim ÖV als beim Auto

In Verkehrsmodellen gehören neben der Reisezeit die [Nutzerkosten](#) für eine Fahrt im ÖV oder mit dem Auto zu den wichtigen Einflussgrössen. Diese Kosten sind allerdings nicht einfach zu ermitteln: Im ÖV kann die Nutzerin, der Nutzer in der Realität zwischen Abos, Sparpreisen und saisonalen Angeboten auswählen. Diese Vielfalt an Optionen im ÖV kann ein Verkehrsmodell nur vereinfacht abbilden. Bei der Nutzung des Autos stellte sich den Expertinnen und Experten die schwierige Frage: Wie beeinflussen Kosten für den Autokauf, jährliche Kosten für Steuer und Vignette oder Unterhaltskosten die alltäglichen Mobilitätsentscheide?

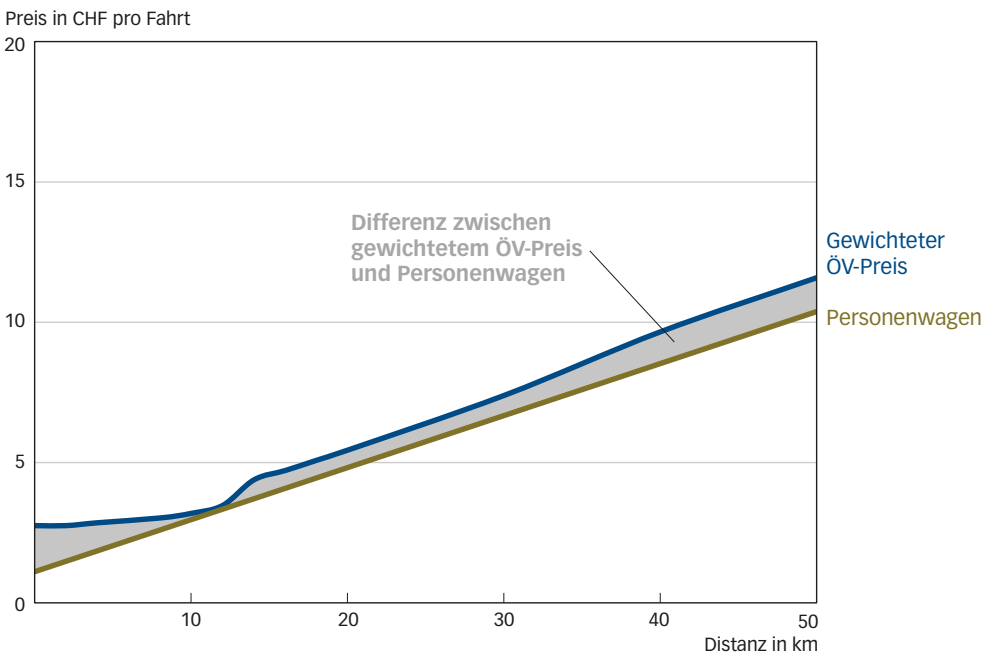
Im NPVM kostet jede Fahrt mit dem Auto fix 1.5 Franken. Damit sind fixe, wiederkehrende Kosten wie Versicherung, Parken, Steuer und Vignette im NPVM berücksichtigt, nicht aber der Autokauf. Um festzustellen, wie hoch die Kosten pro gefahrenem Kilometer sind, hat das ARE die Autotypen pro [Verkehrszone](#) sowie die jährlich gefahrenen Kilometer analysiert. Zudem hat es Annahmen zu Wertverlust, Unterhalt und Realverbräuchen von verschiedenen Autotypen getroffen. Das NPVM verfügt so über einen spezifischen Kostensatz pro Verkehrszone: Dieser liegt zwischen 24 und 32 Rappen pro Kilometer. Im Mittel kostet laut NPVM ein Kilometer im PW 27 Rappen.

ÖV-Fahrten mit dem GA kosten einen Fixpreis von 3 Franken. Für die variablen Kosten berücksichtigt das NPVM neben dem Vollpreis den Einfluss von Halbtax-, General- oder Verbund-Abos. Gemeinsam trafen ARE und die Modellersteller folgende Annahmen: Für ÖV-Wege innerhalb von 23 Städten gelten die jeweils gültigen Fahrpreise der Tarifzonen. Für (lange) Wege ist die Berechnung der Preise abhängig von der gefahrenen Distanz. Der MZMV zeigt pro [Raumtyp](#), wie viele Personen, die ÖV fahren, durchschnittlich ein ÖV-Abo (Halbtax, GA, Verbund) besitzen. In Verbindung mit der Anzahl an Personen mit ÖV-Abo in jeder Verkehrszone (Information aus der [SynPop](#)) wurde ein mittlerer (gewichteter) ÖV-Kostensatz pro Verkehrszone berechnet.

Eine Vollpreis-ÖV-Fahrt über 50 Kilometer ist etwa doppelt so teuer wie mit dem Auto. Ab etwa einer Distanz von 15 Kilometern ist eine Halbtax-ÖV-Fahrt günstiger als mit dem Auto. Wichtig im Modell für die Entscheide zur Verkehrsmittelwahl ist das Verhältnis der Kosten zueinander: Im NPVM liegt der gewichtete ÖV-Preis im Mittel leicht über dem der PW.



Nutzerkosten im Verkehrsmodell (2017) (© ARE, 2020)

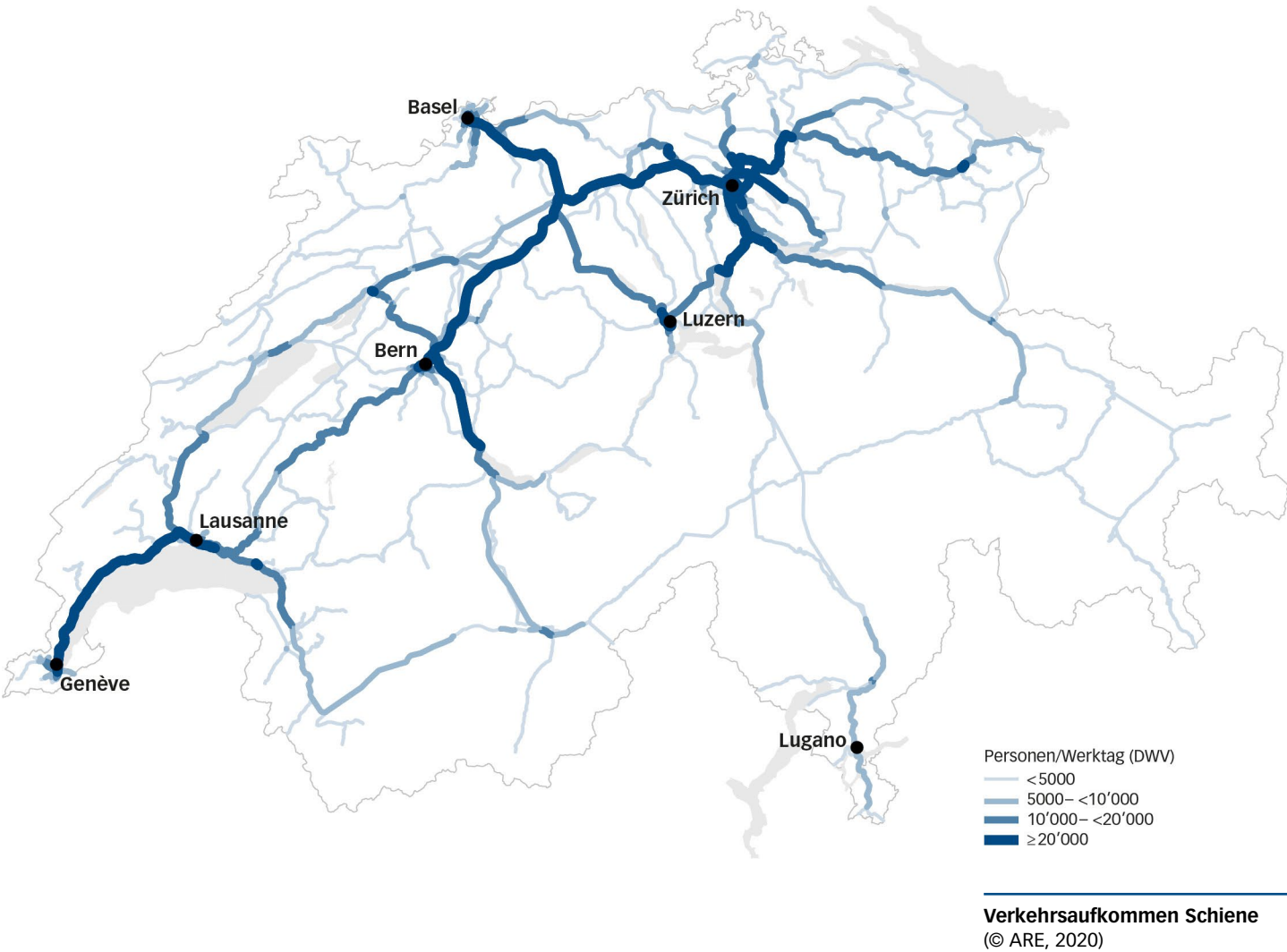
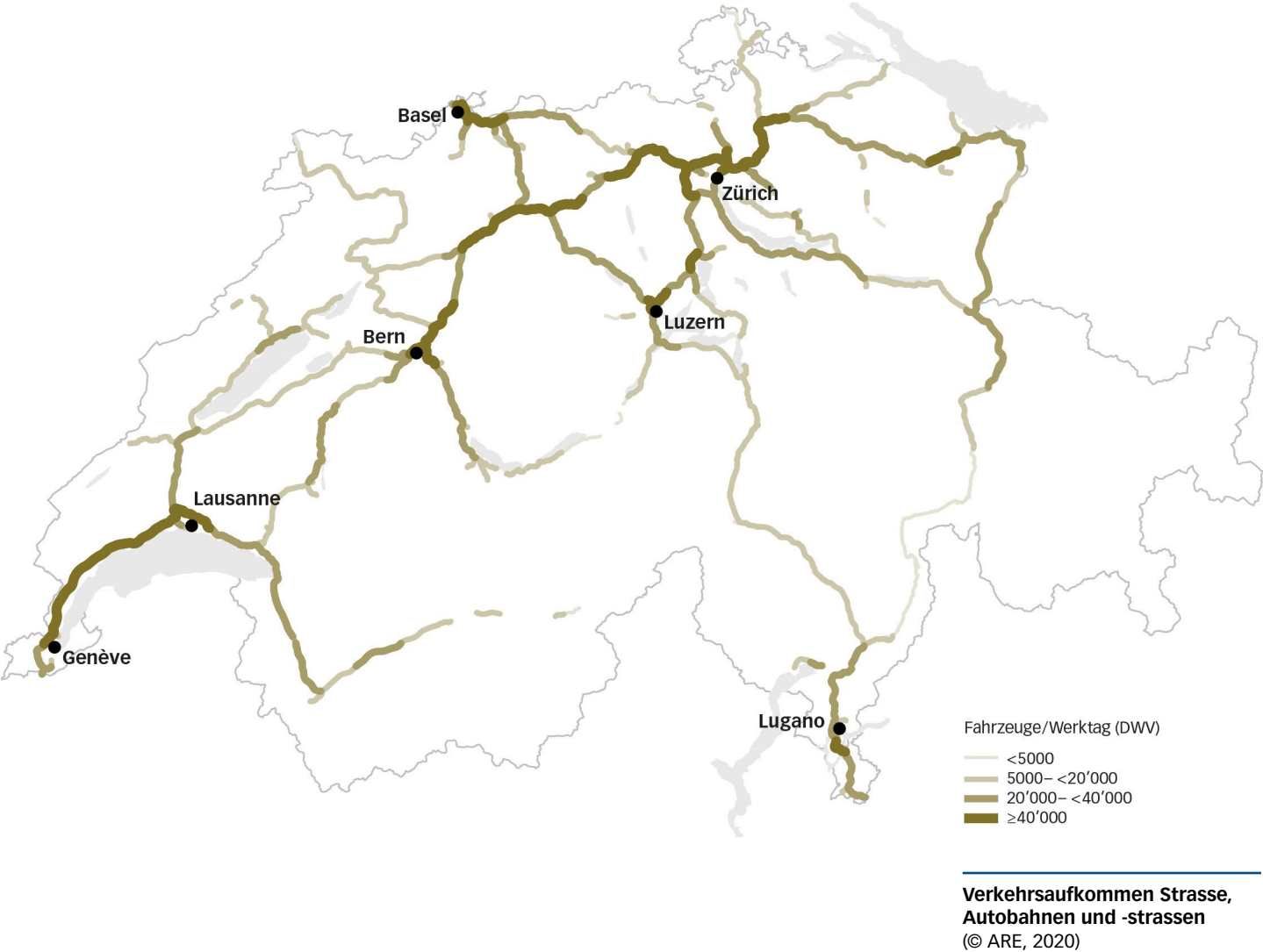


4 Ergebnisse

Das ARE stellt mit dem nun vorliegenden NPVM 2017 Verkehrsbelastungen für den durchschnittlichen Verkehr an Werktagen (Montag–Freitag, DWV), den durchschnittlichen Tagesverkehr (Montag–Sonntag, DTV) sowie die Spitzenstunden am Morgen (7–8 h) und Abend (17–18 h) zur Verfügung. Resultate wie die Anzahl Wege, die zurückgelegten Personen-kilometer und der → [Modal-Split](#) pro → [Fahrtzweck-beziehung](#) können nach Gebietseinheiten (national, kantonal, Gemeinden) mit einem Algorithmus automatisiert erstellt werden. Nachfolgend werden beispielhaft Ergebnisse zu den Belastungen auf Strasse und Schiene, dem Modal-Split in den Kantonen sowie Erreichbarkeiten dargestellt.

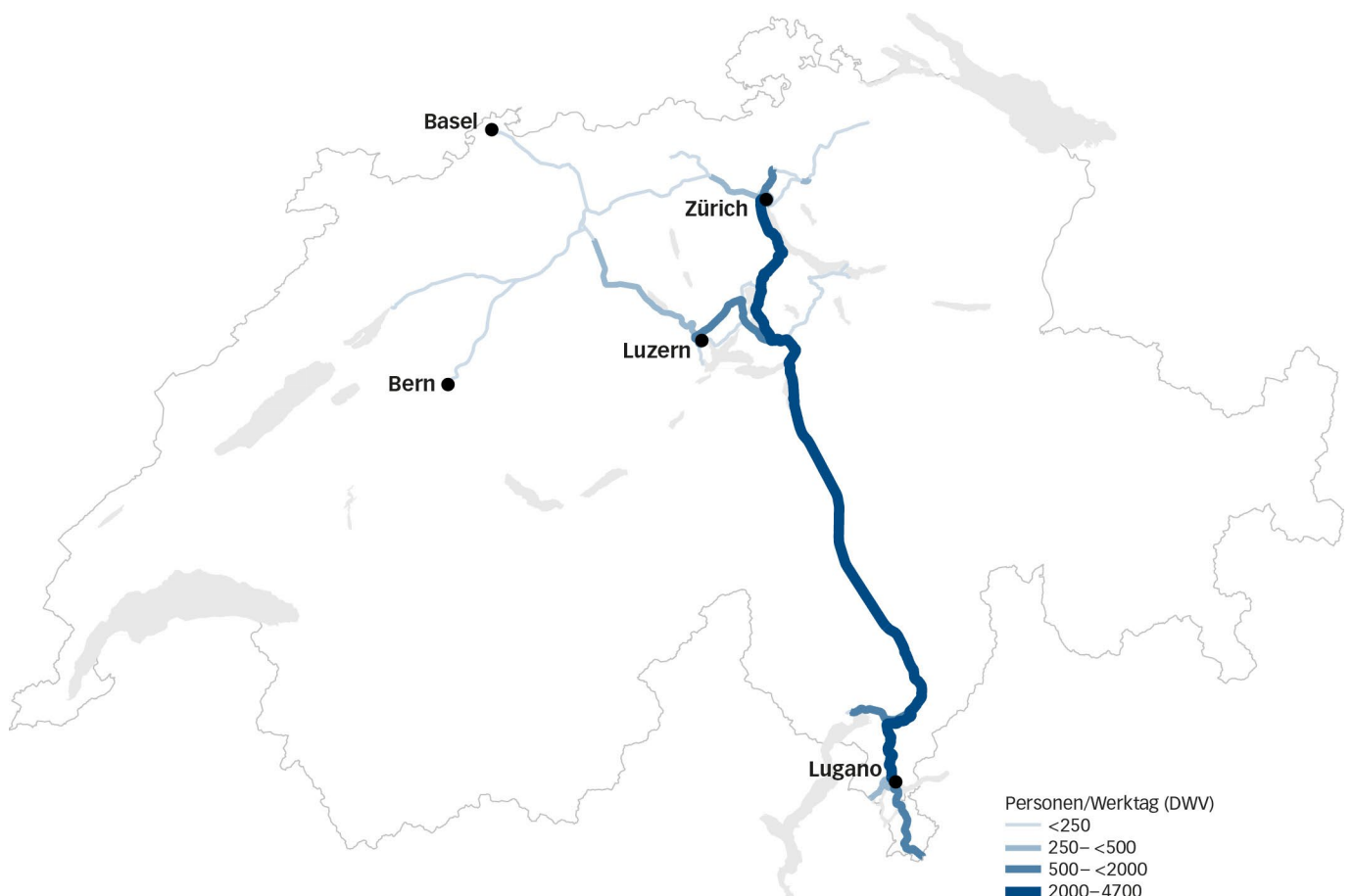
4.1 Belastungen auf Strasse und Schiene

Exemplarisch sind für das übergeordnete Strassennetz sowie den Schienenverkehr die modellierten Belastungen im Jahr 2017 als Karten dargestellt. Deutlich werden die hohen Fahrzeugbelastungen zwischen den grossen Städten und in ihrem Umfeld, aber auch die weniger stark belasteten Netzabschnitte, beispielsweise auf der N1. Belastungen auf den nachgeordneten Strassenabschnitten können auf der Open Data Plattform Zenodo [1] bezogen werden. Die → [Verkehrsaufkommen](#) im Schienenverkehr sind tiefer, in der geografischen Aufteilung zeigt sich aber ein ähnliches Bild. Erkennbar wird die hohe Nachfrage zwischen den Städten der Deutschschweiz, im Raum Zürich sowie zwischen Genf und Lausanne.



4.2 Reisende durch den Gotthard-Basistunnel

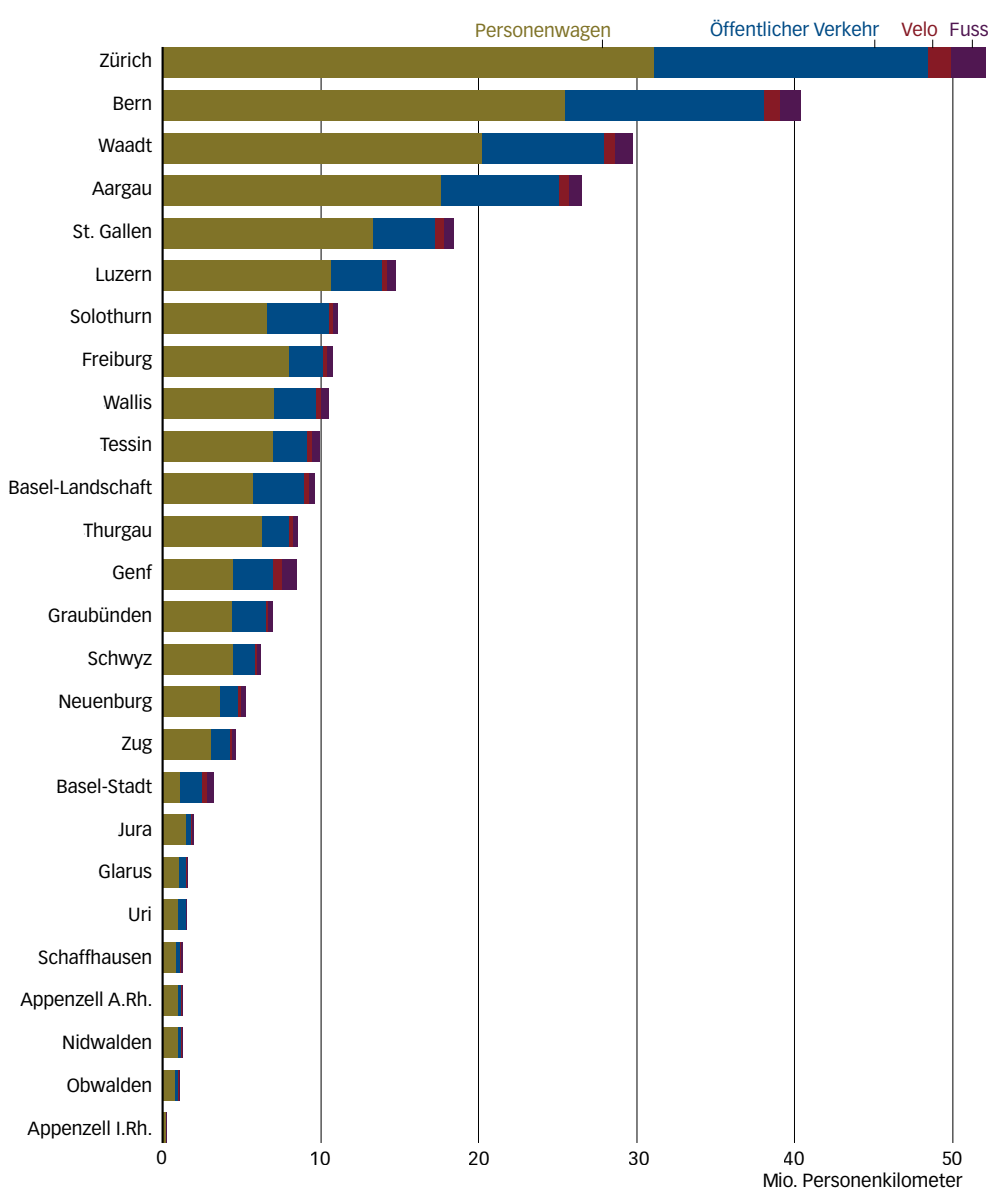
Neben den Belastungen auf dem Gesamtnetz, ermöglicht das NPVM, ausgewählte Strecken oder Räume zu untersuchen, z.B. die Eisenbahnverbindung durch den Gotthard-Basistunnel (GBT), der Ende 2016 in Betrieb genommen wurde. Ausgehend von der Anzahl aller Personen, die an einem Werktag (Montag–Freitag) durch den GBT Richtung Süden reisen, lässt sich analysieren, woher die Bahnreisenden kommen und welche Orte südlich der Alpen sie aufsuchen. Dies ist eine sogenannte → [Spinnenanalyse](#). Im Jahr nach der Eröffnung fuhrten etwa 5000 Personen täglich durch den längsten Eisenbahntunnel der Welt. Mehrheitlich reisen die Personen aus dem Raum Zürich und aus Luzern an, im Süden verteilen sie sich auf die Zentren Locarno/Bellinzona und Lugano bzw. fahren weiter Richtung Mailand.



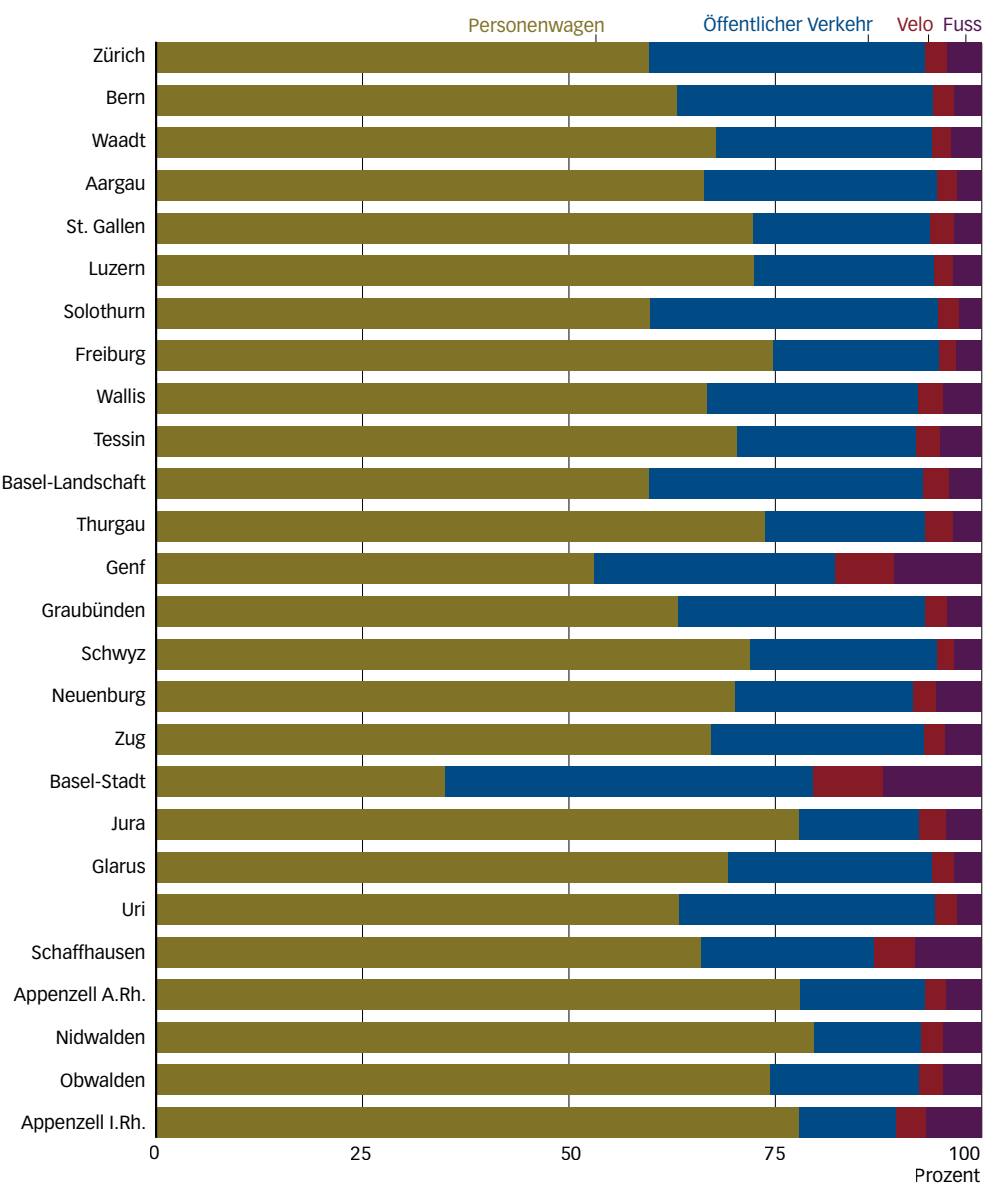
Reisende durch den Gotthard-Basistunnel, Richtung Nord–Süd
(© ARE, 2020)

4.3 Verkehrsleistung in den Kantonsgebieten

Kantone mit vielen Einwohnerinnen und Einwohnern und grossem Kantonsgebiet weisen erwartungsgemäss die höchste [Verkehrsleistung](#) (gemessen in Millionen Personenkilometern) auf. Ergänzend dazu zeigt die Abbildung den [ModalSplit](#), also den prozentualen Anteil jedes Verkehrsmittels an der Verkehrsleistung. In den Stadtkantonen Basel-Stadt und Genf wird weniger Auto gefahren und die zu Fuss zurückgelegten Wege spielen eine wichtigere Rolle als in den anderen Kantonen. Die kleineren Kantone wie beide Appenzell, Jura und Nidwalden weisen niedrige ÖV-Anteile aus, die bei etwas über 10% der Verkehrsleistung liegen. Die Fahrleistung des Strassengüterverkehrs, also die Fahrten von Lieferwagen, Lastwagen sowie Lastzügen, könnte ebenfalls pro Kanton dargestellt werden. Diese wurde in einem Vorprojekt [\[8\]](#) berechnet und wird bei der [Umlegung](#) ([→ Kapitel 2.6](#)) im NPVM berücksichtigt.



Personenkilometer pro Verkehrsmittel pro Kanton, werktags (© ARE, 2020)

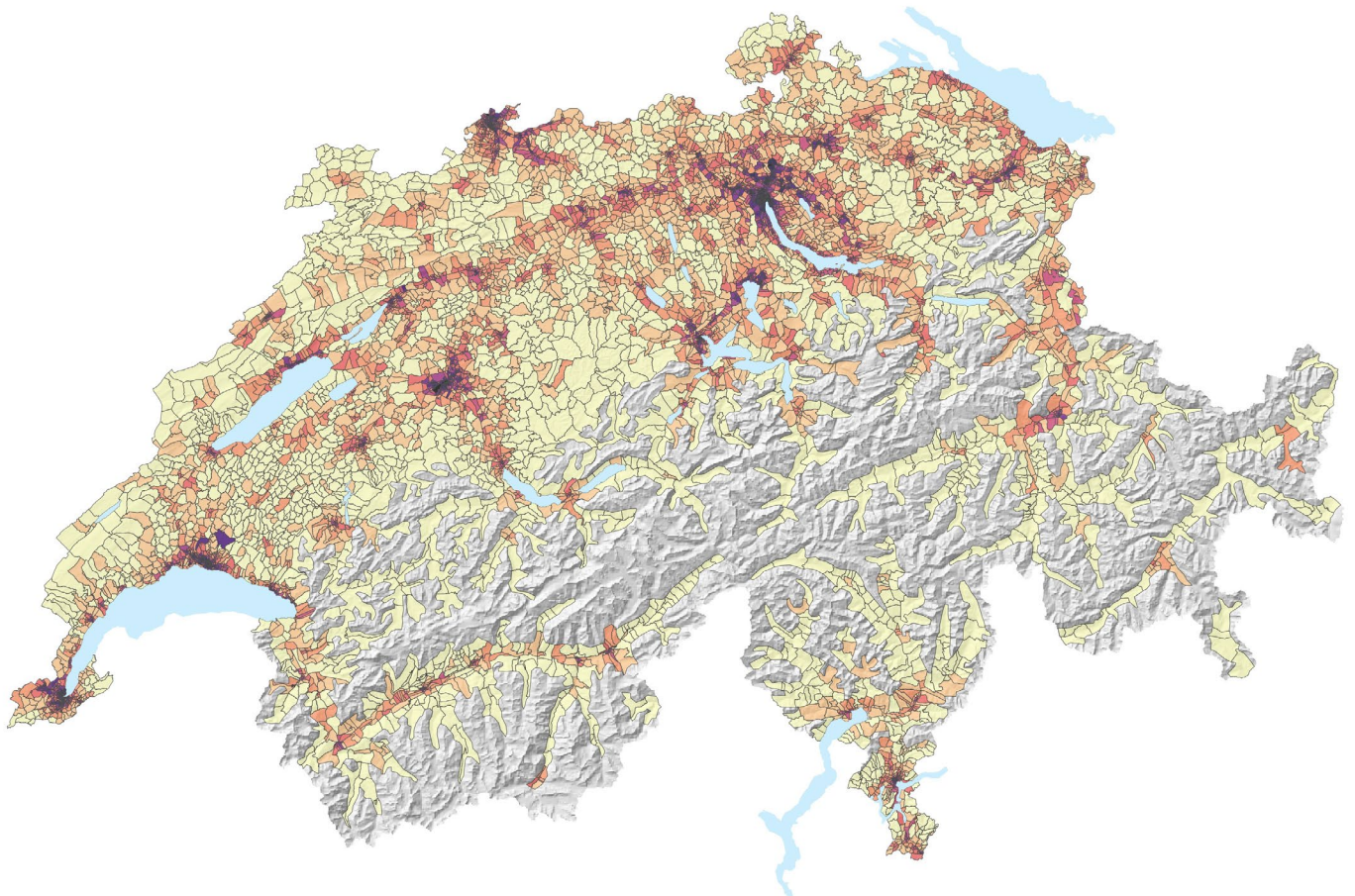


Modal Split pro Kanton, werktags (© ARE, 2020)

4.4 Weitere Karten auf dem Geoportal des Bundes

Weitere Karten mit zusätzlichen Informationen und der Möglichkeit, Gebiete genauer zu betrachten, stehen der Leserin und dem Leser auf dem Geoportal des Bundes <https://map.are.admin.ch> zur Verfügung. Folgende Karten sind verfügbar:

- Verkehrsbelastung Personenverkehr Schiene
- Verkehrsbelastung Personen-/Güterverkehr Strasse
- Reisezeit zu 6 grossen Zentren ÖV
- Reisezeit zu 6 grossen Zentren Strasse
- Reisezeit zu Agglomerationen ÖV
- Reisezeit zu Agglomerationen Strasse
- Erreichbarkeit mit dem ÖV
- Erreichbarkeit auf der Strasse



**Erreichbarkeit im ÖV von
Einwohnerinnen und
Einwohnern sowie Arbeits-
plätzen je Verkehrszone**
(© ARE, 2020)

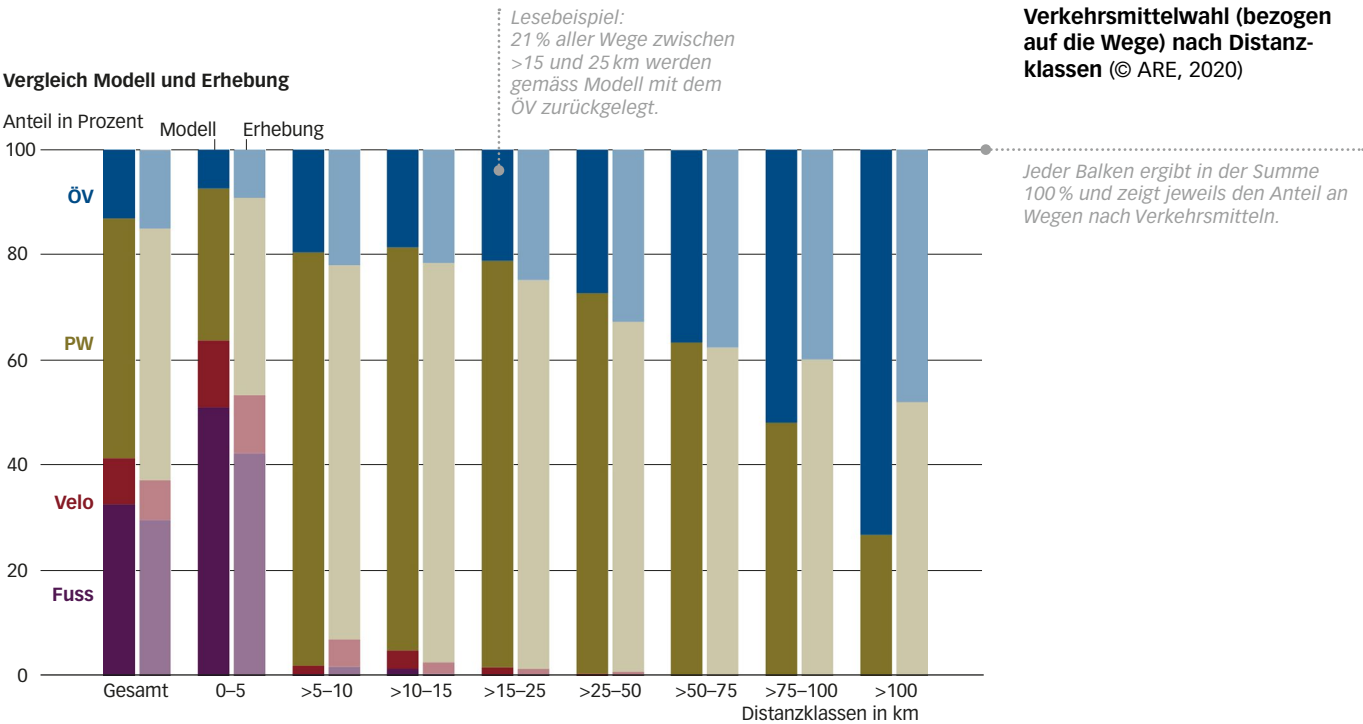
5 Validierung&Kalibration

Die Modellexperten haben auf allen Ebenen des Modells Zwischenergebnisse und Resultate überprüft und mit anderen Datenquellen verglichen. Da die verschiedenen Daten nicht harmonisiert sind, mussten sie z.T. entscheiden, auf welche Daten das Modell geeicht wurde. Die → [Validierung](#) gab Hinweise, wo noch Fehler bestanden oder Änderungen an den Modelleinstellungen nötig waren. Die folgenden Abbildungen zeigen den Vergleich von Ergebnissen aus dem publizierten NPVM mit Validierungsdaten: Je ähnlicher die Zahlen beieinander sind, desto besser ist die Qualität des Modells.

5.1 Abgleich Modellergebnisse mit Erhebungen

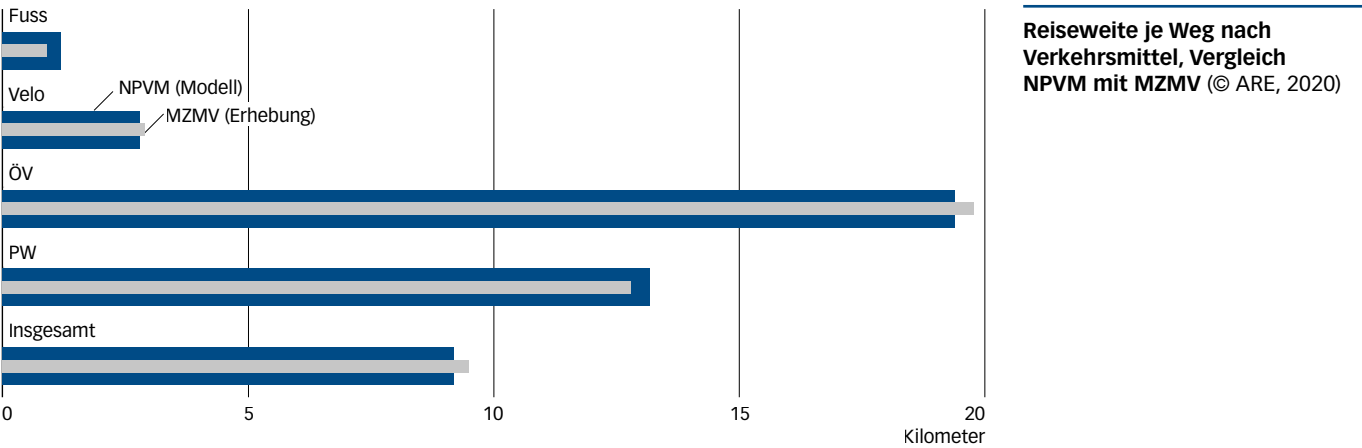
Für das ARE ist es zentral, dass die Eigenschaften des NPVM mit dem MZMV sowie mit den →Zähl-daten für Strasse und ÖV übereinstimmen. Da die vorhandenen Daten nicht harmonisiert sind, mussten Kompromisse eingegangen werden: Zu Gunsten einer besseren Annäherung an die Zähl-daten mussten geringfügige und begründete Abweichungen zum MZMV im NPVM akzeptiert werden.

Der Vergleich des distanzabhängigen →Modal-Splits bietet eine aussagekräftige →Validierung. Dabei wird überprüft, ob sowohl die Länge der Wege wie der Mix an genutzten Verkehrsmitteln zwischen dem NPVM und dem MZMV übereinstimmen. Gesamthaft betrachtet, d.h. über alle Distanzklassen hinweg, bestehen geringe Abweichungen (1.8 Prozentpunkte weniger ÖV, 2.2 Prozentpunkte weniger PW im Modell). Diese Abweichungen wurden bewusst toleriert, da bei einer strikten Orientierung des Modells an der Modal-Split-Vorgabe des MZMV die Zähl-daten nur unzureichend getroffen wurden. Eine sichtbare Abweichung besteht zudem bei kurzen Wegen mit dem PW. Auch hier wurden zu Gunsten einer besseren Übereinstimmung mit Zähl-daten tendenziell weniger PW-Wege bis 5 km und somit durchschnittlich etwas längere PW-Wege im NPVM erzeugt. Im ÖV hat das ARE bei langen Wegen (> 75 km Entfernung) auf eine strikte Wiedergabe des MZMV verzichtet. Es ist möglich, dass Befragungen wie der MZMV sehr lange ÖV-Fahrten unterschätzen. Zudem verfügen die SBB über zuverlässige Informationen, welche auf eine deutlich höhere Anzahl von langen ÖV-Wege hinweisen.

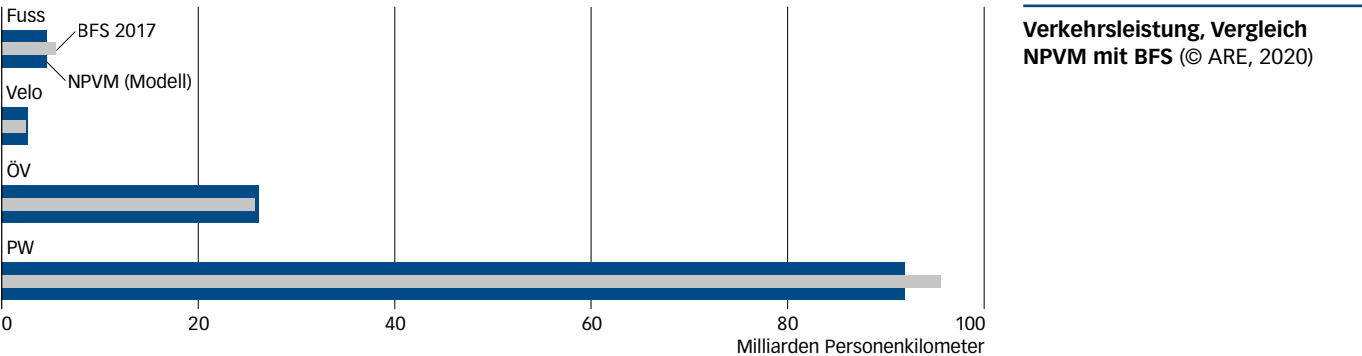


Die mittleren Reiseweiten nach Verkehrsmitteln und die zurückgelegten Kilometer (gemessen in Personenkilometern), die sogenannten →Verkehrsleistungen, sind weitere Validierungsgrössen.

Insgesamt ist die mittlere Reiseweite je Weg über alle Verkehrsmittel im NPVM mit 9.2 km leicht tiefer als im MZMV mit 9.5 km. Bei den Fusswegen mussten die Modellexperten etwas längere Wege erzeugen, um die Werte zum Modal-Split im MZMV besser zu treffen. Im ÖV wurde zur besseren Übereinstimmung mit den Zähl-daten der Anteil kürzerer Wege gegenüber dem MZMV etwas reduziert sowie ein höherer Anteil langer ÖV-Wege im Modell generiert (wie oben beschrieben). Trotz der Erhöhung der langen ÖV-Wege bleibt die mittlere ÖV-Reiseweite im NPVM etwas geringer als in der Erhebung. Im Vergleich zum Total an ÖV-Wege sind es letztlich nur wenige Wege über 75 km, daher ist der Einfluss auf die mittlere Reiseweite gering. Der Anteil an PW-Wege wurde im Modell ebenfalls mit dem Ziel einer besseren Übereinstimmung zu den Zähl-daten im mittleren Distanzbereich etwas erhöht.



Inwiefern passt die Verkehrsleistung in Milliarden Personenkilometern pro Jahr zu Vergleichswerten des BFS? Dazu wurden die Personenkilometer pro Werktag des NPVM auf das Jahr hochgerechnet. Die Abweichungen sind vorsichtig zu interpretieren, da methodische Unterschiede in der Herleitung der Werte bestehen: Das BFS basiert die Auswertungen für Fuss, Velo und PW vor allem auf dem MZMV [9]. Dieser bildet zwar auch eine Grundlage des NPVM, im Modell werden aber punktuell und aufgrund zusätzlich verfügbarer Informationen (v.a. Zähl-daten) abweichende Annahmen getroffen. Im ÖV sind die Methoden gänzlich anders, da das BFS die Verkehrsleistungen bei den Transportunternehmen anfragt [10]. Wenn auch die Vergleichbarkeit zwischen BFS und NPVM nicht vollumfänglich gegeben ist, wird deutlich, dass sich die Verkehrsleistungen insgesamt in ähnlicher Grössenordnung bewegen.



5.2 Wenig Abweichung, gute Qualität

Auf dem Weg hin zum anwendungsreifen Modell wurden verschiedene Zwischenstände analysiert. Zunächst wurde das Modell mit allen Eingangsdaten und Parametern befüllt und ohne jegliche Anpassung analysiert (unkalibrierte Erstanwendung). Anschliessend fand eine → **Kalibration** des Modells auf den **MZMV** statt (→ **Kapitel 5.1**). Dabei achteten die Modellexperten auch bereits auf eine generelle Übereinstimmung zu den → **Zähl**daten. In diesem zweiten Schritt bestand zudem das Ziel, die aus den Erhebungen MZMV und **SP-Befragung** abgeleiteten Verhaltensmuster beizubehalten (→ **Kapitel 2.4**). Nur in wenigen Fällen wurde von dieser Vorgabe abgewichen, z.B. um die Verkehrsmittelwahl innerhalb der Städte Zürich, Bern und Basel sowie die Anzahl der Wege zwischen den drei Städten im NPVM an die Zähl

daten anzunähern. Dabei haben das ARE und die Modellexperten gemeinsam entschieden, ob und in welchem Umfang Anpassungen gerechtfertigt sind. Das NPVM basiert auf Vereinfachungen und Mittelwerten und kann somit lokale Eigenheiten im Mobilitätsverhalten nur bedingt abbilden. Auf eine zu starke Anpassung des Modells zur Abbildung lokaler Eigenheiten wurde verzichtet, um die Aussagekraft des Modells für Prognosen zu erhalten.

Für die Planerinnen und Planer ist wichtig, dass das NPVM die beobachteten Verkehrsbelastungen, also die Zähl

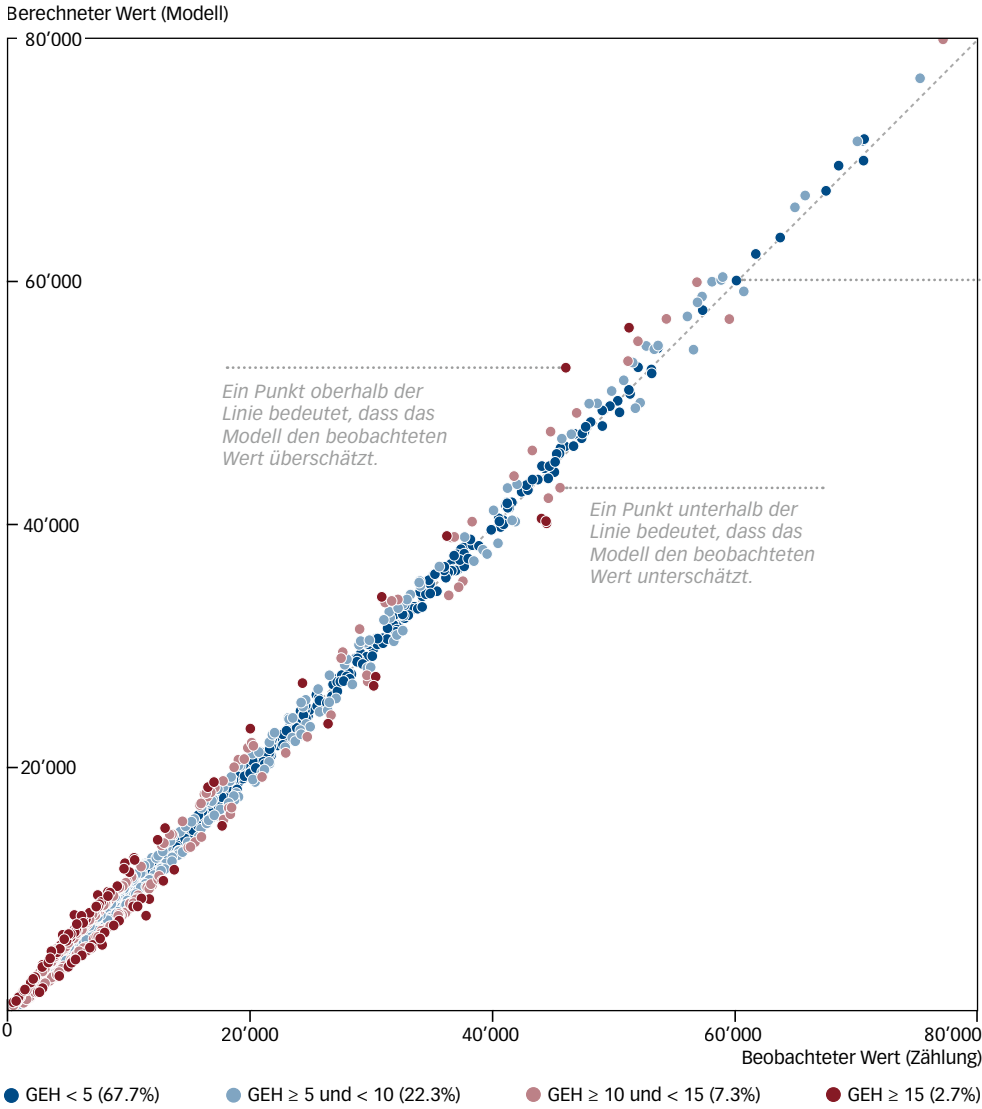
daten auf Strassen und im ÖV, wiedergibt. Eine Kalibration bleibt trotz der oben genannten Anpassungen in bzw. zwischen den Städten notwendig. Über die Kalibration des Modells auf die Zähl

daten werden somit verbleibende Abweichungen weitestgehend reduziert. Dabei achteten die Modellexperten darauf, dass die erreichten Übereinstimmungen mit dem MZMV betreffend der Anzahl Wege, der Verkehrsmittelwahl und der Verteilungen von Reiseweiten erhalten blieben.

Nachstehende Abbildung zeigt den Vergleich zwischen Modell

ergebnis an Strassenquerschnitten (Y-Achse mit der modellierten Anzahl aller Fahrzeuge) mit der an dieser Stelle gezählten Anzahl an Fahrzeugen (X-Achse mit der beobachteten Anzahl aller Fahrzeuge) nach der Kalibration auf die Zähl

daten. Basierend auf dieser Gegenüberstellung wurden Indikatoren zur Qualität des Modells berechnet. Das NPVM erreicht durchgehend sehr gute Werte und kann somit als qualitativ hochstehend bezeichnet werden.



Vergleich NPVM mit Zählwerten, alle Fahrzeuge, werktags

Der GEH-Wert (benannt nach Geoffrey E. Havers) ist ein Gütemass zur Bewertung der Übereinstimmung des Modells mit der Realität. (© ARE, 2020)

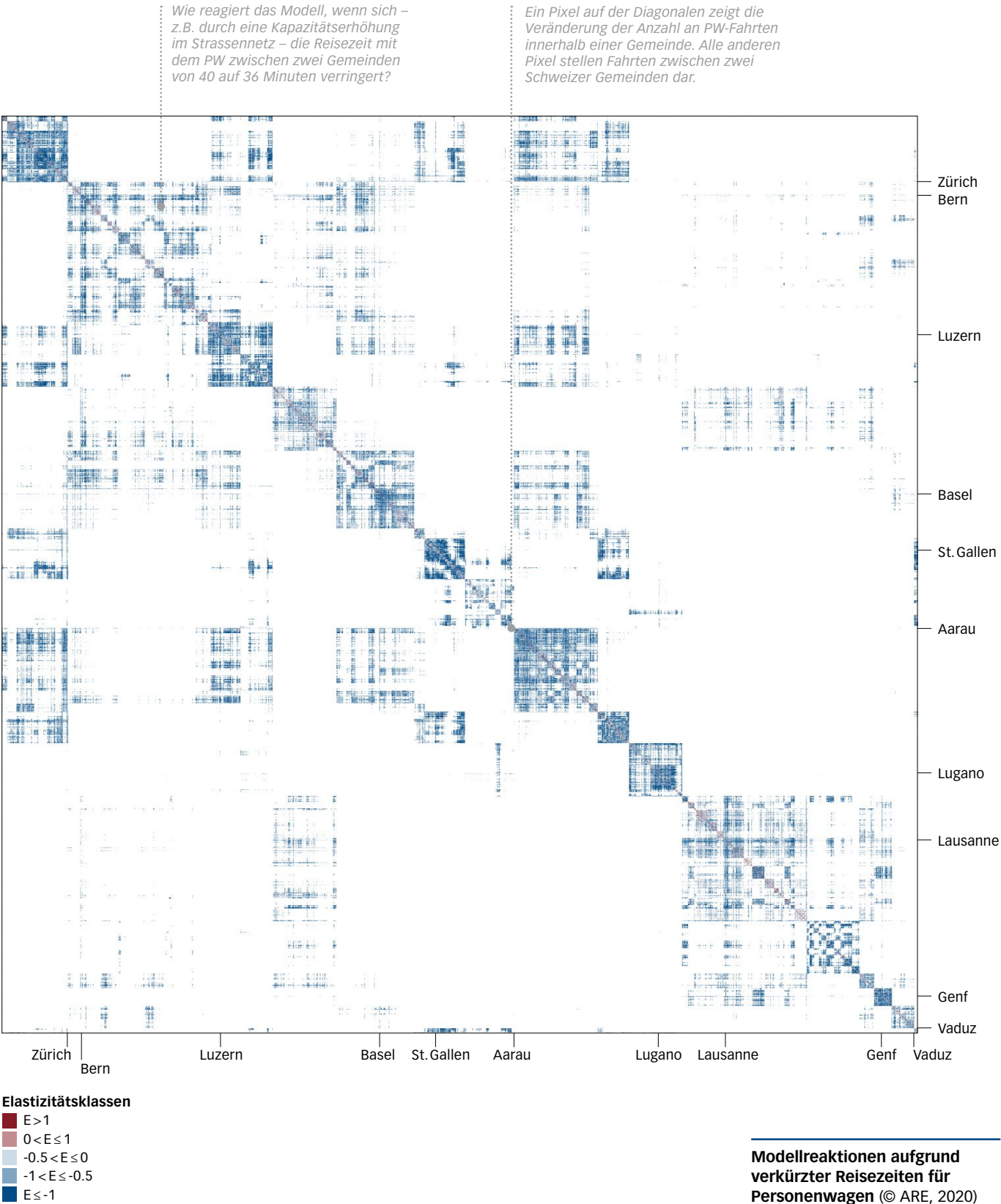
Lesebeispiel:
Liegt ein Punkt genau auf der 45-Grad-Linie, dann sagt das Modell genau den Wert voraus, der bei der Zählstelle gemessen wurde.

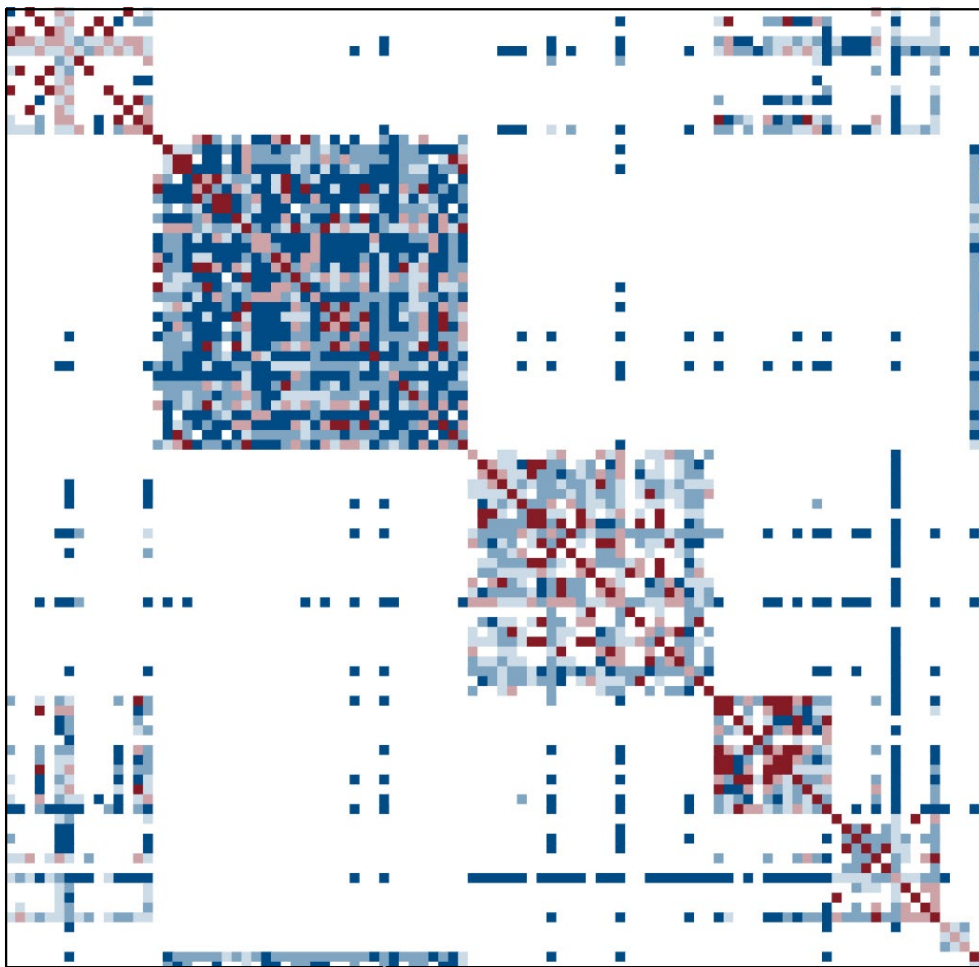
5.3 Elastizitätsteppich

Die regionale → **Validierung** eines Modells in der Grössenordnung des NPVM ist schwierig. Matrizen mit fast 64 Millionen Einträgen (von jeder der 8000 → **Verkehrszonen** in alle anderen Verkehrszonen) lassen sich ohne automatisierte Analysen nicht auf Fehler hin untersuchen. Das ARE liess die Qualität anhand von verschiedenen «→ **Sensitivitäten**» prüfen. Wie verändert sich die Anzahl Fahrten im Modell, wenn sich z.B. durch eine Kapazitätserhöhung im Strassennetz die Reisezeit mit dem Auto zwischen zwei Gemeinden verringert? Eine Visualisierung der Modellreaktionen für die Schweiz ist über einen sogenannten «Elastizitätsteppich» möglich. Diese Art der Visualisierung ersetzt nicht das punktuell notwendige Prüfen eines Modells auf lokale Unstimmigkeiten. Sie liefert aber über das gesamte Modellgebiet betrachtet wertvolle Hinweise, in welchen Räumen systematische Fehler vorliegen könnten.

Die Abbildung zeigt die Modellreaktion, wenn die Reisezeit im Strassenverkehr um 10 % verringert wird. Jeder Pixel stellt die Fahrten zwischen zwei Schweizer Gemeinden dar. Blaue Pixel bedeuten eine → **Elastizität** zwischen 0 und -1. Dies bedeutet, dass im Modell zwischen diesen Gemeinden nun mehr Fahrten im PW stattfinden als im Modell ohne die Verringerung der Reisezeit. Rötliche Pixel mit einer positiven Elastizität > 0 bedeuten das Gegenteil, auf diesen Relationen finden im Modell mit verringerter Reisezeit auf der Strasse nun weniger PW-Fahrten statt. Weisse Pixel bedeuten, dass auf diesen Relationen vernachlässigbar wenige PW-Fahrten stattfinden. Zur besseren Lesbarkeit und aufgrund ihrer geringen Bedeutung sind diese sehr geringen → **Verkehrsströme** von der Analyse ausgenommen.

Erkennbar wird eine Häufung rötlicher Pixel auf der Diagonalen. Ein Pixel auf der Diagonalen zeigt die Veränderung der Anzahl an PW-Fahrten innerhalb einer Gemeinde. Sinkt die Reisezeit, steigt die Wahrscheinlichkeit für das Aufsuchen weiter entfernter Ziele. Diese liegen dann häufiger ausserhalb der Gemeinde. Ein Auftreten positiver Elastizitäten auf der Diagonalen ist somit plausibel. Blaue Pixel häufen sich in Blöcken. Ein Block ist gekennzeichnet durch die räumliche Nähe von Gemeinden, zwischen denen eine höhere Anzahl an PW-Fahrten stattfindet. Im Zoom auf Lugano wird ein fast durchgängiger Anstieg an PW-Fahrten zwischen den umliegenden Gemeinden ersichtlich.





Elastizitätsklassen

- $E > 1$
- $0 < E \leq 1$
- $-0.5 < E \leq 0$
- $-1 < E \leq -0.5$
- $E \leq -1$

Blaue Pixel bedeuten, dass im Modell aufgrund der Verringerung der Reisezeit nun mehr Fahrten mit dem PW stattfinden. Führt dies zu einer Erhöhung der Fahrten von 1000 auf 1080 zwischen diesen zwei Gemeinden, entspricht dies einer Elastizität von $((1080-1000)/1000)/((36-40)/40)=-0.8$. Die Modellreaktion entspricht in diesem Fall den theoretischen und empirischen verkehrsplanerischen Erwartungen.

Ausschnitt aus dem Elastizitätsteppich (© ARE, 2020)

6 Ausblick

Das NPVM steht als Arbeitsinstrument im Bereich der Verkehrs- und Raumplanung allen Interessierten zur Verfügung. Das ARE setzt das neue NPVM zum ersten Mal ein, wenn es die Schweizerischen [Verkehrsperspektiven](#) 2050 erstellt. Diese sind durch das UVEK in Auftrag gegeben und dienen dem Bund als Planungsgrundlage für Infrastrukturprogramme von Strasse und Schiene sowie für verkehrs-, raum-, umwelt- und energiepolitische Entscheide. Dabei werden mit dem NPVM in Wenn-Dann-Szenarien künftige Verkehrsflüsse und → [Modal-Splits](#) berechnet. Das ARE stellt diese Resultate Verkehrs- und Raumplanerinnen und -planern sowie Forschungsinstitutionen und Beratungsbüros als Open Data zur Verfügung, dazu auch die Modelle für weitergehende Auswertungen. Die Publikation ist für Herbst 2021 geplant.

Kaum steht ein komplexes Verkehrsmodell wie das NPVM bereit, stellen sich die verantwortlichen Verkehrsämter ASTRA, BAV und ARE bereits die Frage, ob und wann das Modell aktualisiert werden soll. Dies sind unsere Überlegungen dazu: Die grundlegenden Modellstrukturen wie die Differenzierung in → [Fahrtzweckbeziehungen](#) (Wohnen–Arbeiten, Einkaufen–Wohnen etc.) und die räumliche Unterteilung in 8000 → [Verkehrszonen](#) gelten längerfristig und werden in den nächsten 5–10 Jahren nicht angepasst. Aktualisierungen sind sinnvoll, sobald neue Erhebungen zum Mobilitätsverhalten der Bevölkerung wie dem MZMV und der SP-Befragung zu Verkehrsmittel-, Routen- und Abfahrtszeitwahl SP 2020 zur Verfügung stehen. Mit der Eröffnung grösserer Infrastrukturprojekte wie dem Ceneri-Basistunnel im Herbst 2020 verändert sich das Verkehrsangebot substantiell und eine Aktualisierung kann sinnvoll sein. Sobald sich neue Angebotsformen wie z.B. geteilte Fahrzeuge und Fahrten im Verkehrssystem etablieren, steigt die Notwendigkeit, diese als eigene Verkehrsmittel im NPVM abzubilden. Die Verwendung der vier Modi Auto, ÖV, Fuss und Velo kann sich dann als unzureichend erweisen.

Das ARE beobachtet auch Fortschritte im Bereich der IT- und Softwareentwicklung. Leistungsstärkere Computer erlauben, Resultate schneller zu berechnen, und detailliertere Modellierungen z.B. von Kreuzungen im Strassennetz, der → [Auslastung der Kapazitäten](#) im ÖV oder der Wege vom Haus bzw. Parkplatz zur Strasse oder Bushaltestelle basierend auf Adress- oder Hektardaten werden möglich. Besonders wichtig sind dem ARE die Erfahrungen derjenigen, die das NPVM nutzen – sie werden in Weiterentwicklungen selbstverständlich ebenfalls einfließen.

7 Glossar

Anbindung: Element, das im Verkehrsmodell die Verbindung zwischen dem Schwerpunkt der Verkehrszone und dem Verkehrsnetz (z.B. nächste Strasse, nächster ÖV-Haltepunkt) herstellt.

Aufkommensrate: Wert, der die mittlere Anzahl an Wegen pro Person und Tag nach Fahrtzweckbeziehung beschreibt. Variiert im NPVM in Abhängigkeit des Alters, des Raumtyps und ob ein Auto oder ÖV-Abo verfügbar ist.

Auslastung/Aufteilung Kapazitäten: Quotient aus Anzahl Fahrgästen und Sitzplatzkapazität des Zuges.

Bauzonen: Flächen, innerhalb derer in der Schweiz Bautätigkeiten erlaubt sind.

Besetzungsgrad: Wert, der die Anzahl an Personen bei einer Fahrt in einem Personenwagen beschreibt. Im NPVM differenziert nach Verkehrszwecken und Distanzklassen.

Elastizität: Mass, welches die relative Änderung der Verkehrsnachfrage (Verkehrsaufkommen oder Verkehrsleistung) auf die relative Änderung einer Aufwandsgrösse (z.B. Reisezeit) angibt.

Erzeugung: Schritt, bei dem im Modell die Anzahl aus- und eingehender Wege pro Verkehrszone berechnet wird.

Fahrtzweckbeziehung: Beschreibt die Beziehung zwischen einem Start- und Zielort eines Weges, also z.B. den Weg von zu Hause zur Arbeit oder von der Arbeit zum Einkaufen.

Kalibration: Prozess, der die sukzessive Veränderung von Parametern beschreibt, bis das Modell eine zufriedenstellende Übereinstimmung mit Vergleichsgrössen ausweist.

Modal-Split: Angabe in Prozent, die die Aufteilung des Verkehrsaufkommens oder der Verkehrsleistung auf die Verkehrsmittel beschreibt.

Nachfragemodell: Umfasst die drei Schritte aus Erzeugung, Verteilung und Aufteilung (EVA). Bildet zusammen mit der Umlegung die Verkehrsnachfrage.

Nutzerkosten: Kosten pro Kilometer für die Nutzung eines Personenwagens oder des ÖV. Änderungen des Kostenverhältnisses PW/ÖV beeinflussen die Wahl des Verkehrsmittels.

Personengruppen: Gruppen, die sich hinsichtlich ihres Mobilitätsverhaltens gleichen, im NPVM gruppiert nach Altersklassen und Mobilitätswerkzeugbesitz.

Personenwagen, PW, Auto: werden synonym verwendet.

Raumtyp: «städtisch», «intermediär», «ländlich» (Stadt/Land-Typologie 2012, Bundesamts für Statistik BFS) .

Routenwahl: Auswahl von Weg-Abschnitten, also der Abfolge von Strecken z.B. in einem Strassennetz zwischen Start- und Zielort. Voraussetzung ist ein lückenloses Netz.

Sensitivität: Analyse der Modellreaktionen nach Änderung einer Einflussgrösse (z.B. die Reisezeit auf der Strasse oder die Anzahl Umstiege im ÖV).

Spinnenanalyse: Auswahl und Analyse aller Wege, deren Verlauf von Quellzonen zu Zielzonen über ein spezifisches Netzobjekt führt.

Synthetische Population SynPop: Datensatz mit vielfältigen sozioökonomischen und demografischen Eigenschaften von Personen und Haushalten.

Umlegung: Schritt, bei dem im Modell für ÖV-Wege Verbindungen im Fahrplan bzw. für die Personenwagen Routen im Strassennetz gesucht werden.

Validierung: Vergleich von Zwischen- oder Endergebnissen des Modells mit externen Datenquellen.

Verkehrsaufkommen: Anzahl an Wegen/Fahrten, die realisiert werden. Im Dokument sind im Kontext des Abgleichs zu Zählwerten auch die beobachtete Anzahl Fahrzeuge bzw. die Anzahl Fahrgäste gemeint.

Verkehrsleistung: Zurückgelegte Kilometer auf dem Strassennetz oder in Angeboten des ÖV. Gemessen in Personenkilometern.

Verkehrsnachfrage: Umfasst die vier Schritte aus Erzeugung, Verteilung, Aufteilung und Umlegung.

Verkehrsströme: Anzahl an Wegen/Fahrten zwischen Verkehrszonen.

Verkehrsträger: Infrastruktur, auf der Transport- oder Verkehrsbewegungen stattfinden (z.B. Strasse oder Schiene).

Verkehrszone: Gebietseinheit, im NPVM umgesetzt als georeferenzierte Fläche, die eindeutig einer Schweizer Gemeinde zugeordnet werden kann.

Verkehrszweck: Zusammenfassung der Fahrtzweckbeziehungen zu einem Verkehrszweck.

Verteilung/Aufteilung: Bei der Verteilung werden die Wege nach der Erzeugung zu Relationen zwischen den Verkehrszonen zugewiesen. Die Aufteilung beschreibt, welche Verkehrsmittel je Fahrtzweckbeziehung dabei genutzt werden.

Wegekette: Kombination von Wegen zur Ausübung verschiedener Aktivitäten.

Zähldaten/Zählwerte: An Strassen gemessene oder in Fahrzeugen des ÖV erhobene Anzahl an Fahrzeugen bzw. Fahrgästen. In der Regel differenziert nach Fahrzeugkategorien und Erhebungszeitraum.

8 Links & Referenzen

- [1] Das NPVM (Zonenstruktur, Belastungswerte, Fahrtenmatrizen, Reisezeit- und Distanzmatrizen, VISUM-Angebotsmodelle für PW, ÖV und Velo) kann direkt auf Zenodo heruntergeladen werden, <https://doi.org/10.5281/zenodo.3379492>
- [2] ARE, 2020, Modelletablierung Nationales Personenverkehrsmodell (NPVM) 2017, https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/verkehr/dokumente/bericht/NPVM_2017_Schlussbericht.pdf.download.pdf/NPVM_2017_Schlussbericht.pdf
- [3] ARE, 2017, Zonenstruktur und Verkehrsnetze, https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/grundlagen/publikationen/beicht-npvm-zonen-netze-2016%20.pdf.download.pdf/Bericht_NPVM_2016_Zonen_Netze_20180720.pdf
- [4] Datenquellen gemäss Kapitel 2.4
 - Alpen- und grenzquerender Personenverkehr A+GQPV, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personen-verkehr/alpen-grenzquerend.html>
 - Bauzonenstatistik Schweiz, <https://www.are.admin.ch/are/de/home/raumentwicklung-und-raumplanung/grundlagen-und-daten/fakten-und-zahlen/bauzonen.html>
 - Grenzgängerstatistik GGS, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/arbeit-erwerb/erhebungen/ggs.html>
 - Gütertransporterhebung GTE, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/erhebungen/gte.html>
 - Lernendenstatistik SDL, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bildung-wissenschaft/erhebungen/sdl.html>
 - Lieferwagenerhebung LWE, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/erhebungen/lwe.html>
 - Mikrozensus Mobilität und Verkehr MZMV, www.are.admin.ch/mzmv
 - Motorfahrzeug-Informationssystem MOFIS, <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/fachleute/fahrzeuge/fahrzeughalterregister.html>
 - Nahverkehrs-Fahrplan, <https://opentransportdata.swiss/de/dataset>
 - ÖV-Abos: GA, Halbtax, Verbünde, <https://opentransportdata.swiss/de/dataset>
 - Pendlermatrix PEND, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/personenverkehr/pendlermobilitaet.html>
 - Schienennetz: BAV-Geobasisdatensatz, <https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/themen-a-z/geoinformation/geobasisdaten/schienennetz.html>
 - SchweizMobil Veloland, <https://www.schweizmobil.ch/de/veloland.html>
 - Stated-Preference-Befragung zur Verkehrsmittel- und Routenwahl, www.are.admin.ch/statedpreference
 - Statistik der Bevölkerung und der Haushalte STATPOP, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home.gnpdetail.2018-0467.html>
 - Statistik der Unternehmensstruktur STATENT, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/aktuell/neue-veroeffentlichungen.gnpdetail.2018-0466.html>
 - Strukturerhebungen SE, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/erhebungen/se.html>
 - Topografisches Landschaftsmodell TLM, <https://www.swisstopo.admin.ch/de/wissen-fakten/topografisches-landschaftsmodell.html>

- [5] BFS, 2017, Gemeindetypologie und Stadt/Land-Typologie 2012, <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/2543323/master>
- [6] Datenbezug Strukturdaten der Synthetischen Population nach Registrierung und Akzeptanz des Nutzungsvertrags, <https://forsbase.unil.ch/project/study-public-overview/16340/0/>
- [7] Lohse & Schnabel (2011), Grundlagen der Strassenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung: Band 2 Verkehrsplanung.
- [8] ARE, 2019, Aktualisierung der Aggregierten Methode Güterverkehr (AMG) auf den Basiszustand 2016, https://www.are.admin.ch/dam/are/de/dokumente/grundlagen/publikationen/aktualisierung-amg-basiszustand-2016.pdf.download.pdf/AMG-Aktualisierung-2016_Schlussbericht.pdf
- [9] Leistungen des privaten Personenverkehrs auf der Strasse. Methodenbericht, <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/9867227/master>
- [10] Leistungen Statistik des öffentlichen Verkehrs, Steckbrief, <https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/12027577/master>

Impressum

Herausgeber

Eidgenössisches Departement für Umwelt,
Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Sektion Grundlagen

Auftraggeber

Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Bundesamt für Strassen ASTRA
Bundesamt für Verkehr BAV

Projektleitung

Andreas Justen, Nicole Mathys, Antonin Danalet, ARE
Christian Schiller, Berater ARE

Auftragnehmer Projekt Modelletablierung NPVM 2017

TransOptima GmbH
PTV Transport Consult GmbH & PTV AG
TransSol GmbH
Strittmatter Partner AG

Auftragnehmer Projekt Zonenstruktur und Verkehrsnetze

EBP Schweiz AG

Produktion

Rudolf Menzi, Lukas Kistler, Martin Urben, Ursula Wälti, Kommunikation ARE

Lektorat

DL Kommunikation GmbH

Gestaltung

Hahn+Zimmermann GmbH

Programmierung interaktive Grafiken Internetseite

Nothing AG

Bezugsquelle

In elektronischer Form auf www.aren.admin.ch/npvm
Auch auf Französisch erhältlich
Mai 2020

Unser Dank gilt den Kolleginnen und Kollegen in den Bundesämtern des UVEK, bei den SBB, der BLS sowie weiteren Transportunternehmen, der Begleitgruppe und dem Erfahrungsaustausch der kantonalen Verkehrsmodellierer. Wir danken auch den Unternehmen, die an der Erstellung des Modells beteiligt waren, sowie den bundesinternen und den externen Datenlieferanten.