Schweizer Jahrbuch für Verkehr 2020

Herausgeber:
Prof. Dr. Christian Laesser
Prof. Dr. Thomas Bieger
Prof. Dr. Kay W. Axhausen

ISBN-Nummer
3-906532-32-1
ISSN 1423-4459

Alle Rechte vorbehalten
Copyright © 2020
Institut für Systemisches Management
und Public Governance
der Universität St.Gallen

SVWG Schweizerische Verkehrs-
wissenschaftliche Gesellschaft
IMP-HSG Institut für Systemisches
Management und Public Governance
der Universität St.Gallen

Inhaltsverzeichnis

Stephan Eberhardt, Erik Linden, Andreas Wittmer
Drohnen als Lufttaxis: Ein neues Transportmittel für Personen 7

Anne Greinus, Daniel Sutter, Stefan Suter, Matthias Setz, Christoph Lieb
Mobility Pricing und Infrastrukturfinanzierung 25

Andreas Justen, Antonin Danalet, Nicole A. Mathys
Das neue Schweizer Personenverkehrsmodell 39

Paul Schneeberger
„Gäbig“ als Gebet bei der Gestaltung der Mobilität 57

Thomas Egger, Anna Heugel, Peter Niederer
Das EUSALP-Crossborder Projekt: grenzüberschreitendes Pendeln in alpingen Regionen 67

Simone Utz, Luca Arnold
Welche Regulation braucht die multimodale Mobilität auf der digitalen Ebene? 93

Kurt Metz
Modernisierung des Bahnsystems durch neue Technologien – Die Bahn der Zukunft im Griff mit „smartrail 4.0“ 103

Kurt Metz
Renaissance der Nachtzüge – Hype oder Nachhaltigkeit? 119

Autorenverzeichnis 147

Das neue Schweizer Personenverkehrsmodell

Andreas Justen, Antonin Danalet, Nicole A. Mathys

1 Einführung

Wie entwickelt sich der Verkehr in der Schweiz? Wer fährt in der Zukunft mit welchen Verkehrsmitteln wohin? Solche Fragen interessieren alle, die verkehrs- und raumpolitische Fragestellungen 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 aktuelle Arbeitsinstrumente.

Verkehrsmodelle sind solche Instrumente und werden dazu eingesetzt das Mobilitätsverhalten von Menschen zu analysieren und zu prognostizieren. Das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) entwickelt in Zusammenarbeit mit den Bundesämtern für Verkehr (BAV) und für Strassen (ASTRA) die Verkehrsmodelle im Eidgenössischen Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK). Mit der Neuerstellung des Nationalen Personenverkehrsmodells (NPVM) wurden Daten zusammengetragen und harmonisiert, Verhaltensmuster identifiziert und die Erkenntnisse mithilfe eines Software-Programms so verknüpft, dass es möglich wird, Verkehrsflüsse in verschiedenen Räumen zu ermitteln und Perspektiven für die Zukunft zu entwickeln.

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. In diesem Beitrag werden zentrale Elemente und Eigenschaften des NPVM vorgestellt. Weitergehende Informationen und Hintergründe zu den technischen Details sind in einem Schlussbericht zusammengefasst (ARE, 2020).

Keywords

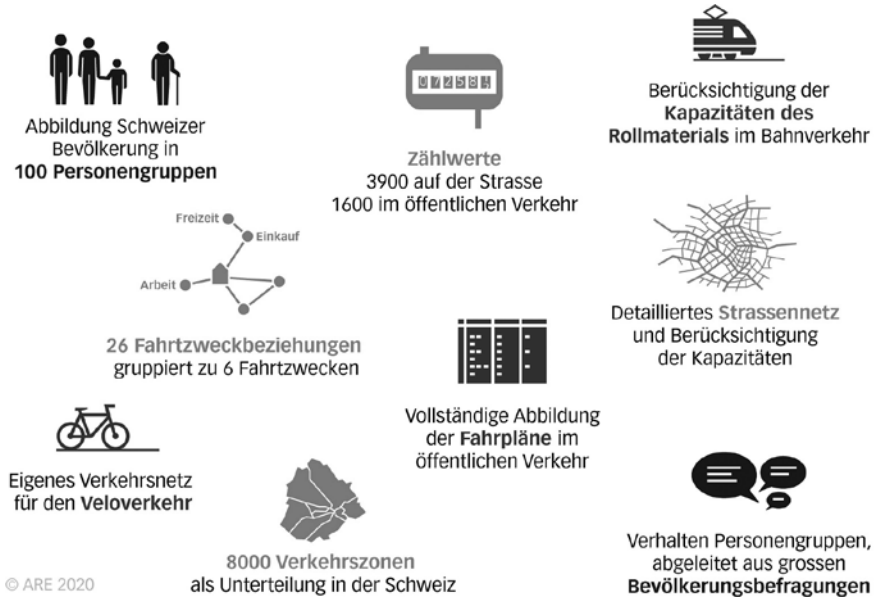
Modellierung, Personenverkehr, Mobilitätsverhalten, Prognosen

2 Modelleigenschaften & Modelltheorie

Das NPVM ist ein makroskopisches, d.h. auf Bevölkerungsgruppen basierendes Verkehrsmodell. Es ist in der Software PTV VISUM umgesetzt und wurde für das Jahr 2017 erstellt. Die neuen Zugverbindungen durch den Gotthard-Basistunnel sind integriert. Folgende Eigenschaften sind hervorzuheben (siehe auch Abbildung1):

- Verwendung eines detaillierten und lagegenauen Strassennetzes mit etwa 75% aller Strecken in der Schweiz (ARE, 2017a).
- Einsatz eines separaten Velonetzes basierend auf dem Strassennetz sowie Velowegen von Schweiz-Mobil. Weiter enthält das Velonetz Informationen dazu, ob die Strecken Höhenunterschiede aufweisen oder stark durch Motorfahrzeuge befahren sind, was die Strecken weniger attraktiv für den Veloverkehr macht.
- Der ÖV ist durch die vollständigen Fahrpläne für Luftseilbahnen, den Bus, das Tram und den Schienenverkehr abgebildet. Die Sitzplatzkapazitäten des Rollmaterials auf der Schiene sind integriert und der Grad der Auslastung nimmt Einfluss auf die Ziel- und Verkehrsmittelwahl.
- Die Schweiz ist, unter Einhaltung der Gemeindegrenzen und Anwendung raum- und verkehrsplanerischer Kriterien, in rund 8000 Gebietseinheiten, die sogenannten Verkehrszonen unterteilt.
- Eine differenzierte Segmentierung der Verkehrsnachfrage: Auf Basis von über 100 verschiedenen Personengruppen, variiert nach Alter, Erwerbsstatus und Besitz eines Autos oder ÖV-Abos, wird die Verkehrserzeugung berechnet. Wohnen–Arbeiten oder Einkaufen–Wohnen sind zwei Beispiele der 26 im Modell berücksichtigten Fahrtzweckbeziehungen.

Abbildung 1: Eigenschaften des Nationalen Personenverkehrsmodells NPVM 2017



Die Verkehrsnachfrage im NPVM wird basierend auf den drei Schritten des EVA-Ansatzes – Erzeugung, Verteilung, Aufteilung und einem vierten Schritt, der Routen- und Verbindungswahl (Umlegung) ermittelt (Lohse & Schnabel, 2011), siehe Abbildung2:

1. Erzeugung: Wie viele Fahrten finden statt? Das NPVM berechnet, basierend auf der Bevölkerung pro Verkehrszone, die Anzahl Fahrten, die in die Verkehrszone hinein und aus der Verkehrszone herausführen.

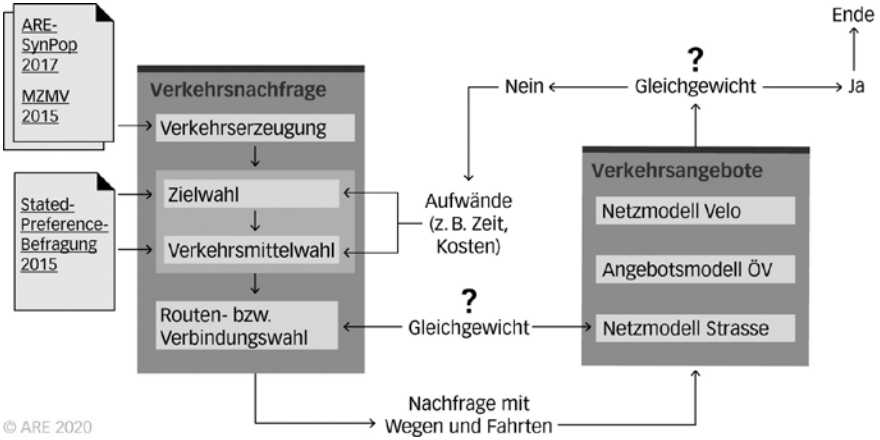
2. Verteilung (Zielwahl): Wohin führen die Fahrten? Basierend auf den Arbeitsplätzen, Schulstandorten, Einkaufs- oder Freizeiteinrichtungen wird ermittelt, wohin die Fahrten gehen.

3. Aufteilung (Verkehrsmittelwahl): Welches Verkehrsmittel wird verwendet? Gleichzeitig zur Verteilung wird der Modal-Split, also die Wahl der Verkehrsmittel je Fahrtzweck im Modell vorgegeben. Die Schritte 2 und 3 werden im EVA-Ansatz simultan berechnet.

4. Umlegung (Routen- und Verbindungswahl): Welche Strasse oder welcher Zug wird genutzt? Für ÖV-Wege sucht das NPVM Verbindungen im Fahrplan, für Auto- und Velo Routen im Strassen- und Velonetz.

Zwischen den Schritten 1–3 (EVA) und 4 (Umlegung) finden mehrere Rückkopplungen statt, um ein Gleichgewicht und ein eindeutiges Ergebnis zu erzeugen. Ein Gleichgewicht ist erreicht, wenn kaum noch Änderungen bei der Wahl von Zielen (Schritt 2) und Verkehrsmitteln (Schritt 3) festzustellen sind, weil die Belastungen im Strassennetz und damit die Reisezeiten stabil bleiben.

Abbildung 2: Aufbau des Verkehrsmodells



3 Zonenstrukturen und Modellgrundlagen

Ausgangspunkt des Modells bildete die Erstellung einer neuen, geografischen Gebietseinteilung (ARE, 2017a). Das alte NPVM mit einem Basiszustand 2010 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, wurden geografisch trennende Elemente, die Schienen- und Strasseninfrastrukturen, stehende und fliessende Gewässer sowie die Bauzonen berücksichtigt. Es wurde sichergestellt, dass keine Zone über eine Gemeindegrenze hinausgeht und dass, basierend auf Hektardaten zu Bevölkerung und Arbeitsplätzen, die Verkehrszonen im Mittel etwa 1600 Einwohner/innen und Arbeitsplätze aufweisen. Insbesondere in den Städten ist das neue NPVM deutlich genauer geworden (siehe Abbildung3).

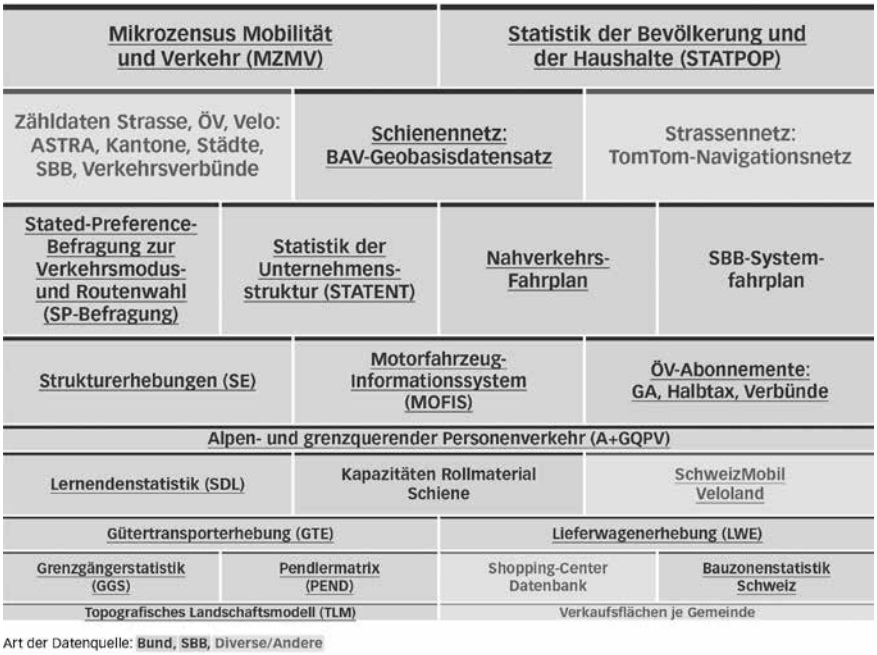
Abbildung 3: Anzahl der Verkehrszonen im alten und neuen NPVM

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

Das Ausland umfasst 710 Verkehrszonen. Die 13 Gemeinden Liechtensteins sowie die Enklaven Büsingen und Campione d'Italia werden als Teil des Schweizer Modellraums behandelt. Mit zunehmender Entfernung zur Schweiz nimmt die Grösse der Verkehrszonen zu, und der Detailgrad der Modellierung ab. Verkehrszonen in den Nachbarländern sind kleiner, 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. Aufgrund der engen verkehrlichen Verflechtung mit dem Ausland in den Agglomerationen Genf, Basel sowie im Tessin übernimmt das Modell dort die grenznahe Zonenstruktur aus den kantonalen Verkehrsmodellen. Interaktive Abbildungen zum Nachvollzug der Zonenstrukturen im In- und Ausland finden sich auf der Webseite zum Verkehrsmodell (www.are.admin.ch/npvm).

Für den Aufbau des NPVM wurden Daten der Bundesstatistik, von Kantonen, der SBB sowie weiterer, auch kommerzieller Quellen zusammengetragen. Die Daten liegen in der Regel nicht harmonisiert vor und erforderten eine Aufbereitung beispielsweise zur Sicherstellung der Routenfähigkeit im Schienen- und Strassennetz oder um Informationen zur Verfügbarkeit von Autos und ÖV-Abos schweizweit vergleichbar zu machen. Nachstehende Abbildung zeigt im Überblick die für das Modell beschafften und aufbereiteten Datenquellen.

Abbildung 4: Datenquellen NPVM

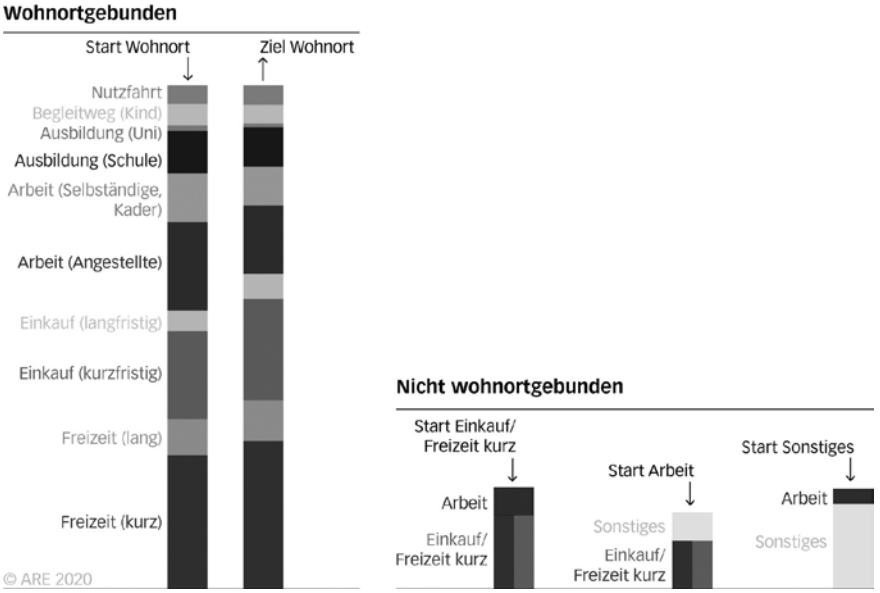


Das Basisjahr 2017 des Modells ist durch den verwendeten Datenstand der Statistik zur Bevölkerung und den Haushalten STATPOP gegeben. Eingang fanden zudem die Befragungsdaten zum Mobilitätsverhalten des Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV) (BFS/ARE, 2017) und der Stated-Preference (SP)-Befragung (ARE, 2017b), aus dem verfügbaren Erhebungsjahr 2015. Der MZMV liefert unter anderem Informationen zur Wahl von Verkehrsmitteln nach Fahrtzweck und Distanz, Anzahl Personen im Auto oder der Anzahl von Wegen, die wir täglich zum Einkaufen, Arbeiten oder in der Freizeit zurücklegen. Die SP-Befragung stellt Erkenntnisse zu den Präferenzen der Bevölkerung im Bereich der Wahl von Ver-

kehrsmitteln und Routen bereit. Die Befragten beantworten dazu hypothetische Situationen, ausgehend von einem Weg, den sie in der Vergangenheit tatsächlich zurückgelegt haben. Aus dem Wissen darüber, wie Menschen z.B. eine Zeitersparnis oder höhere Kosten beurteilen und welchen Einfluss dies auf die Wahl ihres Verkehrsmittels hat, lassen sich Parameter ableiten, die im NPVM berücksichtigt werden. Damit das Modell Verhaltensmuster aus den Befragungen bestmöglich reproduziert, wurden die Auswertungen des MZMV und der SP-Befragung nach den drei Raumtypen «städtisch», «intermediär», «ländlich» der Stadt/Land-Typologie des Bundesamts für Statistik durchgeführt (BFS, 2017). 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.

Auf Basis der Auswertung des MZMV erfolgte die Bestimmung von 26 Fahrtzweckbeziehungen, also z.B. Ortsveränderungen des Typs Wohnen–Arbeiten oder Einkaufen–Wohnen (siehe Abbildung5). Dazu werden die von Menschen täglich zurückgelegten Wegeketten für das Modell in einzelne Wege aufgeteilt und separat modelliert. Für jede der Fahrtzweckbeziehungen berechnet das NPVM die Verkehrsströme nach Verkehrsmitteln zwischen allen Verkehrszonen. Nachstehende Darstellung zeigt die Differenzierung in Fahrtzweckbeziehungen basierend auf einer Auswertung der Wege an Werktagen, also Montag bis Freitag. 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 NPVM in einer Gruppe zusammengefasst werden.

Abbildung 5: Anteil Wege nach Fahrtzweckbeziehungen

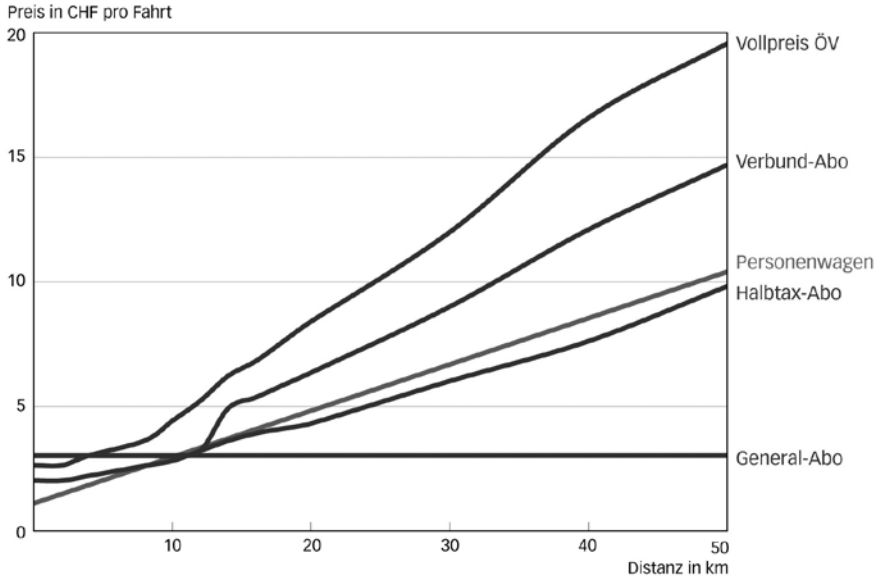


Für alle 26 Fahrtzweckbeziehungen wurde, unter Verwendung des MZMV und nach den oben genannten Raumtypen differenziert, ausgewertet, wie viele Wege täglich jede Personengruppe realisiert. Zählt man die Anzahl durchschnittlich zurückgelegter Wege nach Personengruppen und Fahrtzweckbeziehungen zusammen, 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, die im NPVM modelliert werden.

In einem Verkehrsmodell gehören neben der Reisezeit die Nutzerkosten für eine Fahrt im ÖV oder mit dem Auto zu den wichtigen Einflussgrössen. Diese Kosten sind, angesichts vielfältiger Angebote und Abonnemente im ÖV sowie der Frage, welche Kosten bei der alltäglichen Entscheidung zu Nutzung des Autos berücksichtigt werden, nicht einfach zu ermitteln. Im NPVM werden fixe, wiederkehrende Kosten wie Versicherung, Parken, Steuer und Vignette pauschal mit 1.5 Franken je Fahrt berücksichtigt. Zur Abschätzung der Kosten pro gefahrenem Kilometer wurden die Flottenzusammensetzung je Verkehrszone sowie die jährlich gefahrenen Kilometer analysiert. Zudem wurden 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 im Modell ein Kilometer im PW 27 Rappen. Für ÖV-Fahrten mit dem GA ist ein pauschaler Fixpreis von 3 Franken je Fahrt im Modell hinterlegt. Für die variablen Kosten berücksichtigt das NPVM neben dem Vollpreis den Einfluss von Halbtax-, General- oder Verbund-Abos. Für ÖV-Wege innerhalb von 23 Städten gelten die jeweils gültigen Fahrpreise der Tarifzonierung. Bei (langen) Wegen ist die Berechnung der Preise abhängig von der gefahrenen Distanz. Unter Einbezug der Verfügbarkeit von ÖV-Abonnementen in der Bevölkerung wurde ein mittlerer (gewichteter) ÖV-Kostensatz pro Verkehrszone berechnet. Abbildung6 zeigt die im NPVM verwendeten Nutzerkosten für ÖV und PW in Abhängigkeit von der Distanz.

Abbildung 6: Nutzerkosten im NPVM 2017



© ARE 2020

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.

Eine weitere wichtige Quelle zur Validierung und Kalibration des Modells stellen Zähldaten des Strassenverkehrs und des ÖV dar. Die Daten werden verwendet,

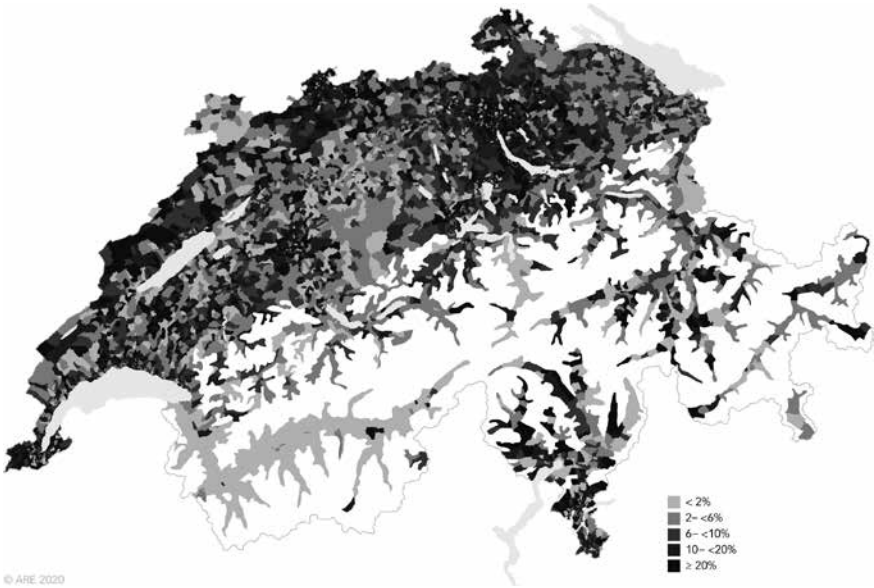
um das Modell an der beobachteten Anzahl an Fahrten zu eichen und die Abbildung der heutigen Verkehrssituation sicherzustellen. Verkehrsämter und ÖV-Unternehmen führen regelmässig Messungen und Zählungen durch. Die SBB stellten rund 700 Zählwerte, die Kantone und die Verkehrsverbünde rund 900 Zählwerte im ÖV (Bahn, Tram, Bus) zur Verfügung. Das ASTRA, die Kantone und Städte lieferten über 3900 Zählwerte für das Strassennetz. Generell konnte damit eine gute Abdeckung erreicht werden, obschon es im untergeordneten Strassennetz teilweise an Beobachtungswerten mangelte. So waren in einzelnen Regionen im ländlichen Raum nur wenige Zähldaten verfügbar, z.B. in den Kantonen Freiburg, Waadt, Wallis und Thurgau. Bei der Anwendung des NPVM empfiehlt es sich deshalb die Resultate in Räumen mit schwacher Abdeckung mit Zähldaten vorsichtig zu interpretieren. Bei lokalen Analysen sollte versucht werden, zusätzliche Zählwerte zu beschaffen, diese zu integrieren und das Modell je nach Situation neu zu eichen.

4 Synthetische Population als Basis der Verkehrserzeugung

Das NPVM basiert zur Berechnung der Anzahl Wege pro Verkehrszone auf einer sogenannten Synthetischen Population (SynPop) (ARE, 2019a). 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. Im Ergebnis liegt eine geo-codierte Datengrundlage von Personen und Haushalten vor. Für die Verwendung im NPVM wurden die Eigenschaften pro Verkehrszone genutzt. Die SynPop bildete somit die Basis zur Ableitung der über 100 verhaltenshomogenen Personengruppen. Die Erstellung der Daten ist dabei so aufgebaut, dass unter Einbezug von Bevölkerungs- und Wirtschaftsprognosen für die Zukunft z.B. eine SynPop 2050 erstellt werden kann.

Erstmals berücksichtigt das NPVM neben der Verbreitung von Generalabonnementen und Halbtax-Abos auch städtische und regionale ÖV-Abos, die die Schweizer Verkehrsverbünde zur Verfügung stellten. Um die Abo-Verfügbarkeit an die Personen der SynPop anspielen zu können wurde ein Entscheidungsmodell auf Basis des MZMV 2015 geschätzt (ARE, 2019b). Das Logit-Modell kombiniert die Verfügbarkeit von Autos und den Besitz von ÖV-Abonnementen in 10 Alternativen. In Abbildung7 ist beispielhaft aus der SynPop-Datenbank die Verbreitung von ÖV-Verbund-Abos in der Schweizer Bevölkerung je Verkehrszone gezeigt.

Abbildung 7: Einwohner/innen mit ÖV-Verbund-Abo



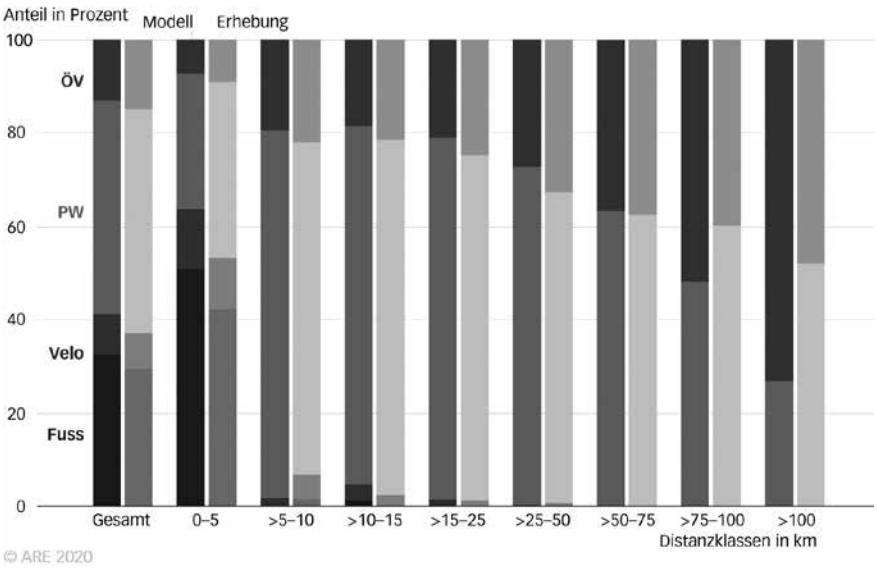
5 Validierung und Kalibration des NPVM

Zur Sicherstellung einer hohen Modellqualität ist es zentral, dass die Eigenschaften des NPVM mit dem MZMV sowie mit den Zähldaten für Strasse und ÖV übereinstimmen. 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. Dabei werden die Verhaltensparameter des Modells eingestellt, so dass die Gesetzmässigkeiten des MZMV, z.B. die Reiseweitenverteilungen einzelner Fahrtzwecke, bestmöglich reproduziert werden. Gleichzeitig wurde auf eine generelle Übereinstimmung zu den Zähldaten geachtet. Da die vorhandenen Daten (MZMV, Zähldaten) nicht harmonisiert sind, mussten Kompromisse eingegangen werden. Zudem basieren makroskopische Verkehrsmodelle wie das NPVM auf Vereinfachungen und Mittelwerten und können lokale Eigenheiten im Mobilitätsverhalten nur bedingt abbilden. Zu Gunsten einer besseren Annäherung an die Zähldaten wurden geringfügige und begründete Abweichungen zum MZMV im NPVM akzeptiert. In wenigen Fällen wurde das Modell mit zusätzlichen Parametern ausgestattet, z.B. um die Verkehrsmittelwahl innerhalb der Städte Zürich, Bern und Basel

sowie die Anzahl der Wege zwischen den drei Städten an die Zähldaten anzunähern. Auf eine zu starke Anpassung des Modells zur Abbildung lokaler Eigenheiten wurde aber bewusst verzichtet, um die Aussagekraft des Modells für Prognosen zu erhalten.

Ein wichtiger Indikator der Validierung ist der distanzabhängige Modal-Split. Dabei wird überprüft, ob sowohl die Länge der Wege wie der Mix an genutzten Verkehrsmitteln zwischen dem Modell und der Erhebung übereinstimmen. Nachstehende Abbildung8 zeigt den Vergleich zwischen NPVM und MZMV.

Abbildung 8: Verkehrsmittelwahl (bezogen auf die Wege) nach Distanz-klassen



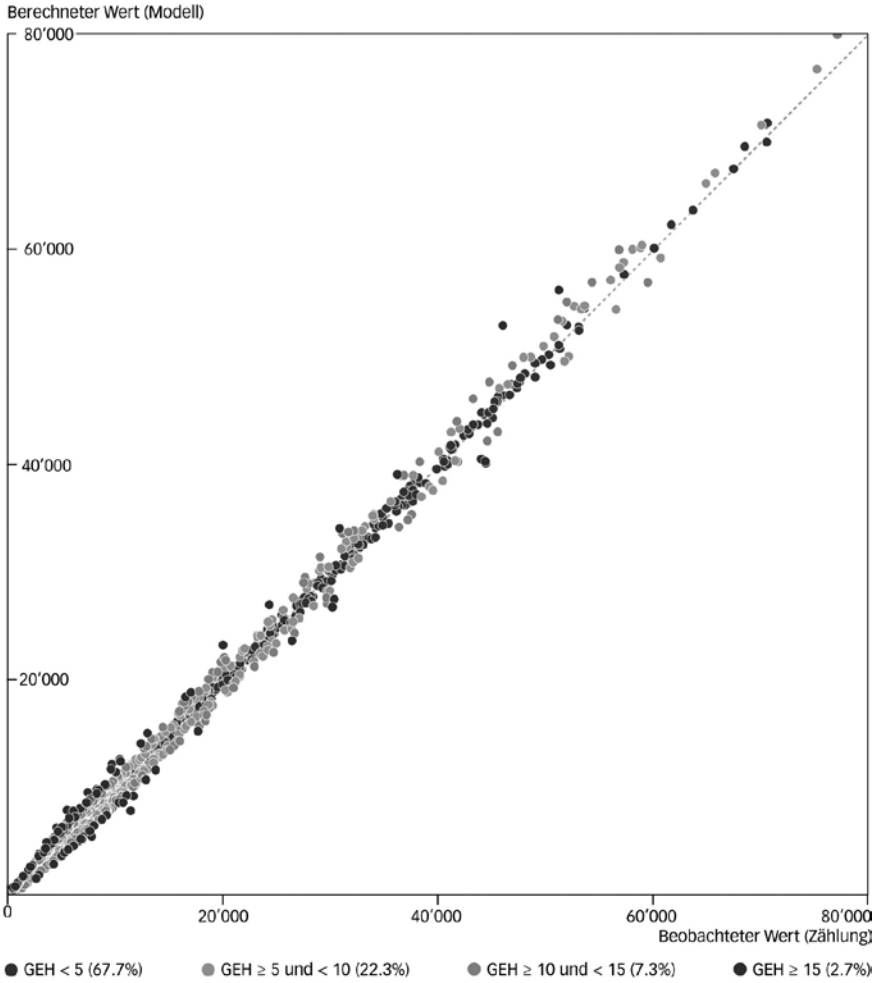
Über alle Distanzklassen hinweg bestehen Abweichungen von 1.8 Prozentpunkten weniger ÖV und von 2.2 Prozentpunkten weniger PW im NPVM als im MZMV. Diese Abweichungen wurden bewusst toleriert, da bei einer strikten Orientierung des Modells an der Modal-Split-Vorgabe des MZMV die Zähldaten nur unzureichend getroffen wurden. Eine sichtbare Abweichung besteht zudem bei kurzen Wegen mit dem PW. Auch hier wurden zu Gunsten einer besseren Übereinstimmung mit Zähldaten tendenziell weniger PW-Wege bis 5 km und somit durchschnittlich längere PW-Wege im NPVM erzeugt. Im ÖV wurde 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 stellten die SBB zuverlässige Informationen bereit, welche auf eine deutlich höhere Anzahl von langen ÖV-Wegen hinwiesen.

Für die Anwender ist wichtig, dass ein Modell die beobachteten Verkehrsbelastungen, also die Zähldaten auf Strassen und im ÖV, wiedergibt. Eine Anpassung des Modells auf die Zähldaten bleibt trotz der oben genannten Korrekturen in bzw. zwischen den Städten notwendig. Über die Kalibration des Modells auf die Zähldaten werden verbleibende Abweichungen weitestgehend reduziert. Dabei achteten die Modellersteller darauf, dass die erreichten Übereinstimmungen mit dem MZMV betreffend der Anzahl Wege, der Verkehrsmittelwahl und der Verteilungen von Reiseweiten erhalten blieben.

Abbildung9 zeigt den Vergleich zwischen Modellergebnis an Strassenquerschnitten (Y-Achse mit der modellierten Anzahl aller Fahrzeuge, d.h. Personenwagen und Fahrzeuge des Strassengüterverkehrs) mit der an dieser Stelle gezählten Anzahl an Fahrzeugen (X-Achse mit der beobachteten Anzahl aller Fahrzeuge) nach der Kalibration auf die Zähldaten. Basierend auf dieser Gegenüberstellung können Indikatoren zur Qualität des Modells berechnet werden. Insgesamt konnte mit GEH-Werten < 10 für 90% aller Vergleichspunkte eine sehr gute Annäherung des Modells an die Zählwerte erreicht werden.

Abbildung 9: Vergleich NPVM mit Zählwerten, alle Fahrzeuge, werktags



© ARE 2020

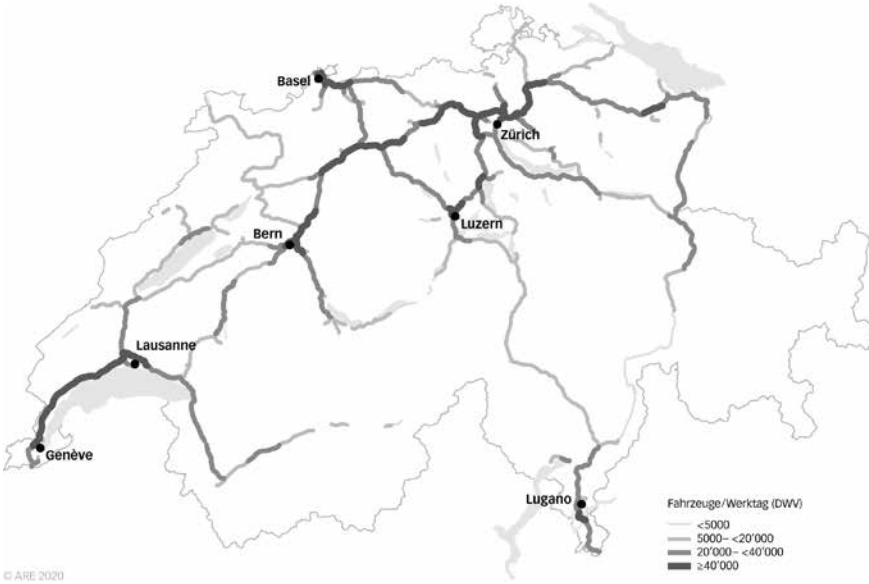
Lesebeispiel: Liegt ein Punkt genau auf der 45-Grad-Linie, dann sagt das Modell genau den Wert voraus, der bei der Zählstelle gemessen wurde. Ein Punkt oberhalb der Linie bedeutet, dass das Modell den beobachteten Wert überschätzt, ein Punkt unterhalb der Linie, dass das Modell den beobachteten Wert unterschätzt. Der GEH-Wert (benannt nach Geoffrey E. Havers) ist ein Gütemass zur Bewertung der Übereinstimmung des Modells mit der Realität.

6 Ergebnisse und Datenzugang

Mit dem vorliegenden NPVM 2017 stehen Modellversionen verschiedener Zustände zur Verfügung, welche die 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) ausweisen. Resultate wie die Anzahl Wege, die zurückgelegten Personenkilometer und der Modal-Split nach Gebietseinheiten (national, kantonal, Gemeinden) können nach einem Modelldurchlauf in VISUM automatisiert erstellt werden.

Exemplarisch sind in Abbildung10 für das übergeordnete Strassennetz der Autobahnen und –strassen die modellierten Belastungen im Jahr 2017 als Karte 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.

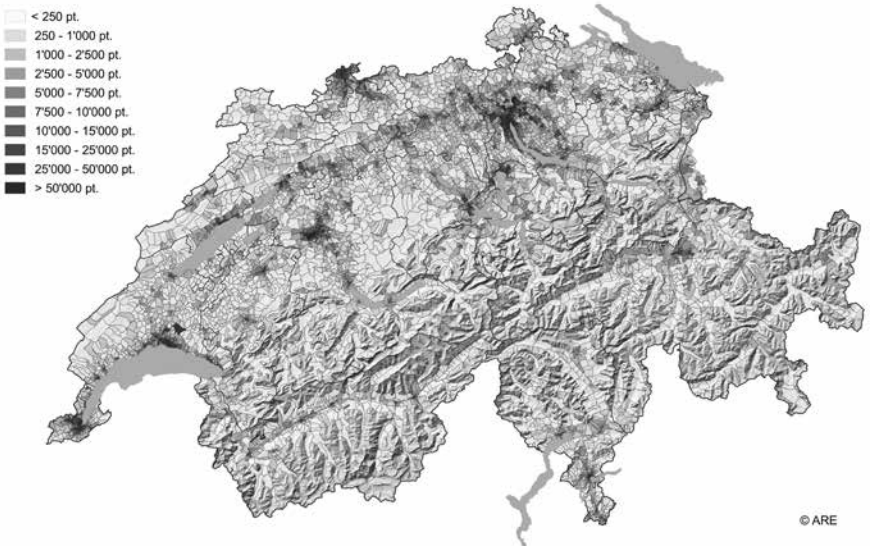
Abbildung 10: Verkehrsaufkommen auf den Autobahnen und -strassen



Die Belastungswerte der vollständigen Netze, jeweils für Strasse und Schiene, sind auf dem Geoportal des Bundes als Karten publiziert (https://map.are.admin.ch). Dort finden sich weitere Karten mit zusätzlichen Informationen und der Möglichkeit,

Gebiete genauer zu betrachten. Abbildung11 zeigt die Erreichbarkeit (gemessen in Punkten, pt.) mit dem ÖV in Abhängigkeit von Reisezeit und Potenzial (Einwohner/innen und Arbeitsplätze) am Ziel.

Abbildung 11: Erreichbarkeit im ÖV



Quellen: INFOPLAN-ARE, Nationales Personenverkehrsmodell (NPVM) des UVEK, swisstopo

Bestimmung der Punktanzahl zur Berechnung der Erreichbarkeit

Erreichbarkeit E_i je Verkehrszone i im ÖV in Abhängigkeit der ÖV-Reisezeiten von allen Verkehrszonen j in der Schweiz zur Verkehrszone i sowie die Anzahl A_j von in der Verkehrszone j vorhandenen Einwohnern & Arbeitsplätzen.

Formel: $E_i = \sum_j (A_j \times exp^{(-0.2 \times Reisezeit_{ij})})$

E_i = Erreichbarkeit je Verkehrszone i im ÖV.
A_j = Anzahl Einwohner & Arbeitsplätze in Zone *j*.
$Reisezeit_{ij}$ = Reisezeit im ÖV (= Zu- und Abgangszeit + Beförderungszeit) von Zone *i* zu Zone *j*.

Nutzern und Interessierten stehen eine Reihe von Informationen aus dem NPVM sowie die Modellversionen selbst zur Verfügung. Auf der Open-Data-Plattform Zenodo stehen Grundlagen zum Download bereit (Link:

https://doi.org/10.5281/zenodo.3379492). Vorhanden sind die Modellversionen aller Zustände, Netzbelastungen und die Verkehrszonierung als Geodaten, Fahrtenmatrizen sowie Reisezeit- und Distanzmatrizen. Auf der Daten-Plattform FORSbase können die Strukturdaten (basierend auf einer Aggregation der SynPop zu den Verkehrszonen) sowie das Nachfragemodell bezogen werden. Um diese Grundlagen zu erhalten, muss eine Registrierung erfolgen und ein Nutzungsvertrag akzeptiert werden (Link: https://forsbase.unil.ch/project/study-public-overview/16340/0/). Die geo-codierte SynPop wird aus Gründen des Datenschutzes nicht abgegeben.

7 Ausblick

Das NPVM steht als Arbeitsinstrument im Bereich der Verkehrs- und Raumplanung allen Interessierten zur Verfügung. Das ARE setzt das neue Modell 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. Auch diese Resultate werden Verkehrs- und Raumplanerinnen und -planern sowie Forschungsinstitutionen und Beratungsbüros als Open Data zur Verfügung gestellt, dazu auch die Modelle für weitergehende Auswertungen. Die Publikation ist für Herbst 2021 geplant.

Bereits mit Fertigstellung des Modells kommt die Frage auf, ob und wann das Modell aktualisiert werden soll. Die grundlegenden Modellstrukturen wie die Differenzierung in Fahrtzweckbeziehungen und die räumliche Unterteilung in 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 zur Verfügung stehen (voraussichtlich erst in 2023 aufgrund der COVID-19-Pandemie in 2020). Sobald sich neue Angebotsformen wie z.B. geteilte Fahrzeuge und Fahrten im Verkehrssystem etablieren, steigt zudem 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.

Zudem können angestrebte methodische Verbesserungen eine Überarbeitung auslösen. In diesem Zusammenhang spielen auch Fortschritte im Bereich der IT- und Softwareentwicklung eine wichtige Rolle. Leistungsstärkere Computer und Verbesserungen der Software erlauben, Resultate schneller zu berechnen, und detailliertere Modellierungen z.B. von Kreuzungen im Strassennetz, der Auslastung der Kapazitäten im ÖV oder der Zugangswege vom Haus bzw. Parkplatz zur Strasse oder Bushaltestelle basierend auf Adress- oder Hektardaten werden möglich. Mit der Etablierung des NPVM in der Schweizer Planungslandschaft wird es

zudem wichtig sein, die Erfahrungen der Anwender zu berücksichtigen, wenn es um die Priorisierung der kommenden Weiterentwicklungen des Modells geht.

Literaturverzeichnis

Lohse & Schnabel (2011). Grundlagen der Strassenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung: Band 2 Verkehrsplanung.

ARE (2017a). Zonenstruktur und Verkehrsnetze. Schlussbericht der EBP Schweiz AG im Auftrag des ARE. https://www.are.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/grundlagen/npvm-2016--zonenstruktur-und-verkehrsnetze.html oder www.are.admin.ch/npvm → Dokumente

ARE (2017b). Analyse der SP-Befragung 2015 zur Verkehrsmodus- und Routenwahl. Schlussbericht der TransOptima GmbH und des Instituts für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETH Zürich. https://www.are.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/grundlagen/analyse-der-sp-befragung-2015-zur-verkehrsmodus-und-routenwahl.html oder www.are.admin.ch/statedpreference → Dokumente

ARE (2019a). Synthetische Population 2017: Modellierung in FaLC. Schlussbericht der Strittmatter Partner AG und Datatools GmbH im Auftrag des ARE. https://www.are.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/grundlagen/synthetische-population-2017.html oder www.are.admin.ch/flnm → Dokumente

ARE (2019b). Modèle de choix des ressources de mobilité, Description du modèle utilisé pour la génération de la population synthétique. https://www.are.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/grundlagen/modele-de-choix-des-ressources-de-mobilite.html **Fehler! Linkreferenz ungültig.**oder www.are.admin.ch → Medien und Publikationen → Grundlagen

ARE (2020). Modelletablierung Nationales Personenverkehrsmodell (NPVM) 2017. TransOptima GmbH, PTV AG & PTV Transport Consult GmbH, TransSol GmbH & Strittmatter Partner AG im Auftrag des ARE. https://www.are.admin.ch/are/de/home/medien-und-publikationen/publikationen/grundlagen/modelletablierung-nationales-personenverkehrsmodell-npvm-2017-schlussbericht.html oder www.are.admin.ch/npvm → Dokumente

BFS & ARE (2017). Verkehrsverhalten der Bevölkerung. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015, Neuchâtel und Bern. www.are.admin.ch/mzmv → Dokumente

BFS (2017). Gemeindetypologie und Stadt/Land-Typologie 2012. https://www.bfs.admin.ch/bfsstatic/dam/assets/2543323/master

Autorenverzeichnis

Arnold Luca; Leiter Regulation und Internationales
SBB AG
Hilfikerstrasse 1
3000 Bern 65
luca.arnold@sbb.ch

Danalet Antonin, Dr.
Bundesamt für Raumentwicklung
Sektion Grundlagen
Co-Leiter Verkehrsmodellierung
Worblentalstrasse 66
3063 Ittigen
antonin.danalet@are.admin.ch

Eberhardt Stephan
Oberer Saltinadamm 64
3902 Brig-Glis
stephan.eberhardt@bluewin.ch

Egger Thomas, Direktor, Leiter Aktionsgruppe 5 von EUSALP
Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für die Berggebiete SAB
Seilerstr. 4, Postfach 2959
3001 Bern

Greinus Anne, Dr.
INFRAS AG
Binzstrasse 23
8045 Zürich
anne.greinus@infras.ch

Heugel Anna, Wissenschaftliche Mitarbeiterin,
Institut für Geographie
Friedrich-Alexander-Universität
Wetterkreuz 15
DE-91058 Erlangen

Justen Andreas, Dr.
Bundesamt für Raumentwicklung
Sektion Grundlagen
Co-Leiter Verkehrsmodellierung
Worblentalstrasse 66
3063 Ittigen
andreas.justen@are.admin.ch

Lieb Christoph
Ecoplan AG
Monbijoustrasse 14
3011 Bern
lieb@ecoplan.ch

Linden Erik, Wissenschaftlicher Mitarbeiter
CFAC-HSG
Dufourstrasse 40a
9000 St. Gallen
erik.linden@unisg.ch

Mathys Nicole A., Prof. Dr.
Bundesamt für Raumentwicklung
Sektion Grundlagen
Sektionschefin
Worblentalstrasse 66
3063 Ittigen
nicole.mathys@are.admin.ch

Metz Kurt, lic.ès sc.pol.
Mobilität.Logistik.Tourismus
Kirchrain 8
6016 Hellbühl LU
mail@kurtmetz.ch

Niederer Peter, Vizedirektor, Koordinator des Projektes Crossborder
Schweizerische Arbeitsgemeinschaft für die Berggebiete SAB
Seilerstr. 4, Postfach 2959
3001 Bern
peter.niederer@sab.ch

Schneeberger Paul, Dr. phil., MAS Raumplanung ETH
Schweizerischer Städteverband
Monbijoustrasse 8
Postfach
3001 Bern
p.schnee@bluewin.ch

Setz Matthias
Ecoplan AG
Monbijoustrasse 14
3011 Bern
setz@ecoplan.ch

Suter Stefan
Ecoplan AG
Monbijoustrasse 14
3011 Bern
suter@ecoplan.ch

Sutter Daniel
INFRAS AG
Binzstrasse 23
8045 Zürich
daniel.sutter@infras.ch

Utz Simone; Fachexpertin Regulation und Internationales
SBB AG
Hilfikerstrasse 1
3000 Bern 65
simone.utz@sbb.ch

Wittmer Andreas, Dr.
CFAC-HSG
Dufourstrasse 40a
9000 St. Gallen
andreas.wittmer@unisg.ch