

Synthetische Population 2017

Modellierung mit dem Flächennutzungsmodell FaLC

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)
Schweizerische Bundesbahnen (SBB)

Auftragnehmer

Strittmatter Partner AG

Balz Bodenmann (Projektleitung)
Pascal Bürki
Camilla Philipp
Nadja Bernhard

Datatoools GmbH

Kirill Müller

Projektbegleitung ARE

Andreas Justen (Co-Projektleitung)
Antonin Danalet
Nicole Mathys

Projektbegleitung SBB

Wolfgang Scherr (Co-Projektleitung)
Denis Métrailler
Nathalie Frischknecht

Produktion

Rudolf Menzi, Leiter Kommunikation ARE

Zitierweise

Bodenmann B., P. Bürki, C. Philipp, N. Bernhard, K. Müller (2019), Synthetische Population 2017 – Modellierung mit dem Flächennutzungsmodell FaLC, im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung ARE und der Schweizerischen Bundesbahnen SBB, Bern.

Bezugsquelle

www.are.admin.ch

Inhalt

Zusammenfassung / Résumé / Sintesi	4-6
1 Ausgangslage und Bezugsjahr	7
1.1 Genereller Ablauf & Mittelung der Ergebnisse.....	8
1.2 Überblick zur Implementierung in FaLC	9
1.3 Modellperimeter und Zonierung	11
1.4 Definition der Wohnbevölkerung.....	12
2 Methodik zur Generierung der SynPop.....	13
2.1 Einlesen der BFS-Daten	13
2.2 Sprache.....	15
2.3 Ausbildung	17
2.4 Erwerbstätigkeit und Stellung im Beruf.....	20
2.5 Dauer der Erwerbstätigkeit	25
2.6 Branche.....	27
2.7 Beschäftigungsgrad	28
2.8 Zuordnung Arbeitnehmer – Arbeitsplatz.....	31
2.9 Qualifikation Erwerbstätigkeit.....	35
2.10 Schüler und Studenten am Wohnort.....	39
2.11 Schultypen, Schüler und Studenten am Schulort	42
2.12 Einkommen	45
2.13 Mobilitätswerkzeuge	64
2.14 Wohneigentum	74
2.15 Korrektur von Sammelkoordinaten	75
3 Zusammenfassung und Weiterentwicklung	76
4 Produkte und Datenbezug.....	78
5 Literatur.....	79
Anhang	85

Anhang

A FaLC Tabellen zur Synthetischen Population	86
--	----

Zusammenfassung

Neu zur Verfügung stehende Daten und der Bedarf für die Verkehrsmodelle des ARE und der SBB detaillierte, aktuelle und zwischen den Modellen harmonisierte Grundlagen bereitzustellen, begründen die Neuerstellung der für 2014 erstmals erstellten Synthetischen Population (SynPop). Eine SynPop beschreibt einen georeferenzierten Datensatz der Bevölkerung und Haushalte, der vielfache demografische und sozioökonomische Attribute vorhält (z.B. Alter, Geschlecht, Bildungsstand, Nationalität, Einkommen, Verfügbarkeit von Mobilitätswerkzeugen wie ÖV-Abonnemente und Personenwagen). Ein solcher Datensatz muss unter Anwendung statistischer Verfahren aus verschiedenen Datenquellen erstellt werden, da keine öffentliche Statistik eine derart detaillierte Beschreibung der Personen und Haushalte bereitstellt. Neben neu verfügbaren Datengrundlagen wurden im Projekt methodische Weiterentwicklungen vollzogen und die Validierung von Methoden und Ergebnissen erweitert. Mit den Ergebnissen werden verschiedene Bedürfnisse der beiden Auftraggeber ARE und SBB adressiert: Bereitstellung einer geokodierten SynPop mit Stand 2017 von Personen, Haushalten und Unternehmen zur Verwendung im agentenbasierten Verkehrsmodell «SIMBA MOBi» der SBB sowie im Flächennutzungsmodell FaLC, welches vom ARE für Fragen der Raumentwicklung eingesetzt wird. Des Weiteren war aus der SynPop eine aggregierte Tabelle mit verhaltenshomogenen Personengruppen zur Verwendung im Nationalen Personenverkehrsmodell (NPVM) abzuleiten.

Die SynPop wird über mehrere Schritte erstellt. Dabei werden in einem ersten Schritt die Originaldaten des Bundesamtes für Statistik (BFS, STATPOP und STATENT) eingelesen. Diese Basistabellen umfassen die geokodierten Personen, Haushalte und Arbeitsplätze inkl. der in der öffentlichen Statistik verfügbaren Attribute (Alter, Geschlecht, Haushaltsgrösse, Anzahl Beschäftigte und Vollzeitäquivalente). Anschliessend werden die Personen, Haushalte und Unternehmen über Simulationsverfahren mit weiteren Informationen angereichert, dies sind: Sprache und Ausbildung der Personen; Umfang Erwerbstätigkeit, Qualifikation und Unternehmenssektor; Zuordnung der Arbeitnehmer zu Arbeitsplätzen; Ausbildungsstatus (Schüler und Studenten); Einkommen (Personen und Haushalte); Besitz von Mobilitätswerkzeugen (GA, Halbtax, Verbundabonnemente, Personenwagen); Wohnungsbesitz bzw. Mieter.

Die Verfahren zur Ergänzung der Attribute an die Personen, in der Regel Monte-Carlo-Simulationen, basieren in der Regel auf empirischen und statistischen Wahrscheinlichkeiten. Die hierfür typischen, statistischen Verhaltensmodelle erreichten oft nur tiefe Bestimmtheitsmasse. Entsprechend waren die Simulationsergebnisse bzw. Einstellungen der Monte-Carlo-Simulationen zu justieren, um externe Vorgaben, z.B. zum mittleren Einkommen je Gemeinde oder der Anzahl an Personenwagen je Verkehrszone, zu reproduzieren.

Im Ergebnis liegt eine detaillierte SynPop mit Zustand 2017 für die Verwendung in den Modellen der Verkehrs- und Flächennutzung vor. Die Attribute der SynPop sind im Anhang A des Berichts beschrieben, die Produkte sowie deren Bezug durch Externe ist in Kapitel 4 definiert.

Résumé

Comme de nouvelles données sont disponibles et que les modèles de transports de l'ARE et des CFF nécessitent que soient préparées des bases plus détaillées, actuelles et harmonisées entre les modèles, une refonte de la « population synthétique » (SynPop) utilisée, établie pour la première fois en 2014, s'est imposée. Une SynPop désigne un ensemble de données géoréférencées de population et de ménages présentant des attributs démographiques et socio-économiques divers (p. ex. âge, sexe, niveau de formation, nationalité, revenu, ressources de mobilité tels qu'abonnements TP ou voitures particulières à disposition). Un tel ensemble de données doit être constitué par des procédés statistiques appliqués à différentes sources de données car aucune statistique publique ne propose une description aussi détaillée des personnes et des ménages. Outre l'utilisation de nouvelles bases de données disponibles, le projet a inclus l'application de développements méthodologiques et a élargi le champ des méthodes et des résultats validés. Les résultats répondent à différents besoins des deux mandants, l'ARE et les CFF : mise à disposition d'une SynPop géocodée de 2017 incluant des personnes, des ménages et des entreprises, à utiliser dans le modèle des transports multi-agents des CFF « SIMBA MOBI » et dans le modèle FaLC d'utilisation des surfaces que l'ARE utilise pour les questions liées au développement territorial. De plus, la SynPop a permis de dresser un tableau agrégé de groupes de personnes à utiliser dans le Modèle national de trafic voyageurs (MNTP).

La SynPop est créée en plusieurs étapes. Tout d'abord, les données originales de l'Office fédéral de la statistique (OFS, STATPOP et STATENT) sont intégrées. Ces tableaux initiaux comprennent des références géocodées de personnes, de ménages et d'emplois, assorties des attributs disponibles dans la statistique officielle (âge, sexe, taille du ménage, nombre de personnes employées et d'équivalents plein temps). Ensuite, des procédés de simulation ajoutent des informations aux données relatives aux personnes, aux ménages et aux entreprises : langue et formation ; volume de l'activité lucrative, qualification et secteur de l'entreprise ; attribution des personnes employées aux emplois correspondants ; avancement de la formation (élèves et étudiantes) ; revenu (personnes et ménages) ; possession des ressources de mobilité (AG, demi-tarif, abonnement de communauté, voiture particulière) ; propriétaire ou locataire du logement.

Les procédés visant à compléter les attributs des personnes, en règle générale par simulation selon la méthode de Monte-Carlo, reposent fréquemment sur des probabilités empiriques ou statistiques. Les modèles de comportement statistiques typiques pour ces cas n'atteignent souvent qu'un degré de précision faible. En conséquence, les résultats obtenus par simulation et les paramétrages des simulations de Monte-Carlo ont dû être ajustés afin de reproduire des conditions extérieures, relatives par exemple au revenu moyen par commune ou au nombre de voitures particulières par zone de trafic.

Au final, la SynPop détaillée de l'année 2017 est disponible pour les modèles de transports et le modèle d'utilisation des surfaces. Les attributs compris dans la SynPop sont décrits à l'annexe A du rapport tandis que les produits et les modalités auxquelles les externes peuvent se les procurer sont définis au chapitre 4.

Sintesi

I nuovi dati disponibili e l'esigenza di disporre di basi dettagliate, aggiornate e armonizzate tra loro per i modelli di traffico di ARE e FFS, giustificano l'aggiornamento della popolazione sintetica (SynPop), creata per la prima volta per il 2014. Una SynPop descrive una serie di dati georeferenziati della popolazione e delle economie domestiche con molteplici variabili demografiche e socio-economiche (ad es. età, sesso, livello di istruzione, nazionalità, reddito, disponibilità di strumenti di mobilità quali abbonamenti ai trasporti pubblici e automobili). Una tale serie di dati deve essere allestita utilizzando metodi statistici provenienti da diverse fonti di dati, poiché nessuna statistica pubblica fornisce da sola una descrizione così dettagliata delle persone e delle economie domestiche. Oltre alle nuove basi di dati disponibili, è stata sviluppata ulteriormente la metodologia applicata al progetto e ampliata la convalida di metodi e risultati. I risultati rispondono alle diverse esigenze dei due committenti ARE e FFS: fornitura di una SynPop geocodificata (stato 2017) di persone, economie domestiche e imprese da utilizzare nel modello di traffico basato su agenti «SIMBA MOBi» delle FFS e nel modello per l'utilizzazione delle superfici FaLC, applicato dall'ARE nell'ambito dello sviluppo del territorio. Inoltre, la SynPop doveva consentire di estrapolare una tabella aggregata, con gruppi di persone con omogeneità comportamentale, da utilizzare nel Modello del traffico viaggiatori a livello nazionale (MTVN).

La SynPop viene creata in diverse fasi. In una prima fase si importano i dati originali dell'Ufficio federale di statistica (UST, STATPOP e STATENT). Queste tabelle di base comprendono dati di persone, economie domestiche e posti di lavoro geocodificati, comprese le variabili disponibili nelle statistiche pubbliche (età, sesso, dimensione dell'economia domestica, numero di occupati ed equivalenti a tempo pieno). Successivamente, con l'ausilio di procedure di simulazione, i dati relativi alle persone, alle economie domestiche e alle imprese vengono arricchiti con ulteriori informazioni, quali lingua e formazione delle persone, grado di occupazione, qualifica e settore di attività dell'impresa; attribuzione dipendente-posto di lavoro; stato di formazione (alunni e studenti); reddito (persone ed economie domestiche); possesso di strumenti di mobilità (AG, metà-prezzo, abbonamenti regionali, automobili); proprietà immobiliare o locazione.

Le procedure per integrare le variabili delle persone, solitamente simulazioni Monte Carlo, spesso si basano su probabilità empiriche e statistiche. I modelli statistici di comportamento classici previsti riuscivano perlopiù a raggiungere solo un basso coefficiente di determinazione. Di conseguenza, era necessario adattare i risultati delle simulazioni e le impostazioni delle simulazioni Monte Carlo per riprodurre le condizioni esterne, ad esempio in relazione al reddito medio per Comune o al numero di automobili per zona di traffico.

Il risultato è una SynPop dettagliata (stato 2017), da utilizzare nell'ambito dei modelli di traffico e dei modelli per l'utilizzazione delle superfici. Le variabili della SynPop sono descritte nell'allegato A del rapporto, i prodotti e le opzioni di acquisto per esterni sono definiti al capitolo 4.

1 Ausgangslage und Bezugsjahr

Im Rahmen des Projekts „Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl“ wurde die dem Flächennutzungsmodell Facility Location Choice Simulation Tool (FaLC) zu Grunde liegende Synthetische Population (SynPop) auf einen Stand 2014 hin erstellt und inhaltlich erweitert (ARE, 2017a). Die Erweiterungen umfassten unter anderem Informationen zum Bildungsstand, dem Einkommen und zur Verfügung stehender Mobilitätswerkzeuge. Die SynPop bildet in FaLC die Grundlage zur Modellierung der Standortwahl von Personen, Haushalten und Unternehmen und sollte daher für Anwendungen auf einem möglichst aktuellen Stand basieren.

Zwischen 2017 und 2019 erneuert das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) das nationale Personenverkehrsmodell (NPVM). Diese Neuerungen beinhalten eine stärkere Segmentierung der Verkehrsnachfrage in ausdifferenzierte verhaltenshomogene Personengruppen (VHG). Die VHG sollen direkt aus der SynPop ableitbar sein. Dazu muss die SynPop die notwendigen Variablen (z.B. Einwohner nach Alter und Besitz von Mobilitätswerkzeugen) in hoher Qualität vorhalten, so dass über die Aggregation auf die im NPVM vorgesehene Differenzierung der Nachfrage valide Grundlagen für die Verkehrsmodellierung bereitstehen.

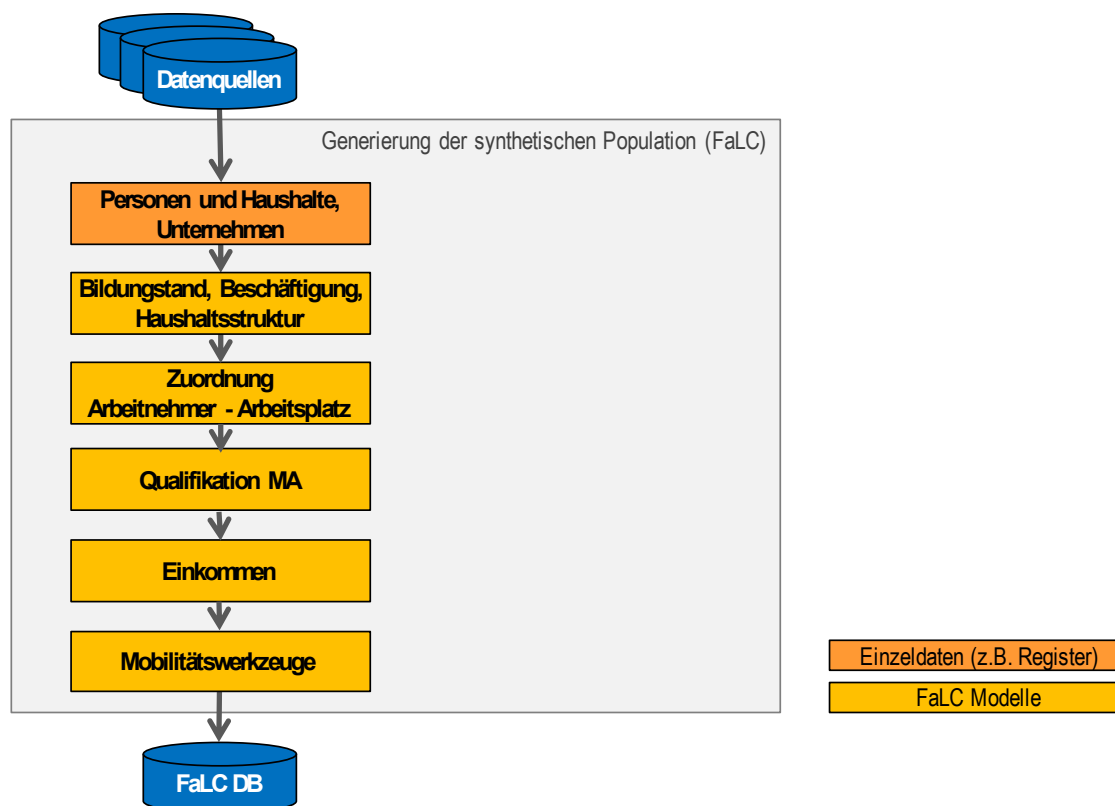
Die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) arbeiten seit 2017 mit einem mikroskopischen Verkehrsmodell der Schweiz (SIMBA MOBi), welches auf der Software MATSim basiert (vgl. Scherr et al. 2018, 2019). Für die Etablierung und Weiterentwicklung der Modell-Landschaft lässt die SBB zusammen mit dem ARE in diesem Projekt die SynPop erstellen.

Neu zur Verfügung stehende Daten und der Bedarf für das Flächennutzungsmodell und die Verkehrsmodelle einen Stand 2017 zu verwenden, begründen die Notwendigkeit einer aktualisierten SynPop. Die neu verfügbaren Daten sollen zudem die Qualität der abgebildeten Attribute erhöhen. Angesichts der sehr umfassenden Datengrundlagen, die in die Erstellung einer SynPop eingehen, ist es nicht möglich alle Inputgrößen mit gleichem Bezugsjahr zur Verfügung zu stellen. Bereits die zentralen Grundlagen von STATPOP und STATENT werden vom BFS nicht mit gleichen Zeitzuständen publiziert (die STAENT-Daten mit 1-jähriger Verzögerung); Datenbanken zum Besitz von Mobilitätswerkzeugen weisen eine hohe zeitliche Heterogenität aus und lagen im Projekt für einen Zeitraum 2015-2017 vor. Zudem ergaben sich während des Projektverlaufs Datenaktualisierungen, die nach Möglichkeit berücksichtigt wurden. Entsprechend basiert der Erstellungsprozess, der in diesem Bericht dokumentiert ist, auf Daten mit Stand 2016 und früher, teilweise konnten Hochrechnungen von 2016 auf 2017 vorgenommen werden, mitunter waren effektiv Grundlagen für 2017 verfügbar. Da mit der STATPOP 2017 die zentrale Datenbasis auf das Jahr 2017 referenziert ist, wird im Folgenden von einer SynPop 2017 gesprochen. Dies, obwohl andere Grundlagen, wie z.B. STATENT oder die Parameter zur Modellierung der Einkommen und der Mobilitätswerkzeuge einen Stand 2016 bzw. 2015 ausweisen. Im Projektbericht variieren die Angaben entsprechend zwischen den Bezugsjahren. Des Weiteren ist es empfehlenswert für das Verständnis der nachfolgenden, stark methodisch ausgerichteten Ausführungen, die Grundlagen gemäss des Berichts „Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl“ (ARE, 2017a) ebenfalls heranzuziehen.

1.1 Genereller Ablauf & Mittelung der Ergebnisse

Die Erstellung einer SynPop im Flächennutzungsmodell FaLC erfolgt über mehrere Schritte. Dabei werden in einem ersten Schritt die Originaldaten des BFS (STATPOP und STATENT) eingelesen. Diese Registerdaten umfassen die geokodierten Personen, Haushalte und Unternehmen inkl. der in der öffentlichen Statistik verfügbaren Attribute (z.B. Alter, Geschlecht, Haushaltsgrösse bzw. Anzahl Beschäftigte und Vollzeitäquivalente). Für eine SynPop bilden die Einzeldaten aus den entsprechenden Registern die Ausgangslage, werden eingelesen und zu Beginn mit Angaben zu Bildungsstand, Beschäftigung und Haushaltsstruktur aus den Strukturhebungen des BFS angereichert.¹ Anschliessend, und basierend auf den entsprechend erweiterten Daten, werden weitere Attribute (z.B. Einkommen und Mobilitätswerkzeugbesitz) simuliert. Nachstehende Abbildung 1 zeigt den generellen Ablauf.

Abb. 1 Ablauf SynPop (vereinfacht)



¹ Dieser erste Teil der SynPop erfolgte in den bisherigen FaLC-Versionen mit einem durch das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme der ETH Zürich (IVT) erstellten R-Skript. Dieses Skript wurde durch die Datatools GmbH im Projekt und auf der Basis von R weiterentwickelt. Zwischenzeitlich wurden das bis dato externe R-Skript bzw. die damit verbundenen Funktionalitäten direkt in FaLC implementiert und Anpassungen vorgenommen. In nachfolgenden Abbildungen wird mitunter der Abgleich zwischen Ergebnissen auf Basis von FaLC alt (Output aus dem IVT-R-Skript) und FaLC (Output aus dem in FaLC integrierten Skript) vorgenommen. Gültigkeit für die Interpretation der Ergebnisse und der SynPop allgemein haben die Resultate gemäss des in FaLC integrierten Skripts.

Im Ablauf kommen an verschiedenen Stellen stochastische Verfahren (= Monte-Carlo-Simulationen) zum Einsatz, was dazu führt, dass jede Simulation zu einer «einzigartigen» und jeweils leicht anderen SynPop führt. Entsprechend bedarf es mehrerer Simulationen/Läufe und dem Vergleich der Unterschiedlichkeit der einzelnen «SynPops», um festzulegen, welche für die Verwendung in den Verkehrsmodellen geeignet ist. In SIMBA MOBi der SBB bedarf es z.B. einer geokodierten SynPop, im NPVM des ARE bildet hingegen eine auf Verkehrszonen aggregierte Strukturdatentabelle die Grundlage für die Verkehrsmodellierung. Für das NPVM 2017 basiert die verwendete Strukturdatentabelle auf einer aus 26 Läufen gemittelten SynPop – diese gemittelte Variante ist beispielsweise Grundlage der Validierung in Kapitel 2.13.4. Für SIMBA MOBi wurde diejenige SynPop aus den 26 Läufen identifiziert, die einer mittleren Variante am nächsten ist.

1.2 Überblick zur Implementierung in FaLC

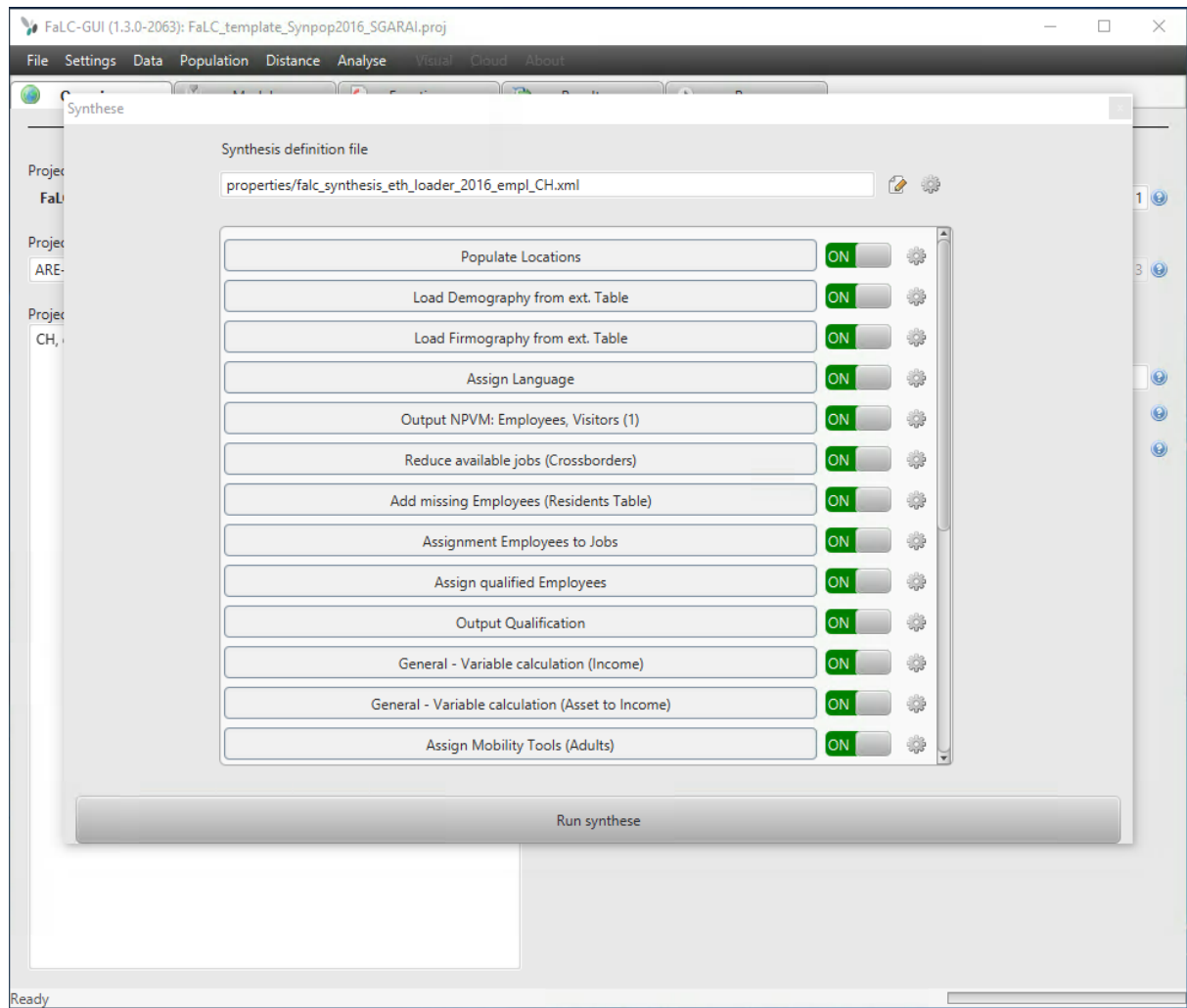
Das Tool zur Generierung der SynPop enthält proprietäre Bestandteile von FaLC, die nicht als Open-Source-Code zur Verfügung stehen.² Es wurde darauf geachtet, dass alle Modelle direkt in FaLC implementiert sind und keine zusätzlichen, externen Skripte oder Programme anzuwenden sind. Der Vorteil dieses Vorgehens ist u.a. die Kompatibilität der Modellresultate mit den jährlichen Modellzyklen für die FaLC-Prognose, insbesondere z.B. des Einkommens.

In FaLC ist es einerseits möglich, die Eingangsdaten und Verhaltensparameter der einzelnen Modelle zu verändern, andererseits können die Modelle in der FaLC-GUI auch bezüglich Reihenfolge des Durchlaufs verändert sowie ergänzt werden. Damit können neue Skripte einbezogen oder aber Tests bezüglich der Reihenfolge der Modelle gemacht werden.

Die folgende Abb. 2 zeigt die Oberfläche zur Steuerung des Ablaufs zur Erstellung der SynPop. Die Modellparameter werden in einer XML-Datei gespeichert und können wie die Modelle der jährlichen Zyklen bearbeitet werden. Als Resultat wird FaLC eine neue SynPop bestehend aus den Tabellen Personen, Haushalte, Unternehmen und Locations in die Datenbank ausgeben. Diese kann anschliessend für die FaLC-Simulationen verwendet werden bzw. steht für das Verkehrsmodell der SBB oder als Aggregation in VHG für die Anwendung des NPVM zur Verfügung.

² Das Modul zur Generierung der SynPop ist lizenzpflichtig (vgl. Website von FaLC-sim: www.falc-sim.org).

Abb. 2 FaLC-GUI Oberfläche zur Steuerung des Modellablaufs



FaLC wird mit Kopieren des Programmcodes oder mit einem Installations-Wizard installiert.³

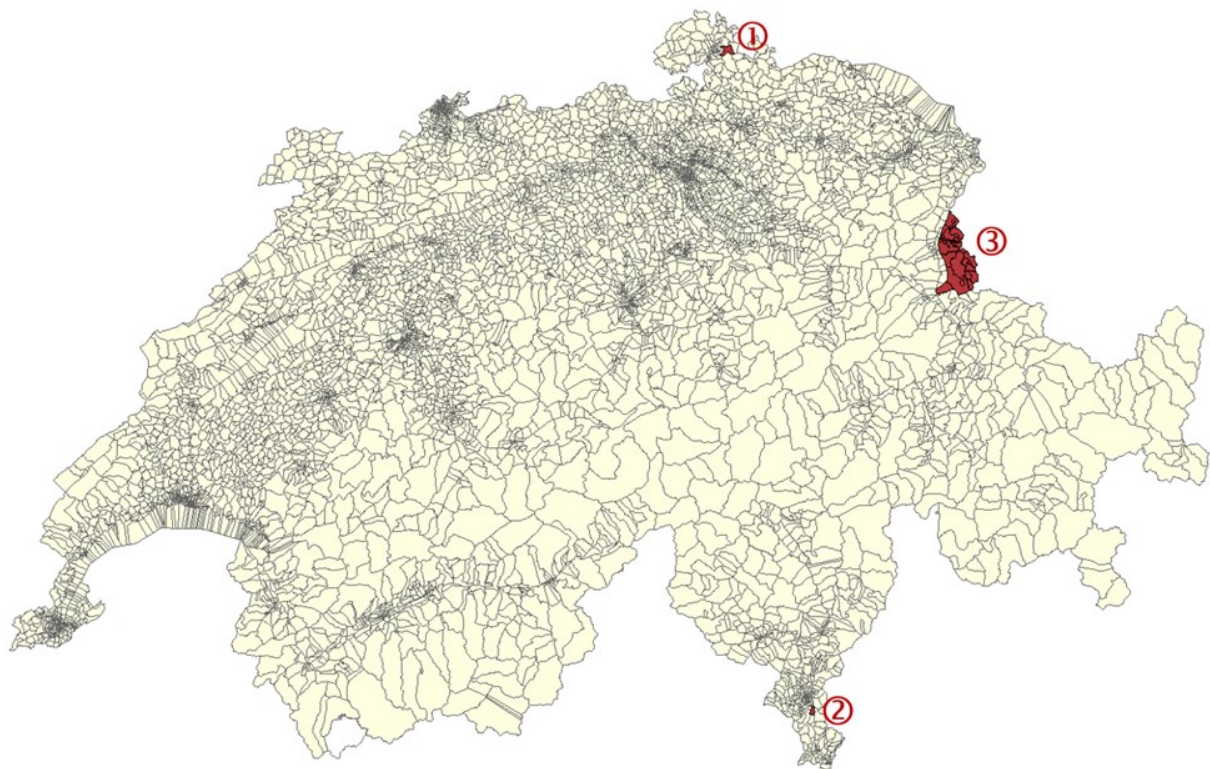
³ Voraussetzung ist die Installation von Java SE Runtime Environment JRE 7, vgl. auch die Angaben unter <http://www.falc-sim.org/de/faq.html#install>

1.3 Modellperimeter und Zonierung

Der in FaLC simulierte Modellperimeter umfasst die ganze Schweiz; dabei wurden die Zonen des NPVM übernommen und diese mit dem Flughafen Basel-Mulhouse ergänzt. Damit arbeitet FaLC mit 7'966 Zonen (Locations). Für die Ausgabe von Strukturdaten für das NPVM werden das Fürstentum Liechtenstein (11 Zonen) sowie die Enklaven Büsingen und Campione ergänzt (in Summe führt dies zu 7'979 Zonen).

Die Erstellung der Zonierung ist im Schlussbericht zum Projekt „Zonenstruktur und Verkehrsnetze“ erläutert (vgl. ARE, 2017b).

Abb. 3 Zonierung des Modellperimeters



Zonen im NPVM, die nicht zur Schweiz gehören:

- 1 Büsingen
- 2 Campione d'Italia
- 3 Liechtenstein

1.4 Definition der Wohnbevölkerung

Für die SynPop 2017 wurde folgende Definition der Wohnbevölkerung, d.h. der Einwohner der Schweiz, verwendet: Als Einwohner gelten alle Personen die mit ständigem und nicht-ständigem Wohnsitz gemeldet sind. Diese Definition entspricht den Werten 1 und 2 des Personen-Attributes „potype“ in STATPOP.

Damit ergeben sich folgende Totale für 2017 (Stichtag: 31.12.2017):

Jahr	Schweiz	Liechtenstein und Enklaven	Total
2017	8'560'151	41'163	8'601'314

2 Methodik zur Generierung der SynPop

Die BFS-Daten aus STATENT und STATPOP werden, wie eingangs erwähnt, mit verschiedenen weiteren Informationen angereichert. Folgende Modelle werden hierzu durchlaufen:

- Imputation Sprache und Ausbildung;
- Imputation Beschäftigung, Unternehmenssektor und Beschäftigungsgrad;
- Berücksichtigung der Grenzgänger;
- Zuordnung Arbeitnehmer – Arbeitsplatz;
- Imputation Qualifikation;
- Imputation Ausbildungsstatus (Schüler und Studenten);
- Imputation Einkommen;
- Imputation Mobilitätswerkzeuge;
- Imputation Wohnungsbesitz bzw. Mieter;
- Imputation Haushaltstyp.

Die Reihenfolge der Modelle ist zu einem grossen Teil durch deren Verwendung in nachfolgenden Modellen vorgegeben – sie hat somit nichts mit der Wichtigkeit der Information zu tun. Der Ablauf der Skripte ist grundsätzlich identisch zum Ablauf der SynPop, wie sie in Vorgängerprojekten genutzt wurde (ARE, 2017a). Neu wurde die Imputation insbesondere des Einkommens weiterentwickelt und aktuellere Daten zur Validierung und Kalibration verwendet (hier sind vor allem die Daten zu den Mobilitätswerkzeugen hervorzuheben). Die Modelle werden nachfolgend einzeln dokumentiert.

2.1 Einlesen der BFS-Daten

Skripte	FaLC-SynPop Funktionalitäten: Populate Locations, Load STATENT, Load STATPOP properties/variables/ CalcVar_input_variables_business_v6.xml properties/variables/ CalcVar_input_variables_person_v5.xml	
Datenbasis	Zuordnung Zone – NPVM-Zone – Gemeinde – Bezirk – Kanton	
	Autobahnanschlüsse (2000-2050)	NPVM
	Bahnhöfe Bhf / Bhf Normalspur (2000-2050)	NPVM
	Steuersätze	ESTV

In FaLC müssen in einem ersten Schritt sämtliche Informationen zur Modellumgebung und die entsprechenden Basistabellen eingelesen werden (Funktionalität „Populate Locations“). Dies umfasst folgende Dateien (in der Reihenfolge der Abarbeitung):

- Attribute zu den Zonen (u.a. ID-Nummern und Kantons- / Gemeindezugehörigkeit):
Allgemeine Angaben zu den Zonen: *assumptions/location_attributes__CH.csv*
Liste der Kantone: *assumptions/cantons__CH.csv*
Liste der Gemeinden: *assumptions/municipalities__CH.csv*
Filter: *mit/ohne Filter (z.B. bestimmte Kantone)*
- Laden der Personen und Haushalte

Daten zu Haushalten: *db/ raw_input/2017/ STATPOP_2017_Household.csv*

Daten zu Personen: *db/ raw_input/2017/ STATPOP_2017_Bestand_v1.csv*

Verknüpfung: *db/ raw_input/2017/ STATPOP_2017_Link_Pers_Household.csv*

Attribute zu Haushalten: *ID Haushalt (HOUSEHOLDID), Haushaltstyp (HOUSEHOLD-CLASIFICACION), Koordinaten (GEOCOORD, GEOCOORDN), Koordinatentyp (INDIC_EGID)*

Attribute zu Personen: *anonymisierte ID der Personen (personPseudoID), Geschlecht (SEX), Geburtsjahr (YEAROFBIRTH), Nationalität (NATIONALITYSTATE, NATIONALITYCONTINENT), Wohntyp (ständig-nicht ständig, TYPEOFRESIDENCE), Gemeinde (REPORTINGMUNICIPALITYID)*

Zonen: */db/shapefiles/NPVM_Verkehrszonen_ink_Basel_Airport.shp*

Attribute zu Zonen: *Spalte der FaLC-ID (beginnend mit 0)*

- Laden der Unternehmen

Daten zu Unternehmen: *db/ raw_input/2017/ STATENT_2016.csv*

Attribute zu Unternehmen: *Noga-Code (NOGA08), Rechtsform (LEGAL_FORM_CD), Betriebstyp (KIND_LOCAL_CD (Beschäftigte (EMPTOT), Vollzeitäquivalente (EMPFTE), Koordinaten (METER_X, METER_Y), Koordinatentyp (INDIC_EGID)*

Zonen: */db/shapefiles/NPVM_Verkehrszonen_ink_Basel_Airport.shp*

Attribute zu Zonen: *Spalte der FaLC-ID (beginnend mit 0)*

Korrektur falscher Koordinaten: *Falsche Koordinaten können über die Koordinate +/- ein Bereich, den NOGA-Code des Unternehmens und dessen Grösse identifiziert und korrigiert werden (siehe Angaben in /db/assumptions/ newcoord_firms.csv). Zurzeit wird die EPFL gemäss Originaldatensatz einer falschen Zone zugeordnet, sie wurde deshalb manuell korrigiert und auf den Campus der EPFL zugewiesen.*

- Transformieren / umkodieren der Originalattribute

Abschliessend werden die eingelesenen Attribute wenn nötig auf die in FaLC verwendeten Ausprägungen transformiert (vgl. Anhang A).

Das Setzen des Filters ermöglicht aus einer Gesamtpopulation (z.B. der Schweiz) einzelne Gebiete herauszulösen (einzelne Kantone oder Gemeinden). Damit kann für Tests oder räumlich beschränkte Analysen die Rechenzeit deutlich verkürzt werden. Allerdings werden so ausschliesslich Unternehmen und Haushalte im jeweils angegebenen Perimeter berücksichtigt – dies führt bei räumlich kleinen Perimetern zu unvollständigen Ergebnissen, wenn z.B. relevante Pendlerbeziehungen über den Raum hinaus bestehen.

Die in der Tabelle genannten prospektiven Informationen zu zukünftigen Bahnhöfen und Autobahnanschlüssen werden aus externen Quellen (hier: NPVM) übernommen und sind für die Prognose der SynPop von Relevanz. Je nach Szenario und Anwendungsfall sind diese prospektiven Daten anzupassen oder auszutauschen. Über die Steuersätze der Eidgenössischen Steuerverwaltung (ESTV) können zu einem späteren Zeitpunkt die modellierten Einkommen validiert und korrigiert werden.

2.2 Sprache

Skript	properties/variables/ CalcVar_language_v8438.xml
Datenbasis	Strukturerhebung (%-Zahlen je Sprache und Gemeinde)
Output	language_2016.csv

Aufgrund der in der Strukturerhebung erhobenen Hauptsprachen wurden den Haushalten in der SynPop deren Hauptsprache in einer Monte-Carlo-Simulation zugewiesen. Dabei wurde allen Mitgliedern einer Familie die gleiche Sprache zugeteilt (Orientierung am Haushalt). Da somit die Sprache einer Familie zugeordnet wird, werden keine soziodemographischen Merkmale wie Alter oder Geschlecht berücksichtigt. Es wurden auf die Kantone aggregierte Daten zur Verteilung der Haushalte nach Sprachen verwendet – grundsätzlich kann aber bei Vorliegen der Daten auch eine Verteilung nach Gemeinde verwendet werden.

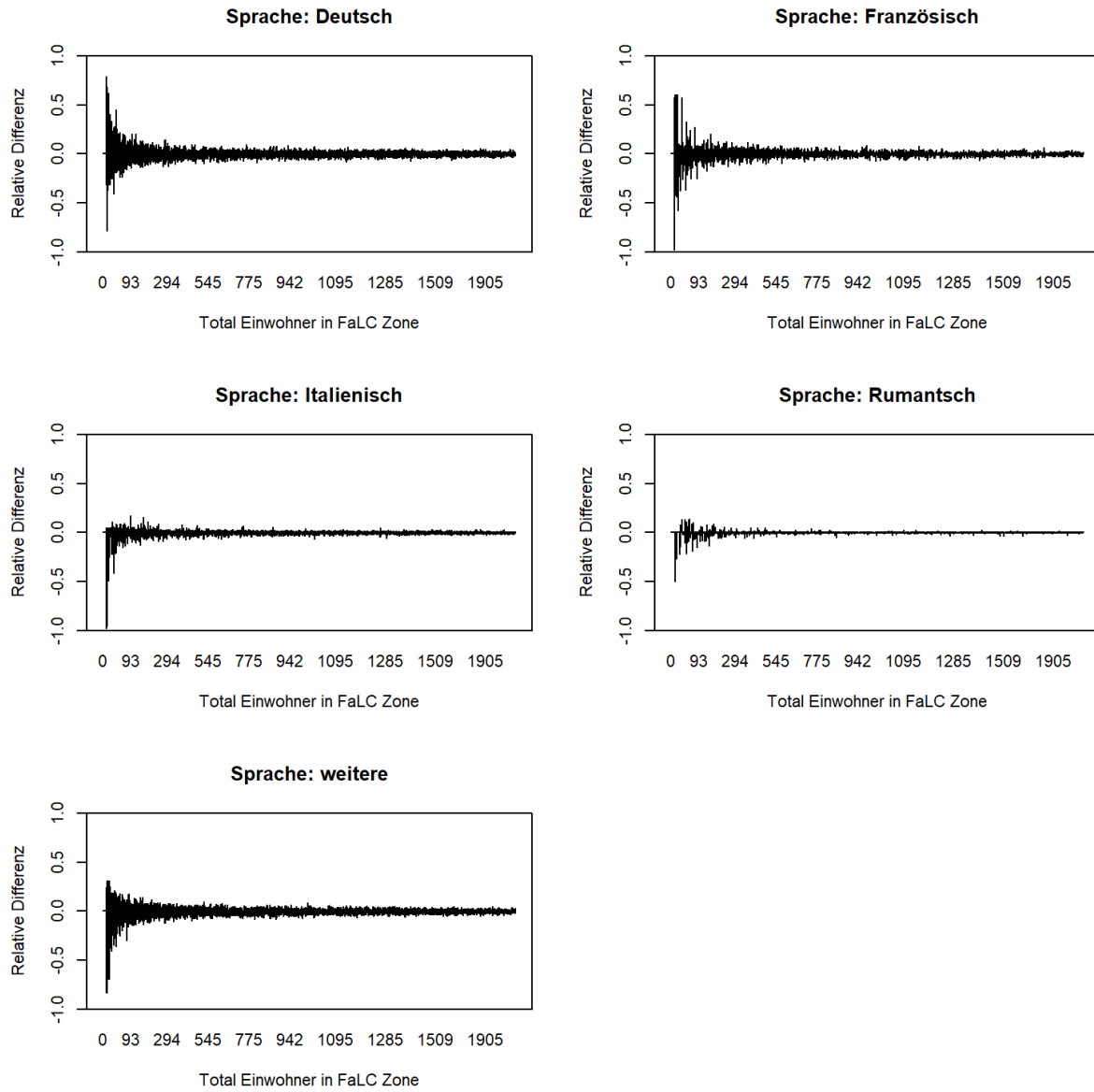
Tab. 1 Kodierung der Sprachen

Sprache	Code BFS
1 Deutsch	110
2 Französisch	120
3 Italienisch	130
4 Rumantsch	140
5 weitere	>140

2.2.1 Validierung

Trotz der Zuweisung der Sprache auf der Stufe des Haushaltes und den aufgrund der Monte-Carlo-Simulation zu erwartenden Fehlzusweisungen wird die vorgegebene Verteilung äusserst genau abgebildet. Stellt man auf Stufe der NPVM-Zonen die BFS-Daten der Strukturerhebung mit den Simulationsergebnissen gegenüber, so wird ein Bestimmtheitsmass von 0.968 für Deutsch, 0.986 für Französisch, 0.984 für Italienisch, 0.934 für Rumantsch und 0.695 für weitere Sprachen erreicht (Test über die gesamte Schweiz). Der Fehler je Zone kann in einwohnerarmen Gebieten gross sein mit max. 96.2% bei Total sechs Einwohnern), allerdings besteht hier auch eine hohe Unsicherheit bei den Referenzdaten des BFS (da auch die Strukturerhebung nur eine Stichprobe darstellt).

Abb. 4 Relative Differenzen zwischen BFS Werten und FaLC nach Einwohnerzahl pro Zone



2.3 Ausbildung

Skript	properties/variables/CalcVar_education_SE2016_v08.xml
Datenbasis	Strukturerhebung 2016 (Häufigkeiten je Ausbildungsstufe und Gemeinde) assumptions/education_counts_Mun__CH_2016.csv assumptions/education_counts_KT__CH_2016.csv assumptions/education_counts_CH__CH_2016.csv
Output	education in persons.csv education_counts_mun.csv education_counts_ct.csv

Unter Ausbildung wird hier der höchste erreichte Bildungsgrad einer Person verstanden. Die Ausbildung wurde mit einer Monte-Carlo-Simulation simuliert, wobei die VHG nach Alter, Geschlecht und Nationalität unterteilt sind. Das Alter wurde in die Klassen 15-17, 18-24, 25-44, 45-64, 65-74 und >74 unterteilt. Im Inputdatensatz (Strukturerhebung 2016) wurden keine Kinder jünger als 15-jährig erfasst, da diese noch in (schulischer) Ausbildung sind. Sie erhielten den Spezialcode 0 (Null). Die Wahrscheinlichkeiten für die Monte-Carlo-Simulation wurden auf den drei Stufen Gemeinde, Kanton und Schweiz berechnet. Wenn für eine Gemeinde keine Stichprobe von mind. 20 Personen vorliegt, wird diese mit den kantonalen Werten modelliert, vorausgesetzt, dass hier mind. 20 Personen befragt wurden. Ist auch dies nicht der Fall, wird die schweizweite Wahrscheinlichkeit verwendet. Tabelle 2 zeigt die vom BFS verwendeten Codes, die zur Häufigkeitsberechnung der Ausbildungsstufen verwendet wurden.

Tab. 2 Kodierung der Ausbildungsstufen

Ausbildung	Code BFS*
1 Keine Ausbildung	1
2 Sekundarstufe	2, 3
3 Tertiärstufe	4
4 Universität	5

* Attribut der Strukturerhebung: HIGHESTCOMPLEDUAGGIII

2.3.1 Validierung

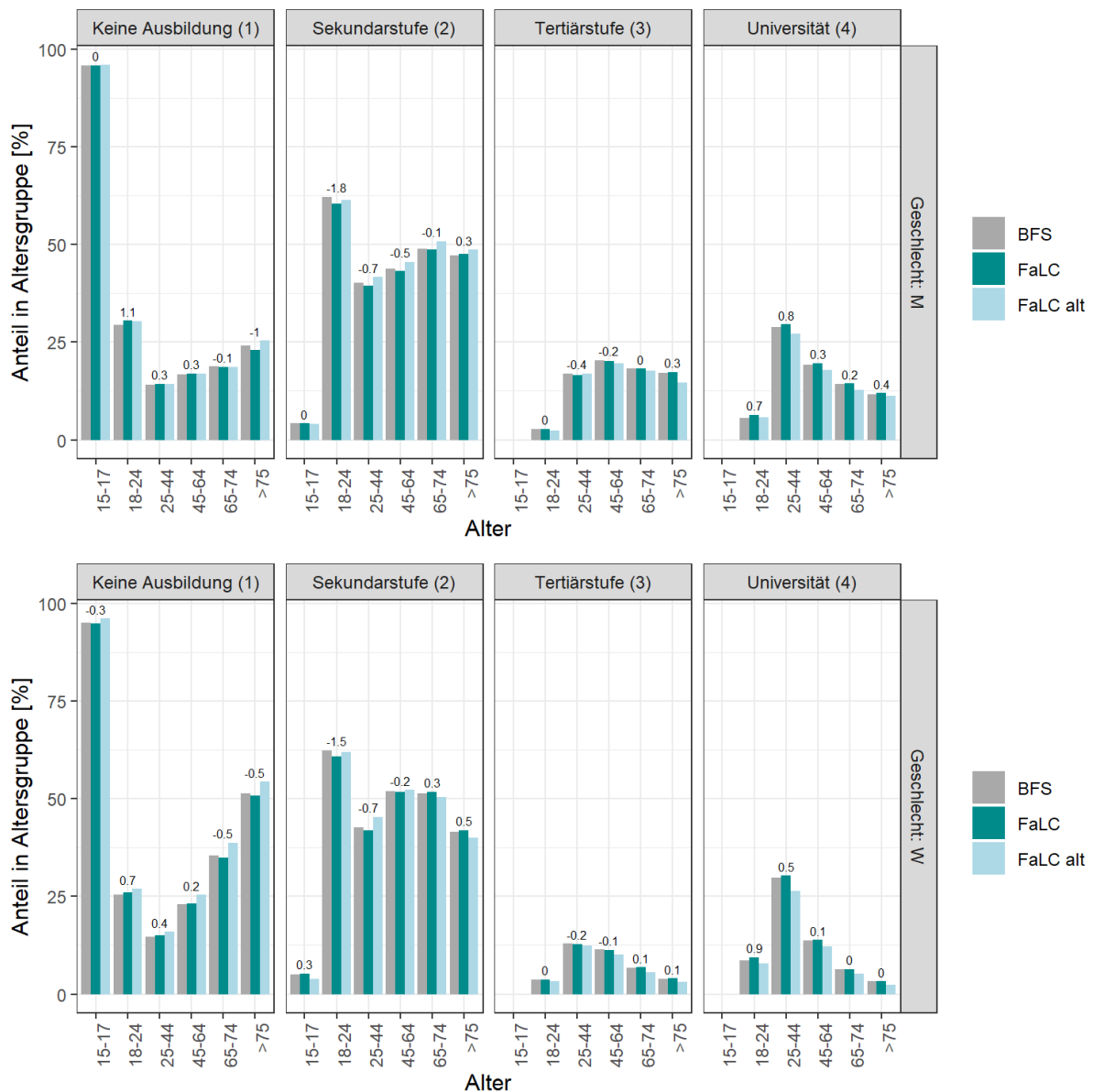
Stellt man auf Stufe der Schweiz die BFS-Daten aus der Strukturerhebung mit den Simulationsergebnissen gegenüber, so wird ein Bestimmtheitsmass von 0.99 erreicht, sowohl über alle Stufen als auch für die einzelnen Ausbildungsklassen, dies ist auch in den Randsummen der einzelnen Ausbildungsklassen zu sehen:

Tab. 3 Randsummen nach Ausbildungsklassen für die Strukturhebung und SynPop für die Bevölkerung der Schweiz

Ausbildung	BFS [%]	FaLC[%]
1 Keine Ausbildung	24.9	24.5
2 Sekundarstufe	43.6	44.9
3 Tertiärstufe	13.2	12.6
4 Universität	18.2	17.9

Der grösste Unterschied wird in der Sekundarstufe erreicht, wo FaLC 1.3 Prozentpunkte über dem BFS Wert liegt. Generell werden die Merkmale gut abgebildet, dies zeigt sich auch in der folgenden Aufschlüsselung nach Geschlecht, Alter und Ausbildungsstufe:

Abb. 5 Ausbildungsstufe nach Alter und Geschlecht



Keine Abweichung zwischen FaLC (in dunkelgrün) und BFS ist grösser als 2%. In den meisten Fällen ist die FaLC-Modellierung näher an den BFS Daten als der Output einer früheren FaLC-Simulation mit externen R-Skripten (FaLC alt Output, in hellblau) (verwendete Vergleichspopulation war vom Juni 2018). Es ist zu berücksichtigen, dass es sich beim neuen FaLC Output um eine Monte-Carlo-Simulation handelt, die ein gewisses Rauschen mit sich bringt. Auffällig ist der beträchtliche Anteil an 15- bis 17-Jährigen, die keine Ausbildung haben. Dies stimmt mit dem BFS überein und zeigt, dass die Sekundarstufe erst als Ausbildung gezählt wird, wenn eine anschliessende Lehre erfolgreich abgeschlossen wurde.

2.4 Erwerbstätigkeit und Stellung im Beruf

Skript	properties/variables/ CalcVar_employment_SE2016_v04.xml
Datenbasis	Strukturerhebung 2016 Häufigkeiten je beruflicher Stellung und Gemeinde) assumptions/position_in_business_counts_Mun__CH_2016.csv assumptions/position_in_business_counts_KT__CH_2016.csv assumptions/position_in_business_counts_CH__CH_2016.csv
Output	position_in_bus in persons.csv position_in_business_counts_mun.csv position_in_business_counts_ct.csv

Die Stellung im Beruf – und damit die Erwerbstätigkeit – wurde ebenfalls mit einer Monte-Carlo-Simulation simuliert, wobei die VHG nach Alter, Geschlecht und Ausbildung unterteilt sind. Das Alter wurde neuerlich in die Klassen 15-17, 18-24, 25-44, 45-64, 65-74 und >74 unterteilt. Im Inputdatensatz (Strukturerhebung 2016) wurden keine Kinder jünger als 15-jährig erfasst (siehe oben). Die Wahrscheinlichkeiten für die Monte-Carlo-Simulation wurden wieder auf den drei Stufen Gemeinde, Kanton und Schweiz berechnet. Wenn für eine Gemeinde keine Stichprobe von mind. 20 Personen vorliegt, wird diese mit den kantonalen Werten modelliert, vorausgesetzt, dass hier mind. 20 Personen befragt wurden. Ist auch dies nicht der Fall, wird die schweizweite Wahrscheinlichkeit verwendet.

Tab. 4 Kodierung der beruflichen Stellung

Stellung im Beruf	Code BFS*
1 Geschäftsführer	11, 12, 31, 32
2 Arbeitnehmer	20, 41, 42, 43
3 Lehrling	50
0 Arbeitslos	60, 70

* Attribut der Strukturerhebung: STATUSINEMPL_DETAIL

In Tabelle 4 sind die vom BFS verwendeten Codes aufgeführt, die zur Häufigkeitsberechnung der verschiedenen Stellungen im Beruf verwendet wurden.

Bei der Kalibrierung wurden Korrekturfaktoren eingesetzt: die Überschätzung qualifizierter Frauen wurden mit dem Faktor 0.7, die Unterschätzung unqualifizierter Frauen mit dem Faktor 1.3 korrigiert. Unqualifizierte Männer wurden leicht weniger unterschätzt, daher reichte ein Korrekturfaktor von 1.2. Qualifizierte Arbeitnehmer im Rentenalter wurden analog zu den Frauen korrigiert (Faktor für Qualifizierte im Rentenalter 0.7 und für Unqualifizierte im Rentenalter: 1.3).

2.4.1 Validierung Erwerbstätigkeit

Bei der Suche nach Kennzahlen zur Validierung fällt auf, dass unterschiedliche Datenquellen sehr unterschiedliche Zahlen für die Erwerbstätigen in der Schweiz ausgeben. Die Bandbreite der Hochrechnungen ist breit und reicht für 2016 von 4.36 Mio. Erwerbstätigen (Strukturhebung) bis 4.96 Mio. Erwerbstätigen (Erwerbstätigenstatistik, +14%):

Tab. 5 Vergleich Erhebungen (Anzahl Erwerbstätige in 1'000)

Erhebung	2016	2017
Strukturhebung (SE)	4'366	-
Schweizerische Arbeitskräfteerhebung (SAKE)	4'604	4'637
Erwerbstätigenstatistik (ETS)	4'963	5'008

Die Unterschiede sind einerseits durch die unterschiedlichen Erhebungsmethoden und andererseits durch unterschiedliche Definitionen begründet. In der Strukturhebung (SE) werden jeweils ca. 200'000 Personen aus dem Einwohnerregister per Fragebogen befragt. Diese Befragung findet jeweils einmal im Jahr statt, wobei die Stichprobe jeweils jährlich neu definiert wird (BFS, Strukturhebung, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bevoelkerung/erhebungen/se.html>). Die Schweizerische Arbeitskräfteerhebung (SAKE) hingegen befragt ca. 105'000 Personen über telefonische Interviews. Auch hier wird die Auswahl der Personen über das Einwohnerregister vorgenommen. Dabei werden ausgewählte Personen über einen Zeitraum von 1.5 Jahren viermal befragt (BFS, Schweizerische Arbeitskräfteerhebung, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/arbeit-erwerb/erhebungen/sake.html>). Die Erwerbstätigenstatistik (ETS) schliesslich basiert unter anderem auf der SAKE und wird mit der Grenzgängerstatistik, dem Migrationsinformationssystem, der Beschäftigtenstatistik und anderen Quellen ergänzt (BFS, Erwerbstätigenstatistik, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/arbeit-erwerb/erhebungen/ets.html>).

Da Unterschiede in den Befragungen, sowie in der Periodizität zwischen den Erhebungen vorliegen, und es sich jeweils um Stichproben handelt, sind Differenzen grundsätzlich zu erwarten. In der SE werden Personen einmal zu einem definierten Zeitpunkt befragt. Bei der SAKE werden die ausgewählten Personen viermal befragt, was zu einem stabileren Ergebnis führt, insbesondere auch im Hinblick auf die Situation und den Umfang der Erwerbstätigkeit. Vor diesem Hintergrund wird die Gesamterwerbstätigenzahl gemäss SAKE in FaLC als Referenzgrösse herangezogen. Die Gegenrechnung zu den Erwerbstätigen hinsichtlich der Anzahl Beschäftigten (= Arbeitsplätze) in der Schweiz zeigt, dass die SAKE auch nahe dieser Kontrollrechnung liegt (ca. 4.5 Mio. Beschäftigte unter Berücksichtigung der Grenzgänger und Doppelverdienern).

FaLC überschätzt im Ergebnis der SynPop 2017 den Zielwert der SAKE um rund 190'000 Erwerbstätige (+4%). Im Kalibrationsprozess wurde dieser Fehler korrigiert, so dass die gesamtschweizerischen Werte nahe an den Werten der SAKE liegen (verbleibende Abweichung bei ca. 0.1%).

Zur verkehrlichen Modellierung der Beziehung Wohnen-Arbeiten, also den Pendlerbeziehungen, ist es für das Verkehrsmodell wichtig, über möglichst valide Informationen zu den Quellen und Zielen zu verfügen. Für die Modellierung der Erwerbstätigen je Gemeinde wurde, wie eingangs erwähnt, dann auf die Häufigkeiten gemäss der grösseren Stichprobe der SE abgestellt. Bei der Plausibilisierung der Werte in der SynPop fiel im Vergleich zur SE auf, dass einige wenige Gemeinden höhere Differenzen aufwiesen. Daraufhin wurden ergänzend zur SE für grosse Städte und Gemeinden mit den grössten Differenzen nach anderweitig publizierten Werten der Erwerbstätigen gesucht (siehe Tabelle 6). Teilweise basierten die recherchierten Angaben bei den Städten und Gemeinden dann ebenfalls auf der Strukturhebung (oder Ergänzungen dieser mit lokal vorhandenen Daten oder Know-how), weisen aber Abweichungen zu den aus der Stichprobe der SE abgeleiteten Häufigkeiten aus.

Die genannten Unsicherheiten in den Daten, wie auch schlicht fehlende Werte für räumlich hoch aufgelöste Angaben zur Anzahl an Erwerbstätigen führten zum Kompromiss, dort, wo zusätzliche Informationen zur Anzahl an Erwerbstätigen auf Stadt- oder Gemeindeebene vorlagen, auf diese hin zu korrigieren (gemäss Tabelle 6). Damit wird in der SynPop die Erwerbstätigenzahl bzgl. Summe (SAKE) und bzgl. räumlicher Verteilung (SE bzw. weitere Quellen) bestmöglich reproduziert. Es sei aber darauf hingewiesen, dass auf Ebene der Verkehrszonen Ungenauigkeiten verbleiben, da für diese Ebene keine Vergleichswerte vorhanden sind. So gelten die relativen Häufigkeiten (= Anteil Erwerbstätige an der Bevölkerung), die für z.B. Zürich recherchiert wurden, für alle Verkehrszonen Zürichs. Dies ist eine notwendige Vereinfachung, führt zu gewissen Ungenauigkeiten in nachfolgenden Modellierungen und ist bei Ergebnisinterpretationen entsprechend zu berücksichtigen. Nachstehende Abbildung zeigt die Unterschiede (absolut) in den Erwerbstätigen vor den durchgeführten Korrekturen und verdeutlicht, dass die grössten Abweichungen in den Städten entstanden.

Abb. 6 Unterschiede in den Erwerbstätigen (SynPop - SE)

Absolute Unterschiede

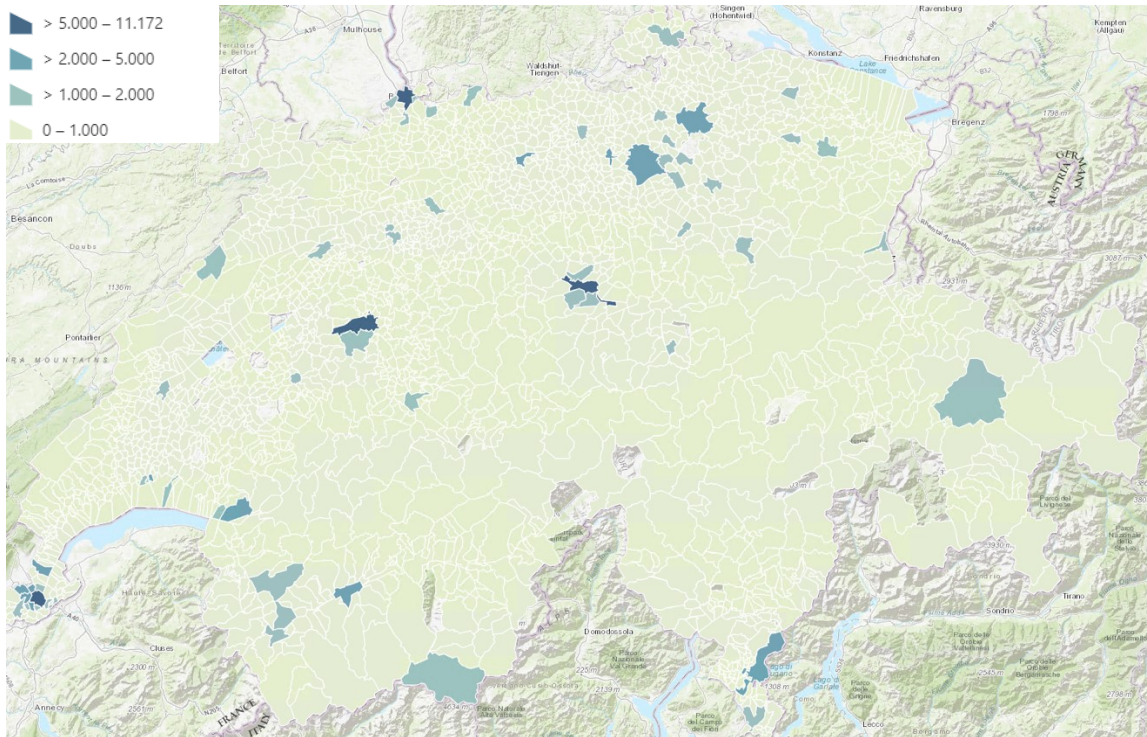


Tabelle 6 illustriert sowohl die Unterschiede zwischen den recherchierten Werten (1. Spalte) aus unterschiedlichen Quellen (i.d.R. offizielle Statistiken der Städte zur Anzahl Erwerbstätige), den Werten gemäss SE (2.-4. Spalte) und den final in FaLC simulierten Werten (5.-7. Spalte). Zur Erreichung der Werte in FaLC wurden Korrekturfaktoren angewendet (8. Spalte). Die Auswahl dieser Gemeinden basiert auf einer Kombination der grössten absoluten und relativen Differenzen zwischen FaLC und der SE. Wo keine publizierte Werte gefunden wurden, entspricht der referenzierte Wert der Strukturerhebung (der Eintrag in der 3. Spalte ist dann 0). Relevant zur Beurteilung der Qualität sind die absolute und relative Differenz zwischen FaLC (5. Spalte) zur Referenzgrösse (1. Spalte) gemäss der 6. und 7. Spalte.

Tab. 6 Vergleich Erhebungen und SynPop (Anzahl Erwerbstätige in 1'000)

BFS-Nr.	Gemeinde	# Erwerbstätige							Korrektur
		Recherche (div. Quellen)	SE		FaLC (inkl. Korrekturfaktor)				
		#	diff abs	diff rel	#	diff abs	diff rel		
Spalten-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	
261	Zürich	226'600	227'599	-999	-0.4%	224'416	+2'184	+1.0%	-0.10
351	Bern	71'519	73'789	-2'270	-3.2%	72'349	-830	-1.2%	-0.10
5586	Lausanne	68'210	68'210	0	0.0%	67'997	+213	+0.3%	-0.05
1061	Luzern	45'984	46'074	-90	-0.2%	46'499	-515	-1.1%	-0.05
6621	Genève	96'762	85'386	11'376	-11.8%	100'423	-3'661	-3.8%	0.00
2701	Basel	87'290	86'253	1'037	1.2%	88'081	-791	-0.9%	-0.10
3203	St. Gallen	41'420	39'833	1'587	3.8%	41'591	-171	-0.4%	-0.05
230	Winterthur	59'357	58'724	633	1.1%	61'352	-1'995	-3.4%	0.00
2601	Solothurn	9'520	9'520	0	0.0%	9'591	-71	-0.7%	0.00
3851	Davos	6'561	6'561	0	0.0%	6'394	167	2.5%	-0.10
6643	Vernier	15'923	13'131	2'792	17.5%	15'971	-48	-0.3%	-0.08
6630	Meyrin	10'136	9'219	917	9.0%	10'584	-448	-4.4%	-0.15
6644	Versoix	5'655	4'974	681	12.0%	5'894	-239	-4.2%	-0.10
6628	Lancy	15'385	14.153	1'232	8.0%	16'006	-621	-4.0%	0.04
6623	Le Grand-Saconnex	4'873	4'457	416	8.5%	4'973	-100	-2.1%	-0.20
3443	Gossau (SG)	10'261	10'859	-598	-5.8%	10'163	98	1.0%	0.00
3271	Buchs (SG)	6'837	6'804	33	0.5%	6'939	-102	-1.5%	-0.20
5886	Montreux	11'571	10'494	1'077	9.3%	11'711	-140	-1.2%	-0.10
5591	Renens (VD)	10'622	8'816	1'806	17.0%	10'931	-309	-2.9%	-0.06
243	Dietikon	13'348	13'457	-109	-0.8%	13'668	-320	-2.4%	-0.12
6266	Sion	17'630	15'694	1'936	11.0%	17'880	-250	-1.4%	0.00
6631	Onex	8'528	8'090	438	5.1%	8'712	-184	-2.2%	-0.05

Mithilfe dieser Umverteilung gelingt es, eine genaue und stabile Repräsentation mit einer gewissen Unschärfe zur erhalten. Dies wird durch die relativen Differenzen in der Tabelle unterstrichen.

2.5 Dauer der Erwerbstätigkeit

Skript	properties/variables/CalcVar_employed_since_BFS2016_v03.xml
Datenbasis	Lohnstrukturerhebung LSE 2016 (Häufigkeiten je Dauer Erwerbstätigkeit und Kanton für Mitarbeiter) sowie Lehrlingsstatistik 2016 (Häufigkeiten je Dauer Lehre und Kanton für Lehrlinge) assumptions/employed_since_counts_KT_CH_2016.csv assumptions/employed_since_counts_CH_CH_2016.csv assumptions/employed_since_apprentice_CH_2016.csv
Output	employed_since in persons.csv employed_since_counts_ct.csv

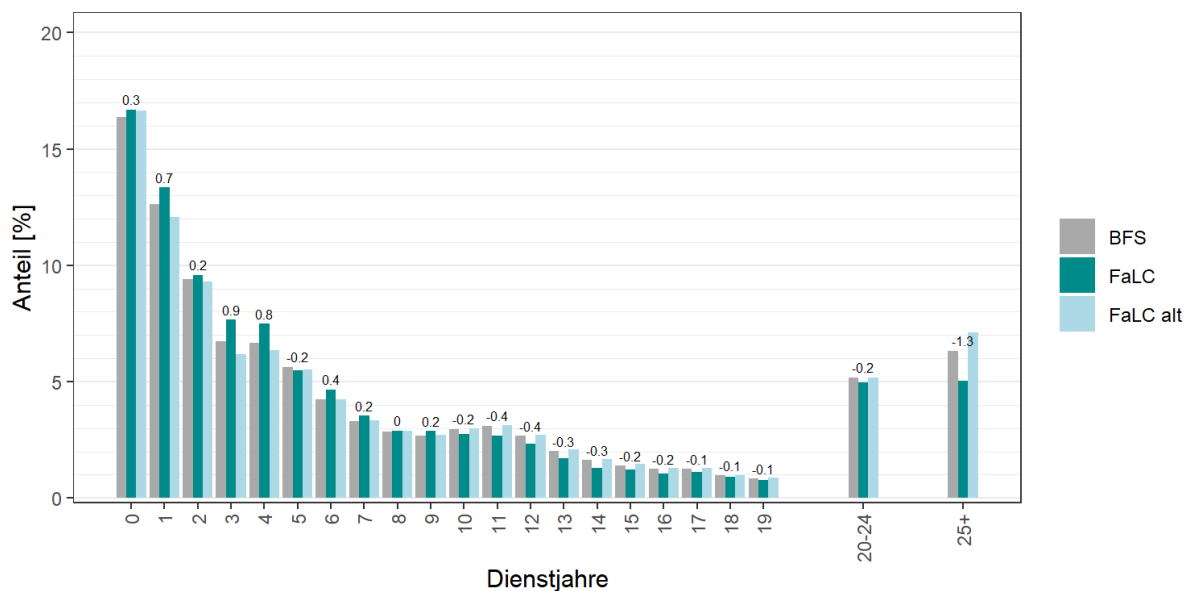
Die Dauer der Erwerbstätigkeit (= Anzahl Dienstjahre) wurde mit einer Monte-Carlo-Simulation simuliert, wobei die VHG nach Alter, Geschlecht und Stellung im Beruf unterteilt sind. Das heisst, an dieser Stelle findet erstmals eine Simulation eines Attributs auf Basis einer bereits angespielten Grösse statt (hier: Erwerbstätigkeit). Für die Mitarbeiter wurde das Alter in die Klassen 15-17, 18-24, 25-29, 30-34, 35-39, 40-44, 45-54, 55-64, 65-74 und >74 unterteilt. Für die Lehrlinge sind die Altersklassen Jahresschritte von 13 bis 29 und in der Klasse 30 sind alle mindestens 30-jährigen Lehrlinge.

Die Wahrscheinlichkeiten für die Monte-Carlo-Simulation wurden auf den Stufen Kanton und Schweiz berechnet. Wenn für einen Kanton keine Stichprobe von mind. 20 Personen vorliegt, wird diese mit den schweizweiten Werten modelliert. Um in der SynPop stabilere Resultate zu erhalten wird das (identische) Skript zwei Mal durchlaufen. Zu Beginn um realistische Startwerte für die folgenden Modelle zu erhalten, sowie gegen Ende der Datenaufbereitung, um die Randsummen besser abbilden zu können.

2.5.1 Validierung

Stellt man auf der Stufe Schweiz die modellierten und gemessenen Anteile der Dauer der Erwerbstätigkeit gegenüber, so erreicht dies ein Bestimmtheitsmass von 0.98.

Abb. 7 Dienstjahre der Mitarbeitenden und Lernenden



FaLC überschätzt leicht Personen, die weniger als fünf Dienstjahre ausweisen, während dem die Dienstälteren stets unterschätzt werden, insbesondere wird etwas die Anzahl der Personen unterschätzt, die bereits 25 und mehr Dienstjahre aufweisen. Der maximale Unterschied von FaLC gegenüber den BFS-Zahlen pro Dienstaltersjahr beträgt allerdings nur 0.8% Prozentpunkte, damit ist die Modellierung ein marginal schlechteres Resultat als die ursprünglichen Resultate gemäss dem R-Script des IVT (FaLC alt). Gründe für minime Abweichungen sind im Rauschen der Modellierung zu sehen (Effekte der Monte Carlo-Simulation), sowie darin, dass für die zu Grunde liegenden Häufigkeitstabellen in FaLC neu die Lohnstrukturerhebung 2016 und die Lehrlingsstatistik 2016 zusammengeführt wurden.

2.6 Branche

Skript	properties/variables/CalcVar_business_sector_SE2016_v03.xml
Datenbasis	Strukturerhebung 2016 Häufigkeiten je Branche und Gemeinde assumptions/bussec_counts_Mun__CH_2016.csv assumptions/ bussec_counts_KT__CH_2016.csv assumptions/ bussec_counts_CH__CH_2016.csv
Output	Type_1 in persons.csv business_sector_counts_mun.csv business_sector_counts_ct.csv

Die Branche, in der jemand erwerbstätig ist, wurde wieder Monte-Carlo-Simulation simuliert, wobei die VHG nach Alter, Geschlecht und Ausbildung unterteilt sind. Das Alter wurde in die Klassen 15-17, 18-24, 25-44, 45-64, 65-74 und >74 unterteilt. Im Inputdatensatz (Strukturerhebung 2016) wurden keine Kinder jünger als 15-jährig erfasst. Die Wahrscheinlichkeiten für die Monte-Carlo-Simulation wurden auf den drei Stufen Gemeinde, Kanton und Schweiz berechnet. Wenn für eine Gemeinde keine Stichprobe von mind. 20 Personen vorliegt, wird diese mit den kantonalen Werten modelliert, vorausgesetzt, dass hier mind. 20 Personen befragt wurden. Ist auch dies nicht der Fall, wird die schweizweite Wahrscheinlichkeit verwendet.

Das Modell wird nur verwendet, um einen Startwert für die Verknüpfung der Arbeitsplätze mit den Erwerbstätigen Personen zu erhalten. Die Zuweisung der Branche, in der ein Erwerbstätiger arbeitet, erfolgt letztendlich ausschliesslich über die zugewiesenen Firmen. Die Firmen, d.h. Arbeitsplätze nach Branchen, werden aus STATENT abgeleitet. Folglich entspricht die Anzahl Erwerbstätiger nach Branchen recht genau der Anzahl der Beschäftigten je Branche gemäss STATENT. Unterschiede entstehen einzig durch das weisse Rauschen aus den Monte-Carlo-Simulationen.

2.7 Beschäftigungsgrad

Skript	properties/variables/ CalcVar_level_empl_SE2016_v04.xml
Datenbasis	Strukturerhebung 2016 Häufigkeiten je Branche und Gemeinde Assumptions/level_of_employment_CH_2016.csv
Output	Type_2 in persons.csv lev_empl_count_ct1.csv lev_empl_count_ct2.csv

Der Beschäftigungsgrad (Stellenprozent) wurde mit einer Monte-Carlo-Simulation simuliert, wobei die VHG nach Alter, Geschlecht, beruflicher Stellung und Branche unterteilt sind. Das Alter wurde in die Klassen 15-17, 18-24, 25-44, 45-64, 65-74 und >74 unterteilt. Auch hier gilt, dass im Inputdatensatz (Strukturerhebung 2016) keine Kinder jünger als 15-jährig erfasst wurden. Die Wahrscheinlichkeiten für die Monte-Carlo-Simulation wurden auf den drei Stufen Gemeinde, Kanton und Schweiz berechnet. Wenn für eine Gemeinde keine Stichprobe von mind. 20 Personen vorliegt, wird diese mit den kantonalen Werten modelliert, vorausgesetzt, dass hier mind. 20 Personen befragt wurden. Ist auch dies nicht der Fall, wird die schweizweite Wahrscheinlichkeit verwendet. Die aus der Strukturerhebung verwendete Variable CURRACTIVITYSTATUSIII gab die Beschäftigtengradklassen <50%, 50-69%, 70-89% und 90-100% vor.

Die Ergebnisse des Modells werden indes wesentlich durch die Korrektur der modellierten Beschäftigungsgrade auf die in den einzelnen Unternehmen verzeichneten Beschäftigungsgrade aus STATENT verändert. Dabei werden die Beschäftigungsgrade der Mitarbeiter je nach der Anzahl Vollzeitäquivalente im Unternehmen erhöht oder reduziert, um die Beschäftigungsgrade gemäss STATENT zu erreichen. Dies führt dazu, dass Abweichungen bei Vollzeitangestellten und Teilzeitangestellten mit kleinen Pensum entstehen. Angesichts der prioritären Referenzquelle STATENT und dem Ziel, die dortigen Angaben bestmöglich zu reproduzieren, wurden die Abweichungen in Summe zur SE akzeptiert.

2.7.1 Validierung

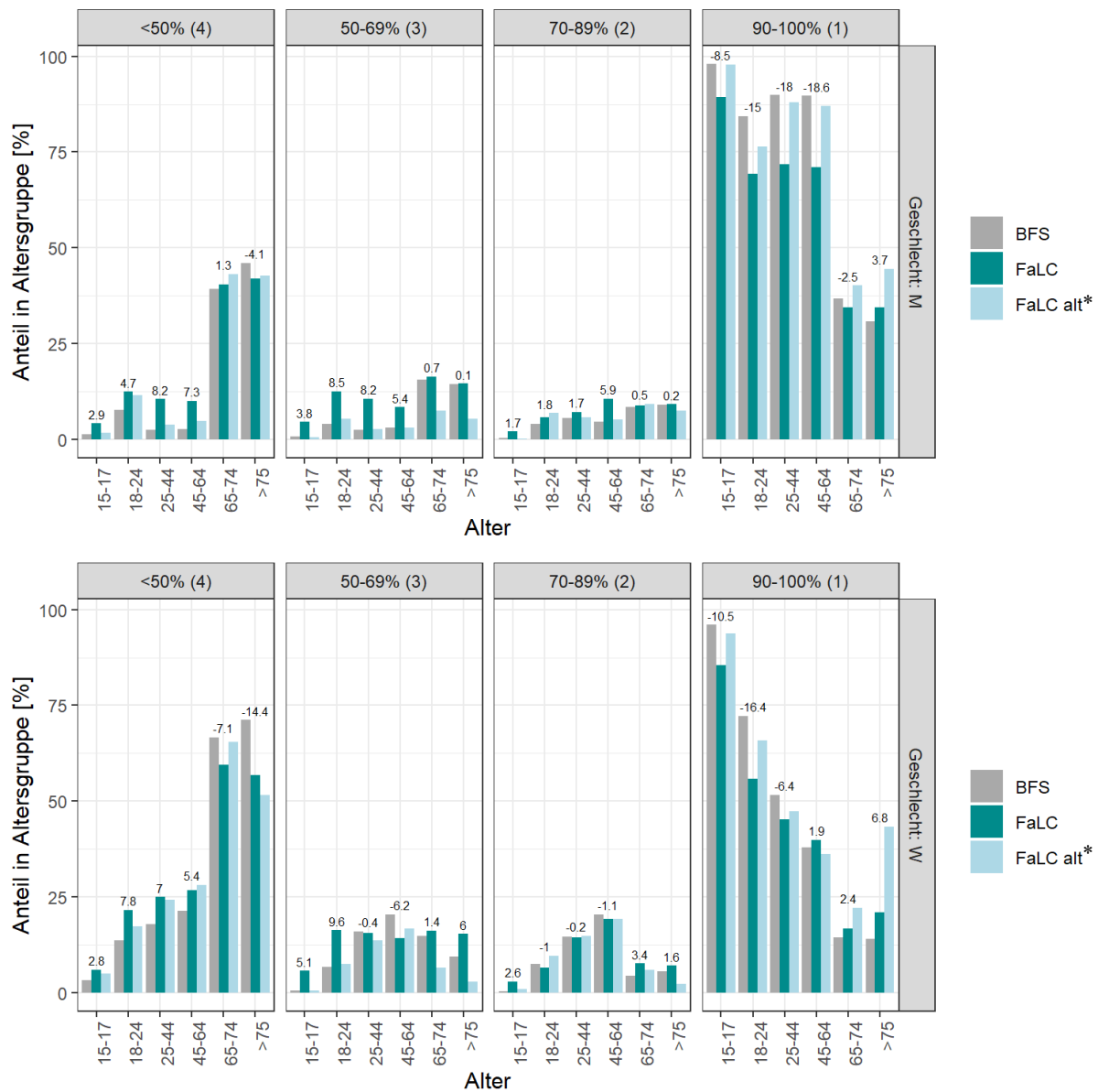
Auf Schweizer Ebene gegenübergestellt, erreicht die Modellierung total ein Bestimmtheitsmass von 0.98. Aus der Tabelle wird ersichtlich, dass bei den hohen und niedrigen Beschäftigungsgraden, aufgrund der Kalibration auf die Vorgaben gemäss STATENT, Abweichungen resultieren.

Tab. 7 Randsummen nach Beschäftigungsgrad für die SE und SynPop auf Stufe Schweiz

Beschäftigungsgrad		BFS [%]	FaLC[%]
1	90 – 100%	69.8	59.3
2	70 – 89%	9.9	11.6
3	50 – 69%	9.2	12.2
4	<50%	11.0	18.0

Zur Kalibration auf die Angaben gemäss STATENT wurden die Wahrscheinlichkeiten für einzelne Beschäftigungsklassen mit einem Korrekturfaktor versehen. Als geeignete Korrekturfaktoren ergaben sich 1.38 für die Beschäftigungsgradklasse 1, 0.66 für die Klasse 2, 0.61 für die Klasse 3 und 0.62 für die Klasse 4. Diese allgemeinen Korrekturen wurden durchgeführt, da gemäss den Angaben aus der SE die Erwerbstätigen generell mehr arbeiten, als gemäss STATENT in den Unternehmen ausgewiesen. In der Umsetzung bedeutete dies, dass Arbeitnehmer in die nächst tiefere Beschäftigungsklasse zugewiesen wurden, woraus sich das Muster der Überschätzung sämtlicher Teilzeit-Arbeitnehmer bei Unterschätzung der Vollzeit-Arbeitnehmer erklärt.

Abb. 8 Beschäftigungsgrad der Mitarbeiter nach Alter und Geschlecht.



* Resultate aus FaLC ohne Korrektur der Vollzeitäquivalente in den Unternehmen gemäss STATENT

Das genannte Muster zeigt sich auch beim differenzierten Blick der Beschäftigungsgrade nach Alter und Geschlecht: teilzeitbeschäftigte (<70%) Männer werden von FaLC überschätzt, dafür werden die höheren Beschäftigungsgrade eher unterschätzt. Bei den Frauen finden sich grössere Unterschiede bei den Wenig-Beschäftigten und den starker beschäftigten Jungen (jünger als 44) und Älteren (>75). Die Unterschiede bei den Senioren sind zudem auf die vergleichsweise kleine Gesamtzahl zurückzuführen. Aufgrund der Anpassung des Modells, um die Vorgaben gemäss STATENT zu reproduzieren, wurden die vorhandenen Abweichungen zur SE-Stichprobe an dieser Stelle toleriert.

2.8 Zuordnung Arbeitnehmer – Arbeitsplatz

Skript	FaLC-SynPop Funktionalitäten: Assignment Employees to Job (com.falcsim.synthese.methods.AssignEmployeesJobsThr) properties/variables/ CalcVar_reduce_jobs.xml properties/variables/ CalcVar_employment_correction.xml
Datenbasis	Pendlermatrix 2014 (in assumptions/commuting_weight__CH) Grenzgänger 2016 (in assumptions/crossboarder_in-commuters__CH_v02)
Output	ID Unternehmen, pos_in_business ⁴ Korrigierte Attribute: nr_of_jobs, fte, cb_nr_of_jobs, cb_fte

Um die Zuordnung der Arbeitnehmer zu den Arbeitsplätzen vornehmen zu können, muss die Anzahl der erwerbstätigen Wohnbevölkerung mit der Anzahl Arbeitsplätze übereinstimmen. Da die die beiden Angaben aus verschiedenen Quellen modelliert werden, stimmen die entsprechenden Summen i.d.R. nicht exakt überein. Zudem gehen erwerbstätige Personen mitunter mehreren Beschäftigungen an verschiedenen Arbeitsplätzen nach. Aufgrund der detaillierten Registerdaten zur Zahl der Beschäftigten aus STATENT wird angenommen, dass diese sich als Referenz für die Modellierung der Anzahl an Beziehungen Arbeitnehmer-Arbeitsplatz am besten eignen. Um die Summe der Arbeitsplätze und die Summe der Erwerbstätigen abzugleichen, werden zwei Schritte vorgenommen:

- 1) Die Anzahl der Beschäftigten (= Arbeitsplätze) wird um die Zahl der Einpendler aus dem Ausland reduziert (es wird somit nur die Beziehung von Arbeitnehmern mit Wohnsitz Schweiz betrachtet, vgl. Skript CalcVar_reduce_jobs.xml).
- 2) Im Falle, dass weiterhin zu wenige erwerbstätige Einwohner vorhanden sind, werden neue Erwerbstätige bezeichnet (CalcVar_employment_correction_v03.xml).

Da es sich im zweiten Schritt in der Regel nur um wenige Personen handelt, werden zufällig Personen im Alter von 19 bis 64 ausgewählt. Falls dies im spezifischen Fall nicht ausreicht, werden schrittweise 18 bis 15-jährige Personen bezeichnet.

Anschliessend werden die Arbeitnehmer dem Arbeitsplatz zugeordnet. Diese Zuordnung erfolgt über verschiedene im Modell vorhandenen Informationen:

- Die zu verknüpfenden Personen besitzen bereits die Attribute zur Erwerbstätigkeit (ja/nein) und die Branche, in der sie tätig sind.
- Die Pendlermatrix mit Wohn- und Arbeitsgemeinde und der entsprechenden Anzahl Pendlern ist aus einer Registerverknüpfung durch das BFS bekannt (BFS, 2017).

⁴ Beschrieb der Attribute: siehe Anhang A.

2.8.1 Konzept

Grundsätzlich geht FaLC von den erwerbstätigen Personen aus und sucht für diese Personen einen Arbeitsplatz in der spezifischen Branche unter Berücksichtigung der allgemeinen (= nicht branchenspezifischen) Verflechtung gemäss Pendlermatrix. Vereinfacht dargestellt, durchläuft FaLC hierzu mehrere geschachtelte Schleifen:

- a) Für die einzelnen Branchen (vgl. Anhang A) werden
- b) in einzelnen Gemeinden
- c) zufällig die erwerbstätigen Personen ausgewählt und in einer Monte-Carlo-Simulation die Arbeitsplätze zugeordnet.

In der hierarchisch obersten Schleife werden die Erwerbstätigen einzelnen Branchen zugeordnet. Personen, die keinem Arbeitsplatz in einem passenden Unternehmen zugeteilt werden können, werden am Ende in einem finalen Schritt einer beliebigen Branche, und damit zufällig, zugeordnet. Da die vorliegenden synthetischen Grundgesamtheiten für die Jahre 2000 und 2016 sehr realitätsnah sind, ist dies indes sehr selten der Fall (unter 1%). In einem iterativen Optimierungsprozess wird auf Stufe der Branchen jeweils die „beste“ Zuordnung ausgewählt. Die „beste“ Zuordnung ist jeweils diejenige, die möglichst vielen erwerbstätigen Personen in der entsprechenden Branche einen Arbeitsplatz gemäss Pendlermatrix zuordnen kann.

In weniger dicht besiedelten Teilen der Schweiz ist es schwierig, die Erwerbstätigen den passenden Arbeitsplätzen nach Branchen zuzuordnen – gleichzeitig betrifft dies nur verhältnismässig wenige Pendlerbeziehungen. Um möglichst viele Erwerbstätige korrekten Branchen zuordnen zu können, werden die Erwerbstätigen der kleinsten 1'000 Gemeinden zuerst zugeteilt. Für grössere Gemeinden ist es aufgrund der hohen Anzahl an Arbeitsplätzen (nach Branchen) anschliessend einfacher möglich jeweils einen passenden Arbeitsplatz zuzuweisen. Die bei der Zuordnung angewendete Monte-Carlo-Simulation erfolgt gewichtet über die aus der Pendlermatrix bekannte Verflechtung sowie die Unternehmensgrösse.

Es sei darauf hingewiesen, dass die Zuordnung Wohnort-Arbeitsplatz für die spätere Modellierung der Standortwahl von Relevanz ist. So nimmt die jeweils aktuelle Beziehung einen Einfluss darauf, wo ein etwaig neuer Wohnstandort gewählt wird. Diese Beziehung ersetzt nicht die Modellierung von Pendlerbeziehungen im NPVM. Sprich, die Information über diese räumliche Beziehung in FaLC entspricht a) nicht der im NPVM modellierten Beziehung und b) dient allein zu Zwecken der Bestimmung der Standortwahl.

2.8.2 Validierung und Kalibration

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass die Pendlermatrix als validierte Datengrundlage eine geeignete, empirische Referenz darstellt. Da die Pendlermatrix nur auf Stufe Gemeinde vorliegt, FaLC jedoch differenziertere Verkehrszonen zu Grunde liegen, wurde die Pendlermatrix auf diese Zonen hin disaggregiert. Pendlerbeziehungen, die aufgrund einer sehr geringen Wegezanzahl (weniger als fünf) aggregiert vorliegen, d.h. für die keine Quell- und Ziel-Gemeinde bekannt ist, wurden anteilmässig gleichverteilt auf alle bekannten Beziehungen. Zur Disaggregation der Pendlerwege wurde folgender Schlüssel verwendet:

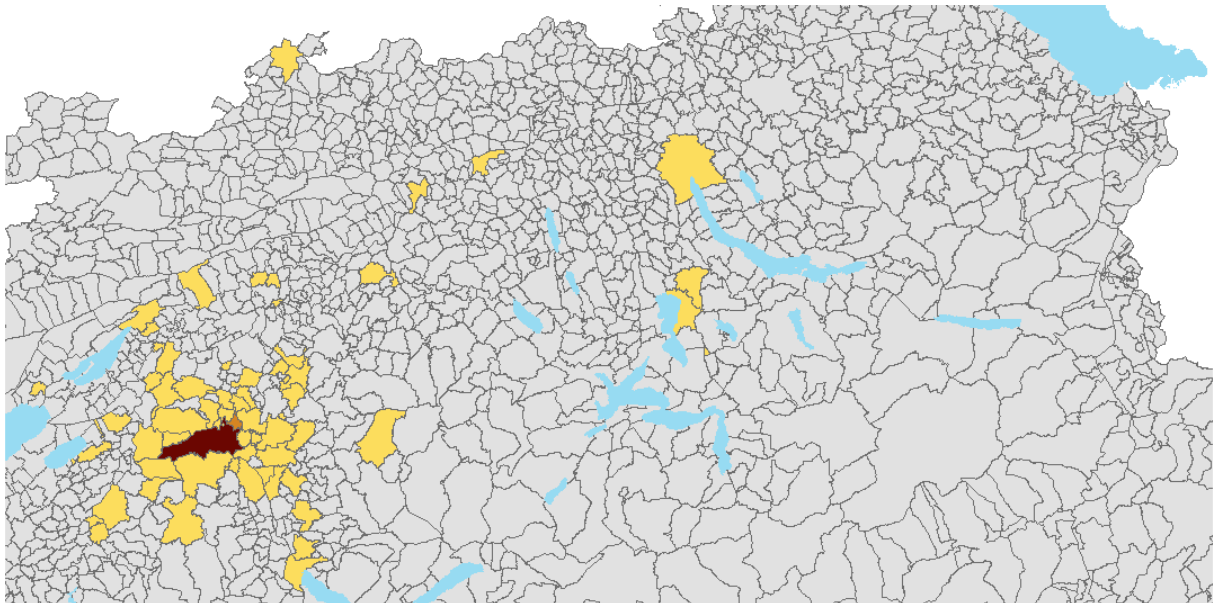
$$\text{Wege}_{\text{FaLC}} = \text{Wege}_{\text{Gmd}} \times \frac{\text{Einwohner pro FaLC Zone}}{\text{Einwohner pro Gemeinde}} \times \frac{\text{Erwerbstätige pro FaLC Zone}}{\text{Erwerbstätige pro Gemeinde}}$$

Folglich geht es in diesem Arbeitsschritt darum zu prüfen, ob die Resultate in FaLC auch die Pendlermatrix entsprechend abbilden. Zudem interessiert die Frage, ob die Pendlerdistanzen und -verteilung nun tatsächlich wesentlich plausibler sind als die Resultate des bisherigen IPF-Algorithmus.

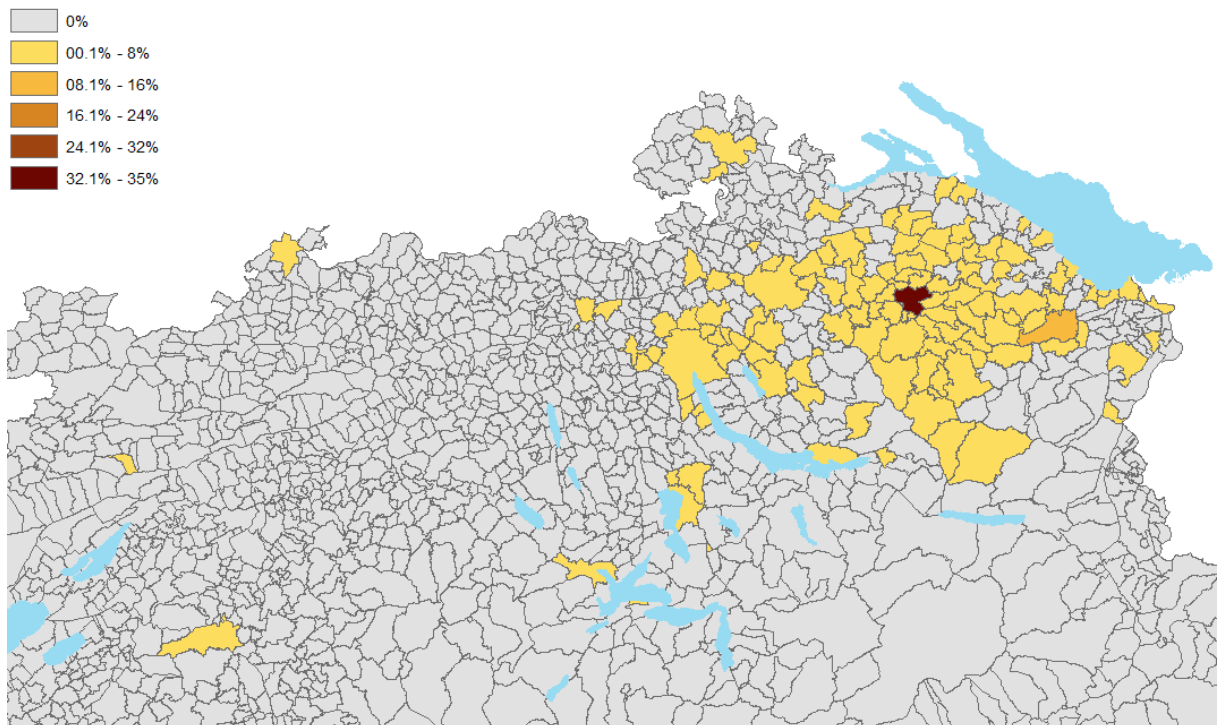
Pendlerverteilung

In Abb. 9 sind exemplarisch die in FaLC resultierende Verteilung der Arbeitsplätze der Erwerbstätigen in Ittigen (BE) und Wil (SG) dargestellt. In beiden Fällen sind die bevorzugten Arbeitsplätze in angrenzenden Gemeinden sowie an Knotenpunkten gut ersichtlich.

Abb. 9 Räumliche Pendlerverteilung anhand von zwei Beispielen (2016)



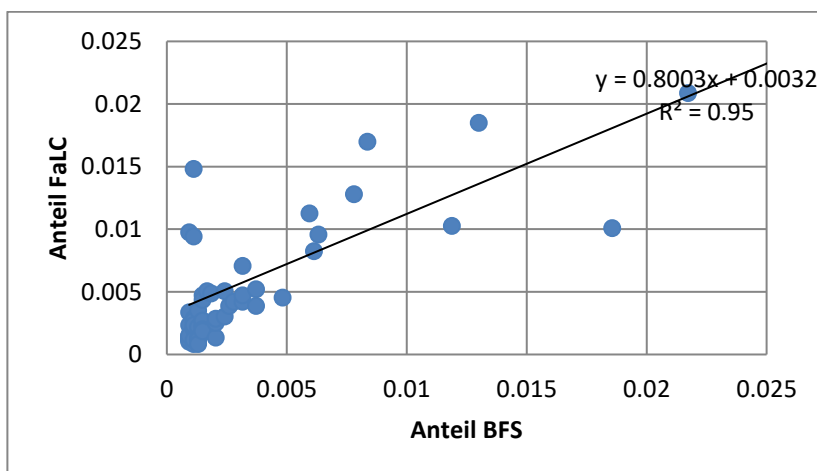
Pendlerbeziehungen ab Wohnort Ittigen



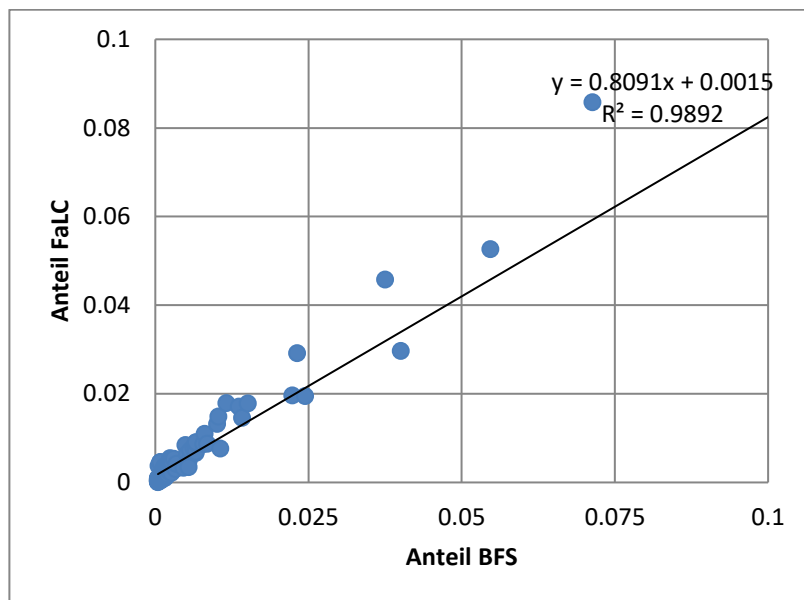
Pendlerbeziehungen ab Wohnort Wil (SG)

Die Übereinstimmung der Pendlerverteilung gemäss Pendlermatrix des BFS und der davon abgeleiteten Verteilung in der FaLC-Population ist auf Stufe der NPVM-Zonen gut. Das sich ergebende Bestimmtheitsmass R^2 ist in den Beispielen zwischen 0.95 und 0.99 – wobei die Monte-Carlo-Simulation jeweils leicht unterschiedliche Resultate ergibt. Vereinzelt sind aufgrund der zufälligen Reihenfolge der Zuordnung und der Monte-Carlo-Simulationen Unterschiede zwischen BFS und FaLC augenfällig.

Abb. 10 Vergleich der Pendleranteile der NPVM-Zonen gemäss BFS und in der FaLC-Population anhand von zwei Beispielen (2016)



Pendlerbeziehungen ab Wohnort Ittigen (BE)



Pendlerbeziehungen ab Wohnort Wil (SG)

2.9 Qualifikation Erwerbstätigkeit

Skript	properties/variables/CalcVar_qualified_employees_v01.xml
Datenbasis	Wahrscheinlichkeiten aus Strukturerhebung (SE) assumptions/qualifiedWorkerProbability_CH_v03.csv
Output	position_in_bus

Die SynPop aus FaLC umfasst quelseitig, d.h. bei der Wohnbevölkerung, die Unterscheidung zwischen den Stufen erwerbslos, Lehrling, einfacher Mitarbeiter, qualifizierter Mitarbeiter, Geschäftsleitung und Geschäftsführer. Zielseitig, d.h. bzgl. der Arbeitsplätze, wird zwar nach Branchen, nicht jedoch nach Qualifikationsstufe der Arbeitsplätze unterschieden. Diese Abbildung bedarf Modellerweiterungen, die im Rahmen dieses Projekts nicht adressiert wurden. Die quelseitige Einteilung nach Qualifikationsstufen wird in FaLC anschliessend aggregiert, um die binäre Verteilung (einfach, qualifiziert) gemäss den Anforderungen für das NPVM zu erfüllen. Im NPVM werden einfache und qualifizierte Arbeitnehmer und Arbeitsplätze unterschieden; die Klassifizierung orientiert sich an Kategorien des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015 (MZMV, siehe Tabelle unten).

2.9.1 Aufbereitung

Die Datengrundlagen der SynPop (d.h. die Registerdaten von STATPOP und STATENT) erlauben bereits die Bezeichnung erwerbsloser Personen sowie von Lehrlingen. Um das Qualifikationsniveau (einfach, qualifiziert) für die Arbeitnehmer zu ermitteln, sind weder in STATENT noch in STATPOP Angaben vorhanden. Hierzu stehen nur verschiedene Informationen zu den Personen zur Verfügung, die, zusammen mit dem Qualifikationsausweis in der Strukturerhebung erhoben wurden:

- Geschlecht
- Alter
- Höchste Ausbildung
- Arbeitspensum

Entlang obiger Kriterien und der Häufigkeit in der Strukturhebung kann die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, aufgrund welcher eine beschäftigte Person mit den obigen vier Eigenschaften zur Kategorie einfacher Mitarbeiter, qualifizierter Mitarbeiter oder Geschäftsleitung zählt. Die Qualifikationsniveaus werden anschliessend unter Berücksichtigung der Verteilungen mit einer Monte-Carlo Simulation zugewiesen.

Die FaLC-Gruppen Geschäftsleitung und qualifizierte Mitarbeiter gelten anschliessend im NPVM als Personen mit einer qualifizierten Arbeit (vgl. Tab. 8). In FaLC gibt es zusätzlich genau einen Geschäftsführer pro Firma, dieser stammt aus der Gruppe der Geschäftsleitung. Gibt es keine Geschäftsleitung in dieser Firma gemäss SynPop, wurde der älteste Mitarbeiter als Geschäftsführer codiert. Gibt es die Kombination der vier Merkmale so nicht in den Daten der Strukturhebung, wird das Qualifikationsniveau „einfacher Mitarbeiter“ vergeben (dies betrifft indes nur rund 250 Fälle, d.h. unter 0.01%).

Tab. 8 Kodierung der Erwerbstätigen

Beschrieb Strukturhebung (BFS 2011-2015) STATUSINEMPL_LEGAL	Einteilung FaLC	Einteilung für NPVM
Selbständige mit Arbeitnehmer(n)	Geschäftsleitung	qualifizierter Mitarbeiter
Selbständige ohne Arbeitnehmer	Geschäftsleitung	qualifizierter Mitarbeiter
Mitarbeitende Familienmitglieder	einfacher Mitarbeiter	einfacher Mitarbeiter
Direktoren/-innen, Direktionsmitglieder	Geschäftsleitung	qualifizierter Mitarbeiter
Arbeitnehmende mit Vorgesetztenfunktion	qualifizierter Mitarbeiter	qualifizierter Mitarbeiter
Arbeitnehmende ohne Vorgesetztenfunktion	einfacher Mitarbeiter	einfacher Mitarbeiter

2.9.2 Validierung und Kalibration

Zur Validierung wurden die schweizweiten Anteile an Geschäftsleitung, qualifizierter Mitarbeiter und einfacher Mitarbeiter aus den Daten der Strukturhebung (2011-2015) des BFS den drei Kategorien aus den von FaLC modellierten Daten gegenübergestellt.

Tab. 9 Vergleich des Anteils der qualifizierten Mitarbeiter in FaLC und in der Strukturhebung

Qualifikationsniveau	FaLC	Strukturhebung
Geschäftsleitung (1)	18.1%	15.9%
Qualifizierter Mitarbeiter (11/12)	18.6%	19.5%
Einfacher Mitarbeiter (20)	63.3%	64.7%

Obenstehende Tabelle zeigt, dass die einfachen Mitarbeiter gut geschätzt werden, während qualifizierte Mitarbeiter resp. Geschäftsleitung von FaLC leicht unter- resp. überschätzt wurden (rund 2 Prozentpunkte). Aufgrund der geringen Abweichungen und da diese zwei Kategorien nach Ermittlung des Geschäftsführers für die Verwendung im NPVM wieder aggregiert werden (siehe folgendes Kapitel), wird das Ergebnis der Modellierung als hinreichend genau angesehen.

Ein weiterer Abgleich der Qualifikationsniveaus erfolgte zum für das NPVM relevanten MZMV. Alle wesentlichen Kennziffern zur Mobilität (Wegeaufkommen, Modal Split), die im NPVM hinterlegt werden, basieren auf dem MZMV. Die Ermittlung der verkehrlichen Kennziffern erfolgt – in Abstimmung zu FaLC – ebenfalls differenziert für einfache und qualifizierte Erwerbstätige. Die Definition der Qualifikationsniveaus im MZVM kann in folgender Tabelle nachvollzogen werden:

Tab. 10 Gruppierung der Erwerbstätigkeit im MZMV 2015

MZMV-Variable		Kategorisierung MZMV	Zuweisung SynPop
F40800A	Selbstständig Erwerbende(r)	Selbstständig	Qualifiziert
F40800A	Arbeitnehmer(in) in der AG oder GmbH, welche IHNEN selbst gehört	Selbstständig	Qualifiziert
F40800A	Arbeitnehmer(in) im Familienbetrieb von einem Haushaltsmitglied	Selbstständig	Qualifiziert
F40800A / F41100A	Arbeitnehmer(in) bei einem sonstigen privaten oder öffentlichen Unternehmen & Angestellt ohne Cheffunktion	Angestellter	Einfach
F40800A / F41100A	Arbeitnehmer(in) bei einem sonstigen privaten oder öffentlichen Unternehmen & Angestellt mit Chefposition und unterstellten Mitarbeitern	Kader	Qualifiziert
F40800A	Lehrling	keine Zuweisung	Angestellt & Schüler
F41100A	Angestellt ohne Cheffunktion	kombiniert mit Variable F40800A	
F41100A	Angestellt mit Chefposition und unterstellten Mitarbeitern	kombiniert mit Variable F40800A	
F41100A	Angestellt als Mitglied von der Direktion oder Geschäftsleitung	Kader	Qualifiziert

Im Vergleich der schweizweiten Verteilung stehen den modellierten Werten in FaLC (einfacher Mitarbeiter: 63.3%, qualifizierter Mitarbeiter: 36.7%, siehe oben) folgende Werte des MZMV gegenüber: 64.2% aller Arbeitswege im MZMV werden von «einfachen Erwerbstätigen» realisiert, 35.8% von «qualifizierten Erwerbstätigen». Auch dieser Abgleich wird als für die Modellierung im NPVM hinreichend genau gesehen.

2.10 Schüler und Studenten am Wohnort

Skript	properties/variables/CalcVar_position_in_education_v02.xml properties/variables/CalcVar_schoolType.xml
Datenbasis	Statistik der Lernenden des BFS (2016) assumptions/pupils_students__CH_180827.csv
Output	Personen: position_in_edu Unternehmen: school_type

Die Basisdaten des BFS (geokodierte Daten zu den Wohnstandorten der Schüler und Studierenden sowie den Schulstandorten) wurden vom Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) aufbereitet, aggregiert und dem Auftragnehmer die Randsummen der Anzahl Schüler und Studenten am Wohnort für die Verkehrszonen zur Verfügung gestellt. Des Weiteren standen die gekodierten Schulstandorte, aggregiert auf die Verkehrszonen, zur Verfügung. Diese werden nicht für die Erstellung der Wohnstandort-orientierten SynPop benötigt, fanden jedoch Verwendung bei der Bereitstellung zweiseitiger Strukturdaten für das NPVM.

Es werden für die Verkehrszonen die folgenden Randsummen verwendet:

- Schüler (Primarschüler, Sekundarschüler, Lehrlinge) im Alter 6-17 und 18-24 Jahre;
- Studenten im Alter 18-24, 25-44 sowie 45 und älter.

Von 1.32 Millionen Lernenden im vom BFS zur Verfügung gestellten Datensatz sind ca. 20'000 Fälle (1.5%) ohne Geokoordinate des Wohnsitzes (nur Gemeindegemeinde vorhanden oder Wohnsitz im Ausland). Für ca. 12'000 dieser Fälle konnte vom ARE über den Gemeindegemeindenamen eine (entsprechend gröbere) Verortung vorgenommen werden, in dem der Mittelpunkt der Gemeinde als jeweiliger Standort hinterlegt wurde

Von 239'000 Studierenden im Datensatz sind 14'500 Fälle (6%) ohne Geokoordinate des Wohnsitzes. Da keine weiteren Informationen vorlagen, um diese Fälle zu verorten, wurde die Anzahl Studierende pauschal über alle Verkehrszonen um 6% erhöht. Für 32'000 Fälle liegen Koordinaten zum Erst- und zum Zweitwohnsitz vor (für 191'000 Fälle liegen nur die Koordinaten des Erst-Wohnsitzes vor). Lag Erst- und Zweitwohnsitz vor, wurde davon ausgegangen, dass der Zweitwohnsitz der für die Verortung relevante ist.

Auswertung

Die vom ARE zur Verfügung gestellten Daten enthielten Zusammenfassungen der Alters- und Bildungsstufen. Schüler besuchen die Primar- oder Sekundarschule und sind nicht älter als 24 Jahre. Studenten besuchen Einrichtungen der tertiären Bildungsstufe und sind maximal bis 64 Jahre alt.

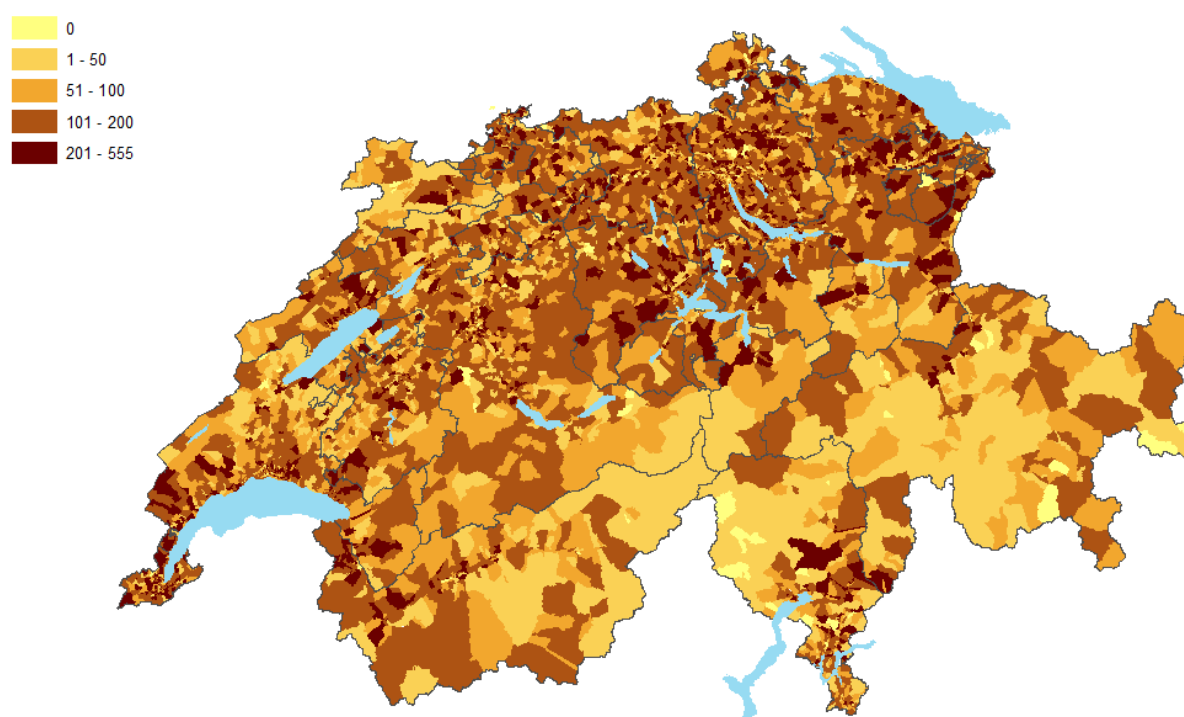
Plausibilisierung

Es wurden für Anzahl Schüler, Anzahl Studenten, Anzahl Schüler und Studenten, Anteil Schüler an der Bevölkerung zwischen 0 und 17 Jahren sowie Anteil Studenten an der Bevölkerung zwischen 18 und 59 Jahren je eine Karte erstellt. Dabei fiel auf, dass es einzelne Zonen gibt mit mehr Schülern als Einwohnern. Der durchschnittliche Anteil der Schüler zwischen 0 und 17 Jahren an der Bevölkerung liegt bei 64.7%. Die Obergrenze für Anzahl Schüler pro Zone wurde auf 90% der Bevölkerung zwischen 0 und 17 Jahren festgelegt. Dadurch mussten rund 2'300 Schüler des Datensatzes gelöscht werden (gemessen an den total 1'518'041 Personen

zwischen 0 und 17 sind dies weniger als 0.2%). Auch bei den Studenten gab es in einzelnen Zonen mehr Studenten als total Einwohner. Aufgrund der 6% fehlenden Fälle (sowie deren pauschalen Hochrechnung, siehe oben) sowie der für die Studierenden relevanten Thematik der Erst- und Zweitwohnsitze, besteht grundsätzlich eine grössere Unsicherheit über die effektive Anzahl Studierende je Verkehrszone. Die Obergrenze für Anzahl Studierende pro Zone wird deshalb durch die Bevölkerungszahl zwischen 18 und 64 Jahren festgelegt.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die Verteilung der Schüler und Studenten über die Schweiz. Die Schülerzahlen korrelieren grundsätzlich stark mit der Bevölkerungsverteilung. Die Regionen mit Hochschulen resp. guten Anbindungen zu solchen lassen sich in der Verteilung der Studenten gut erkennen.

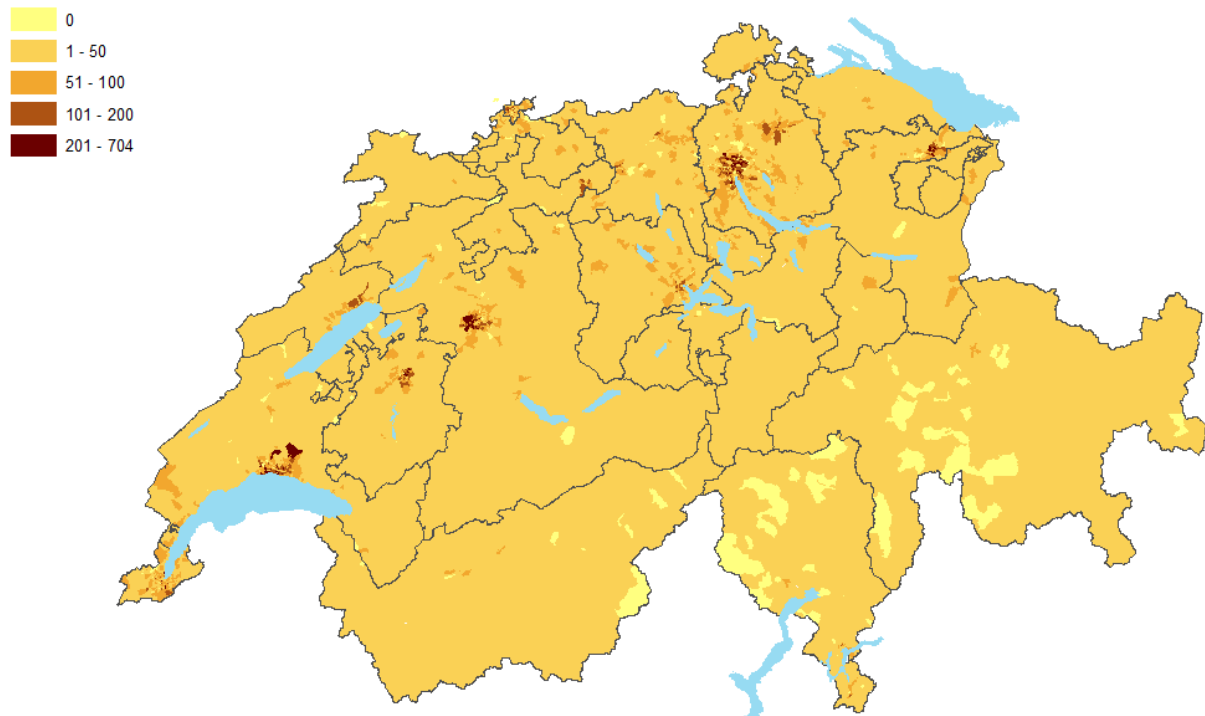
Abb. 11 Verteilung der Schülerzahlen 2016 (am Wohnort)



Die Schüleranzahl nach Wohnort variiert stark. Das einwohnerreiche Mittelland ist gut von den Bergregionen zu unterscheiden. Es gibt nur wenige Zonen ohne Schüler.

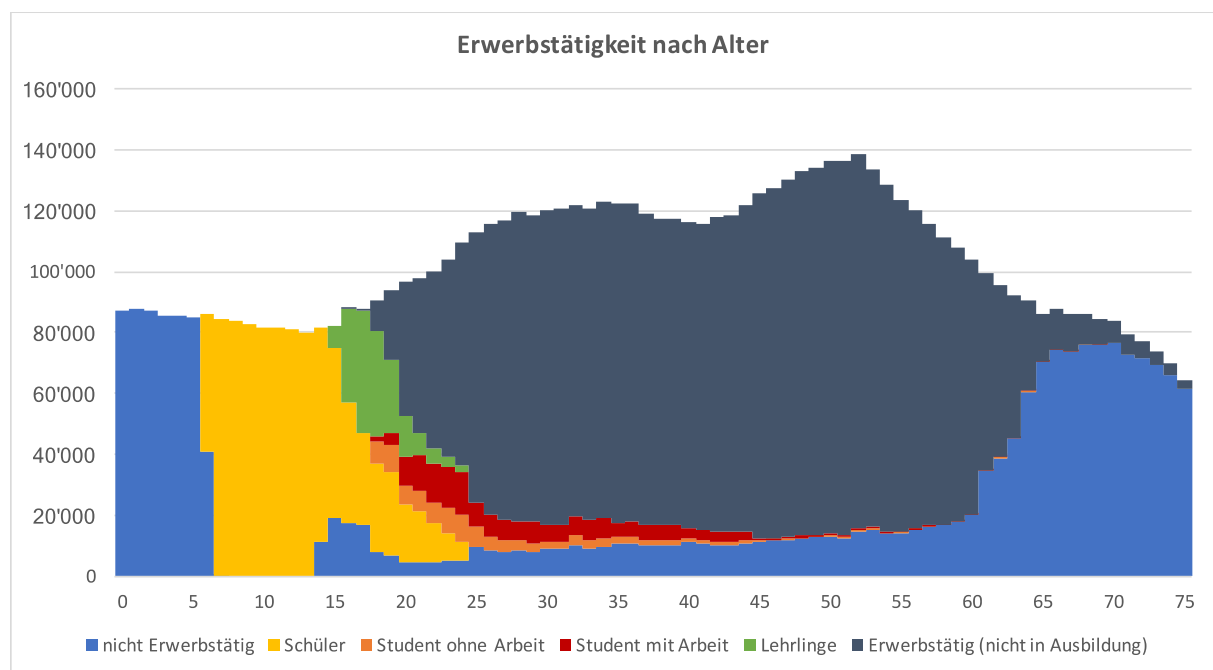
Die meisten Studenten wohnen in der Nähe einer Hochschule oder an der Achse Bern-Zürich, wo es gute Pendlerverbindungen gibt. Ganz allgemein weisen die Daten damit ein realistisches Bild der räumlichen Verteilung auf. Dennoch wohnen in fast jeder Zone mindestens einige wenige Studenten. Es ist davon auszugehen, dass die Verortung der Studierenden in gewissem Umfang mit Unsicherheiten verbunden ist: allenfalls wurde ein Erstwohnsitz (Heimatort) angegeben, eigentlich wird aber ein anderer Wohnsitz in der Nähe der Hochschule genutzt; die Annahme darüber, dass der Zweitwohnsitz (falls genannt) der für den Lebensmittelpunkt relevante Standort ist, kann falsch sein.

Abb. 12 Verteilung der Studentenzahlen (am Wohnort)



Die folgende Abbildung zeigt die grundsätzlich plausible Verteilung der Schüler, Studenten und Erwerbstätigen nach Status und Alter.

Abb. 13 Verteilung Schüler, Studenten und Erwerbstätige nach Alter



2.11 Schultypen, Schüler und Studenten am Schulort

Skript	properties/variables/CalcVar_schoolType.xml properties/variables/CalcVar_npvm_empl_visitors_v05.xml
Datenbasis	NOGA-Codes Statistik der Lernenden des BFS (2016) Vollzeitäquivalente nach NOGA Code multipliziert mit Faktor
Output	school_type, Spalten pupils_I, pupils_II, pupils_apprentice und students in Output NPVM

Den Firmen bzw. an dieser Stelle Bildungseinrichtungen aus STATENT kann in FaLC ein Ausbildungstyp anhand der NOGA-Codes zugewiesen werden. Für die Zuweisung wurde der folgende Schlüssel verwendet:

Tab. 11 Bildungseinrichtungen gemäss NOGA-Codes aus STATENT

Schultypen	NOGA-Codes (btype)
0 Keine Schule	-
1 Primarschule	851000, 852001, 852002, 852003
2 Sekundarschule	853101, 853102, 853103, 853200
3 Fachhochschule, Berufsbildung	854100, 854202, 854203, 855903
4 Universitäten	854201
99 Übrige Schulen	855100, 855200, 855300, 855901, 855902, 855904

Für die Bestimmung der Anzahl an Schulplätzen je Verkehrszone konnte direkt auf die vom BFS bereitgestellten und vom ARE daraufhin aufbereiteten Daten abgestellt werden. Analog zum Wohnort der Schüler lieferte das ARE auf die Verkehrszonen aggregierte Daten auf Basis der geokodierten Schüler am Schulort (= Anzahl Schulplätze). Folglich musste für die Schulplätze keine approximative Hochrechnung unter Verwendung der VZÄ nach Schultypen angewendet werden.

Da für die Studierenden am Studienort (= Studienplätze) keine gleichwertige Information aus den BFS-Daten abgeleitet werden konnte, werden die Studienplätze über die Anzahl an Beschäftigten an den Hochschulen approximativ bestimmt.

Die Hochrechnung der Studienplätze SP in Zone Z wird somit anhand der VZÄ der betrachteten Aktivitäten A (in diesem Fall Fachhochschule, Berufsbildung und Universitäten) und einem Umrechnungsfaktor s für die entsprechende Aktivität berechnet:

$$SP_{A,Z} = VZÄ_{A,Z} \times s_A$$

Dabei müssen mindestens 50 VZÄ pro Zone in der Aktivität A vorhanden sein. Dieser Wert wurde empirisch festgelegt und hat den Zweck, dass es keine Zonen mit unrealistisch wenigen Studienplätzen gibt.

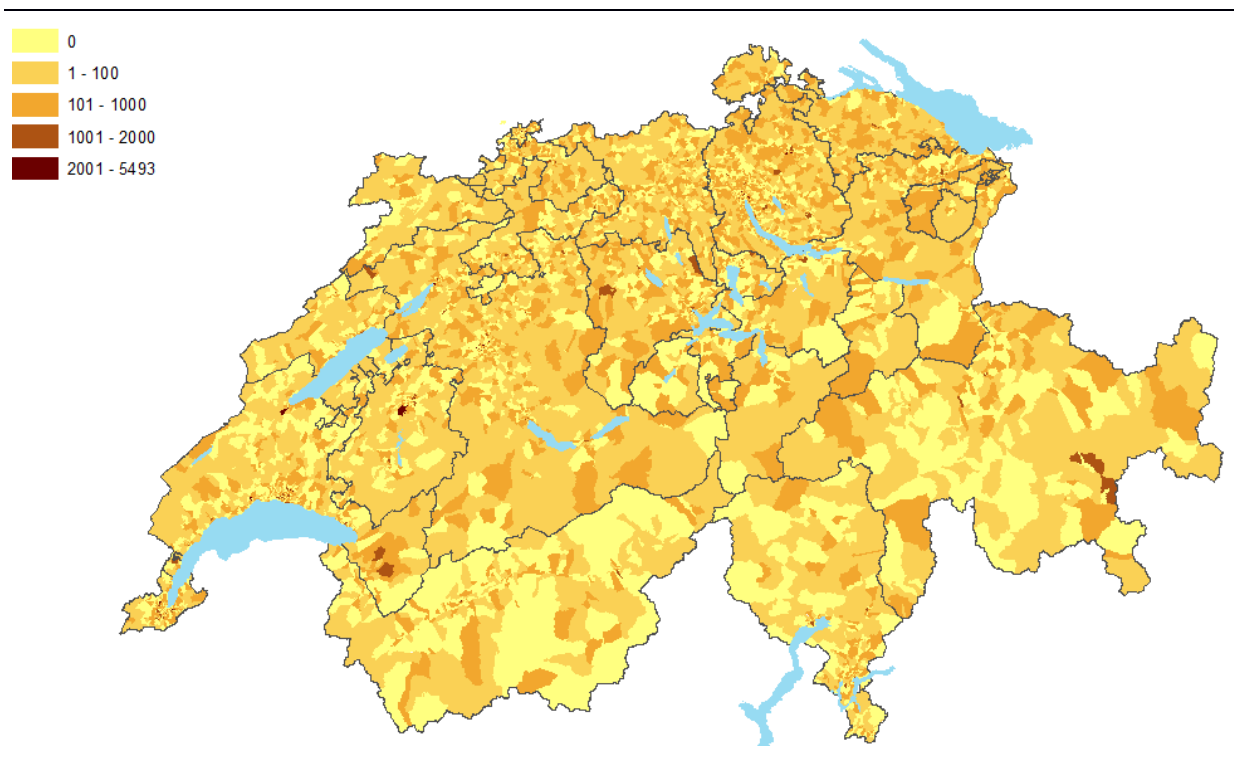
Die folgende Tabelle zeigt den relevanten NOGA-Code für die Aktivität «Hochschule» und die Annahme für den entsprechenden Umrechnungsfaktor.

Tab. 12 Hochrechnung der Studienplätze

Aktivität	NOGA-Bezeichnung	NOGA-Codes	Studierende/VZÄ (s _A)
Universität	Tertiärer Unterricht	8542	5.9

Aufgrund der feinen NPVM-Zonen insbesondere in den Städten ist die Verteilung der Schulen gerade auch innerhalb der Gemeinden ersichtlich (vgl. Abb. 14). Einige Zonen weisen sehr hohe Schüleranzahlen auf: Es ist anzunehmen, dass in diesen Zonen z.B. Bezirksschulen oder Internate zu finden sind. Beispielsweise fällt diesbezüglich das Lyceum Alpinum Zuoz im Kanton Graubünden aus sowie Beispiele im Waadtland mit der Leysin American School und dem Collège Alpin in Ollon.

Abb. 14 Verteilung Schulplätze 2016



Die Verteilung der Studienplätze an Hochschulen und Universitäten konzentriert sich vor allem auf einige wenige Hochschulstandorte wie Zürich, Bern und Lausanne. Dies wird im Datensatz entsprechend abgebildet.

Abb. 15 Verteilung Studienplätze 2016



Die Studienplätze weisen die erwartete Verteilung auf. Es werden auch Hochschulen wie die Zürcher Hochschule der Künste ZHdK abgebildet, was die vielen kleineren Werte erklärt. In der Stadt Zürich sind die Hochschulstandorte ETH (Zentrum und Hönggerberg) sowie Universität Zürich (Zentrum und Irchel) klar zu erkennen.

2.12 Einkommen

Skript	properties/variables/CalcVar_income_v07pfpb.xml
Datenbasis	Salarium Einkommensrechner 2016 (BFS) Steuerbares Einkommen je Gemeinde (BFS) diverse
Output	INCOME

Das in FaLC modellierte mittlere Haushaltseinkommen weicht um ca. 3% vom durchschnittlichen verfügbaren Einkommen gemäss Haushaltsbudgeterhebung 2015 ab. Im Vergleich zu einer früheren Version der Einkommensmodellierung, bei der zwar das mittlere Einkommen reproduziert, aber zu wenige abweichende, d.h. deutlich höhere/tiefere Einkommen, richtig modelliert wurden, konnte die Varianz deutlich erhöht werden. Neu weist das Einkommensmodell eine Standardabweichung von rund +/- CHF 36'000 bezogen auf den Jahreslohn aus. Dies ist v.a. auf die Einführung der qualifizierten Arbeitsplätze und deren höhere Löhne zurückzuführen sowie auf die Berücksichtigung der Teilzeitarbeit. Nachfolgend sind Konzept und Vorgehen zur Ermittlung der Einkommen in FaLC beschrieben.

2.12.1 Konzept

Das Einkommen (pro Person und Haushalt) ist in FaLC ein wichtiger Faktor in Hinblick auf andere Teilmodelle, die durch das Einkommen beeinflusst werden: Das Einkommen bildet eine Grundlage für die Modellierung der Mobilitätswerkzeuge, des Erwerbs von Wohneigentum und determiniert – neben anderen Grössen – die Wohnstandortwahl.

Die Grundstruktur sieht eine Modellierung des Einkommens entlang von 4 Teilmodellen vor (siehe Tabelle 14 für die Klassenbeschreibung). Wenn sich eine Person in der Klasse 0 (Kindheit) befindet, wird sie kein eigenes Einkommen haben (abgesehen von der Kinderzulage). Danach sind die Personen jeweils in Ausbildung und fallen in die Klasse 3. Für Studierende bedeutet dies, dass sie ein kleines Einkommen in der Höhe der Sozialhilfe erhalten. Mit Aufnahme einer Erwerbstätigkeit gilt Klasse 1. Dieses Einkommen wird mithilfe der Bruttolohnschätzung des BFS (2014) modelliert.

Scheidet in einem Simulationslauf in den jährlichen Zyklen eine erwerbstätige Person vor dem Pensionsalter aus einem Unternehmen aus, wird sie in FaLC während einem Jahr arbeitslos (Klasse 2) und erhält 80% des bisherigen Einkommens. Danach erhalten die Personen wieder einen Grundbetrag, der die Sozialhilfe widerspiegeln soll.

Tab. 13 Konzept Einkommen

	Status of Employment	FaLC-Modell
-	0 Childhood	kein Modell, Annahme: 200 CHF/Monat*
EMPLOYED	1 Employed	Salarium BFS (2016): Bruttolohnschätzung Separates Teilmodell für Geschäftsleitung
NON-EMPLOYED	2 Unemployed Unemployed Max. 1 Year	80% des bisherigen Einkommens
	3 Disqualified/Student Social welfare	Sozialhilfe
	9 Retired	Pension

* (gesetzliche) Kinderzulage

Somit kann das Einkommensmodell im Wesentlichen in zwei Untergruppen unterteilt werden: Einkommen für Erwerbstätige und Einkommen für Nicht-Erwerbstätige. Das Einkommen im Haushalt wird anschliessend in zwei Schritten berechnet : a) wird pro Person das effektiv verfügbare Einkommen berechnet und b) wird das Haushaltseinkommen als Summe der Einkommen der Haushaltsmitglieder ermittelt.

2.12.2 Erwerbstätige

Der Jahresbruttolohn JBL einer Person P im Jahr j wird auf der Basis des standardisierten monatlichen Bruttolohns $MBLS$ gemäss Lohnrechner des BFS berechnet:

$$JBL_{P,j} = 13 \cdot MBLS_{P,j}$$

Der Lohnrechner „Salarium“ gilt als hedonisches Modell, das 14 Variablen zur Prädiktion der Einkommen berücksichtigt. Die Basis für das Einkommen bilden 10 vordefinierte Branchen. Das Modell berücksichtigt neben der Branche oder der Grösse des Unternehmens auch die individuellen und arbeitsbefähigenden Eigenschaften von einzelnen Personen.

Tab. 14 Variablen der Bruttolohnschätzung und ihre Transformation gemäss BFS (2016a)

Variable	Kürzel (BFS Salarium)	Typ	Transformation
0 Bruttolohn	mbls	quantitativ	log
1 Grossregion	gr	qualitativ	opscore
2 Branche	nog_2	qualitativ	opscore
3 Tätigkeit	taetigkeit	qualitativ	opscore
4 Qualifikationsniveau	aforni	qualitativ	monotone
5 Alter	alter	quantitativ	spline
6 Ausbildung	ausbild	qualitativ	opscore
7 Geschlecht	geschle	binär	opscore
8 Unternehmensgrösse	ta3	quantitativ	opscore
8 Aufenthaltsstatus	natkat	qualitativ	opscore
10 Dienstjahre	dienstja	quantitativ	monotone
11 Beschäftigungsgrad	ibgrs	qualitativ	monotone
12 Sonderzahlungen	Sonderza	binär	opscore
13 Monats- oder Stundenlohn	bestz_iwaz	binär	opscore
14 Dreizehnter Monatslohn	xiimloh	binär	opscore

Quellen: BFS (2014), adaptiert gemäss BFS (2016a)

Im Folgenden sind die erklärenden Variablen beschrieben gemäss dem zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung abrufbaren Salarium (BFS, 2016a). Dabei werden zunächst die entsprechenden Variablen des Salariums mit den korrespondierenden Variablen bzw. Werten in FaLC verknüpft. Im Falle nicht übereinstimmender Ausprägungen der Variablen wurde eine Korrespondenzkategorie in FaLC festgelegt – die jeweilige Kategorie ist nachfolgend fett markiert. Es handelt sich dabei dann jeweils um die Kategorie mit den statistisch am häufigsten auftretenden Werten.

Region

Die Regionen in der Schweiz unterscheiden sich teilweise im Einkommen für dieselbe Tätigkeit. So verdient ein Lehrer in Zürich mehr als ein Lehrer in St. Gallen. Dafür zahlt jener aber auch wieder mehr Steuern und hat höhere Lebenshaltungskosten. In FaLC sind die Kantone als Attribute der Gemeinden vorhanden, welche in die im Salarium ausgeschiedenen Grossregionen aggregiert werden können.

FaLC-ID	FaLC	BFS	Beschrieb Grossregion
1	Zürich	4	Zürich (ZH)
2	Bern	2	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)
3	Luzern	6	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)
4	Uri	6	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)
5	Schwyz	6	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)
6	Obwalden	6	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)
7	Nidwalden	6	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)
8	Glarus	5	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG)
9	Zug	6	Zentralschweiz (LU, UR, SZ, OW, NW, ZG)
10	Fribourg	2	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)
11	Solothurn	2	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)
12	Basel-Stadt	3	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)
13	Basel-Landschaft	3	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)
14	Schaffhausen	5	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG)
15	Appenzell ARh	5	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG)
16	Appenzell IRh	5	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG)
17	St. Gallen	5	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG)
18	Graubünden	5	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG)
19	Aargau	3	Nordwestschweiz (BS, BL, AG)
20	Thurgau	5	Ostschweiz (GL, SH, AR, AI, SG, GR, TG)
21	Ticino	7	Tessin (TI)
22	Vaud	1	Genferseeregion (VD, VS, GE)
23	Wallis	1	Genferseeregion (VD, VS, GE)
24	Neuchâtel	2	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)
25	Genève	1	Genferseeregion (VD, VS, GE)
26	Jura	2	Espace Mittelland (BE, FR, SO, NE, JU)

Branche

Die Wirtschaftszweige in FaLC basieren auf der Unterteilung, die für die Schätzung der Standortwahlmodelle für die Unternehmen verwendet wurde (vgl. Bodenmann, 2011). Die gewählten Branchen basieren auf den NOGA-Abschnitten nach der Klassifizierung von 1995 und 2002 (vgl. BFS, 2002). Diese Unterteilung wurden anhand von Ähnlichkeiten in Tätigkeiten im Produktlebenszyklus überarbeitet (Bodenmann, 2006) und auch von anderen Projekten übernommen (z.B. Bürgle, 2006). Für die Modelle in FaLC wurde die NOGA-Klassifizierung auf den Stand 2008 umgerechnet.⁵ Die Zuweisung der Wirtschaftszweige aus dem Salarium zu den FaLC-Branchen ist wie folgt:

⁵ Die verschiedenen NOGA-Klassifizierungen 1995, 2002 und 2008 unterscheiden sich teilweise beträchtlich, insbesondere der NOGA Code 2008 ist kaum vergleichbar mit den beiden Vorgängerversionen. In den Berichten zu FaLC wird deshalb darauf geachtet, ausschliesslich mit der Kodierung

FaLC-ID	FaLC	NOGA_08	NOGA_08	Beschrieb NOGA_08
1	agriculture	1-7	10	Herstellung Nahrungs- und Futtermitteln
2	production	10-35,41-43	28	Maschinenbau
3	wholesale	45-46,49-53	46	Grosshandel
4	retail	47	47	Detailhandel
5	gastronomy	55-56	56	Gastronomie
6	finance	64-66	64	Finanzdienstleistungen
7	services fC (for Companies)	58,60-63,69-82	74	Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten
8	other services	59,68,86-90,92-96	82	Dienstleistungen für Unternehmen und Privatpersonen
9	others	97-98	96	Sonstige überwiegend persönliche Dienstleistungen
10	non movers	8-9,84-85,91,99	85	Erziehung und Unterricht

Der erste Sektor (Landwirtschaft) wird im Salarium nicht abgebildet. Um einen möglichst realitätsnahen Wert zu erhalten, wird für den Agrarsektor der Referenzlohn des Wirtschaftszweigs „Herstellung Nahrungs- und Futtermitteln“ (NOGA 10) herangezogen. Die Modellresultate sind im Bereich der Richtlöhne der Schweizer Landwirtschaft (verschiedene Stichproben ergaben Abweichungen von maximal +/- 5-10%). Unter der Berücksichtigung, dass die schweizweiten Richtlöhne die Lohnlandschaft ungenau abbilden, wird der gewählte Referenzlohn beibehalten (vgl. Richtlöhne Schweizer Landwirtschaft, www.agripuls.ch; Agroscope).

Tätigkeit: Berufsgruppen

Die Tätigkeiten sind vom Qualifikationsniveau und den Branchen des entsprechenden Arbeitsplatzes abhängig und sind wie folgt zugeordnet:

FaLC ID	FaLC Beschrieb	BFS Lohnrechner Geschäftsführer (CEO)	BFS Lohnrechner Angestellte (Employee)
1	agriculture	10 Führungskräfte	72 Metallarbeiter, Mechaniker und verwandte Berufe
2	production	10 Führungskräfte	72 Metallarbeiter, Mechaniker und verwandte Berufe

2008 zu arbeiten (bzw. die entsprechende Nomenklatur zu verwenden). Die entsprechenden Abschnitte (Grossbuchstabe) und Abteilungen (2 Ziffern) sind indes teilweise nicht vergleichbar mit den alten Kategorien.

3	wholesale	10 Führungskräfte	41 Allgemeine Büro- und Sekretariatskräfte
4	retail	10 Führungskräfte	41 Allgemeine Büro- und Sekretariatskräfte
5	gastronomy	10 Führungskräfte	51 Berufe im Bereich personenbezogener Dienstleistungen
6	finance	10 Führungskräfte	43 Bürokräfte Finanz- u. Rechnungswesen, Statistik und Materialwirtschaft
7	services fC	10 Führungskräfte	21 Naturwissenschaftler, Mathematiker und Ingenieur
8	other services	10 Führungskräfte	75 Nahrungsmittelverarbeitung, verwandte handwerkliche Berufe
9	others	10 Führungskräfte	75 Nahrungsmittelverarbeitung, verwandte handwerkliche Berufe
10	non movers	10 Führungskräfte	75 Nahrungsmittelverarbeitung, verwandte handwerkliche Berufe

Stellung im Betrieb: Qualifikationsniveau

Das Qualifikationsniveau beschreibt die Kompetenzen einer Person, im Salarium abgebildet über die Kaderfunktion. Zu erwarten ist, dass je höher das Qualifikationsniveau, desto höher ist auch das Einkommen, bzw. der Bruttolohn. Gemäss BFS sind im Jahr 2016 rund 42% aller Erwerbstätigen in der Schweiz ohne Vorgesetztenfunktion (siehe BFS-ID 3, 4 und 5 in nachstehender Tabelle). Da die Kategorie «ohne Kaderfunktion» die am häufigsten auftretende der Gruppe ist, wird diese für FaLC als Referenzkategorie verwendet (fett markiert).

FaLC-ID	FaLC	BFS-ID	BFS Lohnrechner
1	CEO	1	Oberes Kader
11	Business Managment	1	Oberes Kader
12	Qualified employee	2	Mittleres Kader
2	Employee	3+4, 5	Unteres und unterstes Kader, ohne Kaderfunktion

Alter

Das Alter bzw. die damit assoziierte Berufserfahrung hat einen wesentlichen Einfluss auf das Einkommen. Verallgemeinernd gilt, dass je älter eine Person wird, desto mehr Erfahrung bringt sie mit und ein umso höheres Einkommen wird sie erwarten.

FaLC-ID	FaLC	BFS-ID	BFS Lohnrechner
[date]	Geburtsdatum	[integer]	Alter

Ausbildung

Die Ausbildung wird in einem separaten Modell in FaLC geschätzt (siehe Kapitel 2.3). Je nach Höhe des Ausbildungsgrades verfügt eine Person über Fähigkeiten, die sie gegenüber anderen Personen unterscheidet. Auch hier wird verallgemeinernd angenommen, dass je höher die Ausbildung, umso höher wird der Bruttolohn dieser Person sein. Auch an dieser Stelle war für die Kategorien gemäss BFS Lohnrechner eine jeweilige Referenzkategorie für FaLC zu bestimmen (fett markiert, jeweils die Kategorie mit der grössten Häufigkeit innerhalb der Gruppe). Dem BFS nach hatten im Jahr 2016 die meisten Personen in Ausbildungsgruppe 1 eine obligatorische Schulausbildung ohne Berufsbildung hinter sich, in Gruppe 2 hatten die meisten eine abgeschlossene Berufslehre, in Gruppe 3 ist der häufigste Wert die höhere Berufsbildung/Fachschule und in der Ausbildungsgruppe 4 haben die meisten Personen eine Hochschule besucht.

FaLC-ID	FaLC	BFS-ID	BFS Lohnrechner
1	Ohne nachobligatorische Ausbildung	7, 8	Obligatorische Schule, Ausbildung ausserhalb Unternehmen; Obligatorische Schule, ohne Berufsausbildung
2	Sekundarstufe II	5, 6, 9	Matura, Lehre , Andere Ausbildung
3	Tertiärstufe (Höhere Berufsbildung)	3, 4	Höhere Berufsbildung, Fachschule ; Lehrdiplom
4	Tertiärstufe (Hochschulen)	1, 2	Hochschule (Uni, ETH) ; PH, Fachhochschule

Geschlecht

Gemäss BFS Lohnrechner bestehen weiterhin statistisch relevante Unterschiede in der Einkommenshöhe, die bei ansonsten gleichen Voraussetzungen, auf das Geschlecht zurückzuführen sind.

FaLC-ID	FaLC	BFS-ID	BFS Lohnrechner
0	weiblich	1	weiblich
1	männlich	0	männlich

Unternehmensgrösse

Die Anzahl Mitarbeiter in einem Unternehmen wirkt sich auf das Einkommen einiger Berufsgruppen aus. Dies folgt der Überlegung, dass ein Geschäftsführer eines Unternehmens mit 5 Mitarbeitern weniger verdient, als ein Geschäftsführer der eine Firma mit 500 oder 5'000 Mitarbeitern leitet. Bei Berufsgruppen wie dem Handwerk, wirkt sich die Unternehmensgrösse hingegen geringer aus.

FaLC-ID	FaLC	BFS-ID	BFS Lohnrechner
[integer]	Anzahl Arbeitsplätze	1	< 20 Angestellte
[integer]	Anzahl Arbeitsplätze	2	>=20 und <50 Angestellte
[integer]	Anzahl Arbeitsplätze	3	>= 50 Angestellte

Aufenthaltsstatus

Der Aufenthaltsstatus (Schweizer Staatsangehöriger ja/nein) gibt weitere Aufschlüsse zum Einkommen. FaLC unterscheidet daher, ob der Aufenthaltsstatus Immigrant oder CH ist. Die Kategorie mit der grössten Häufigkeit (= Referenzkategorie für FaLC) sind gemäss BFS im mit fast 50% «etablierte» Ausländer/innen in der Schweiz.

FaLC-ID	FaLC	BFS-ID	BFS Lohnrechner
1	Immigrant	2, 3, 4, 5, 6	kurze Dauer, Aufenthaltsbewilligung, etabliert , Grenzgänger, Andere
0	CH	0	CH

Dienstjahre

Je länger eine Person bereits in einem Unternehmen tätig ist, desto höher wird – in der Regel – ihr Einkommen sein.

FaLC-ID	FaLC	BFS-ID	BFS
[integer]	Employed since (year)	[integer]	Dienstjahre

Das BFS (2015) gibt hier Auskunft darüber, dass über 50% aller Erwerbstätigen 5 oder mehr Jahre einem Unternehmen angehören.

Standardisierter individueller Beschäftigungsgrad

Die durchschnittliche Wochenarbeitszeit beträgt rund 41.7 Stunden (BFS, 2015). In FaLC werden deshalb für eine 100%-Stelle 42 Wochenstunden angenommen und das Einkommen gemäss einer 100%-Stelle berechnet und anschliessend mit dem Beschäftigungsgrad multipliziert.

Sonderzahlungen

Im Lohnrechner des BFS wird berücksichtigt, ob eine Person Sonderzahlungen erhält. Je nach Branche ist es sehr unterschiedlich, wie hoch der Anteil der Sonderzahlungen am Gesamtlohn ist. Wie zu vermuten ist, ist z.B. in der Forstwirtschaft dieser Anteil mit 0.2% sehr gering und umgekehrt in den Finanzdienstleistungen mit 16.9% sehr hoch (BFS 2015). Gleichzeitig erfolgen die Zahlungen häufig individuell und nicht in gleichem Masse für alle Arbeitnehmer einer Branche. Aufgrund dieser Unsicherheiten wird in FaLC der Lohn ohne Sonderzahlungen geschätzt.

Das Prinzip der Sonderzahlungen aufgreifend wird jedoch vereinfacht und für ausgewählte Arbeitnehmer ein Anteil des Lohnes gemäss BFS (Lohnkomponenten 2012) dazugezählt:

- Geschäftsführer von Firmen mit mehr als 4 Mitarbeitern (MA): 100% des Einkommens
- Qualifizierte Mitarbeiter in Firmen mit mehr als 4 MA: 50% des Einkommens
- Mitarbeiter in Firmen mit mehr als 4 MA in der Finanzbranche: 20% des Einkommens

Geschäftsführer von Unternehmen mit über 25 Mitarbeiter werden gesondert behandelt (vgl. Kap. 2.12.3).

Monats- oder Stundenlohn

Da erwartungsgemäss der häufigste Wert dieser Variable der "Monatslohn" ist, wird hier stets dieser Wert gewählt.

Dreizehnter Monatslohn

In der Mehrheit wird von Arbeitnehmern ein dreizehnter Monatslohn bezogen, daher wird stets dieser Wert gewählt. Tatsächlich ist diese Entscheidung auf den Jahreslohn irrelevant, da der

Lohnrechner die Jahreslohnsumme berechnet und anschliessend durch 12 bzw. 13 dividiert. Da in FaLC wiederum die Jahreslohnsumme berechnet wird, ändert sich nur der Faktor für die Jahressumme (in FaLC wird die Jahreslohnsumme dann über eine Multiplikation des Monatslohns * 12 ermittelt).

Berechnung

Das vom BFS entwickelte Regressionsmodell beschreibt mithilfe der erklärenden, transformierten Variablen den Logarithmus des standardisierten Bruttolohnes (= abhängige Variable) (Formel 1 in Abb. 16). Formel 2 und 3 unterscheiden sich leicht und eignen sich je für die unterschiedlichen Qualifikationsniveau-Gruppen. Formel 2 beschreibt den Bruttolohn für die Qualifikationsniveaus 2, 3 und 4, wobei Formel 3 den Bruttolohn für die CEOs formuliert. In Formel 3 wurde das Qualifikationsniveau entfernt und durch die Variable *tnog_2* ersetzt. Die mathematische Entwicklung ist nun dieselbe, wie für die Qualifikationsniveaus 2, 3 und 4. Die aktuelle Berechnungsformel (Stand 2016a) und insbesondere die Transformationen (identifiziert über das *t* vor den Variablennamen) werden vom BFS nicht publiziert und können deshalb nicht direkt übernommen werden.

In FaLC wird die Formel leicht adaptiert, um die verschiedenen Transformationen zu umgehen. Dabei wird ein Basislohn *MBaLS* aufgrund von Alter *a* und Branche *b* aus dem Salarium gelesen. Das Alter wird in 5-Jahres-Klassen ausgelesen und anschliessend interpoliert. Dabei wird von einer Referenzperson *R* mit Lehrabschluss in einem grossen Unternehmen, ohne Kaderfunktion mit 0 Dienstjahren ausgegangen. Der Lohnrechner gibt anschliessend die Resultate automatisch nach Geschlecht *g* und Aufenthaltsstatus *u* wieder.

Abb. 16 Formeln gemäss BFS (2008)

$$\log(mbls) = \beta_0 + \sum_{j=1}^p f_j(X_j) + \epsilon \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^p f_j(X_j) = & \beta_{anforni} * tanforni + \beta_{ausbild} * tausbild + \beta_{taetigk} * ttaetigk + \beta_{geschle} * tgeschle \\ & + \beta_{gr} * tgr + \beta_{natkat} * tnatkat + \beta_{berufst} * tberufst + \beta_{dienstja} * tdienstja \\ & + \beta_{ibgrs} * tibgrs + \beta_{sonderza} * tsonderza + \beta_{xiiimloh} * xiiimloh + \beta_{ta3} * tta3 \\ & + \beta_{bezstd_iwaz} * tbezstd_iwaz + \beta_{alter} * talter \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^p f_j(X_j) = & \beta_{nog_2} * tnog_2 + \beta_{ausbild} * tausbild + \beta_{taetigk} * ttaetigk + \beta_{geschle} * tgeschle \\ & + \beta_{gr} * tgr + \beta_{natkat} * tnatkat + \beta_{berufst} * tberufst + \beta_{dienstja} * tdienstja \\ & + \beta_{ibgrs} * tibgrs + \beta_{sonderza} * tsonderza + \beta_{xiiimloh} * xiiimloh + \beta_{ta3} * tta3 \\ & + \beta_{bezstd_iwaz} * tbezstd_iwaz + \beta_{alter} * talter \end{aligned} \quad (3)$$

Anschliessend werden die Unterschiede zwischen dem modellierten Gehalt des Arbeitnehmer P ($MBLS_P$) zur Referenzperson bezüglich Stellung im Betrieb $dSteB$, Ausbildung $dAusb$, Unternehmensgrösse $dUGr$, Grossregion $dGrR$ und Dienstjahre $dDienstj$ mit einem Bonus oder Malus berücksichtigt.

$$\log(MBLS_P) = \log(MBaLS_{a,b,g,u,R} + dSteB_P + dAusb_P + dUGr_P + dGrR_P + dDienstj_P)$$

Da auch die Modelle im Salarium nur einfache Additionen beinhalten, funktioniert das Vorgehen sehr gut. In Tests mit verschiedenen Eingabewerten sind die Fehler des geschätzten monatlichen Bruttolohns unter CHF 20.

In der Schweiz sind trotz eines starken Strukturwandels immer noch über 90% aller Erwerbstätigen Vollzeit angestellt (BFS 2015). Infolge dessen wurde für die Modellierung des Bruttolohnes in FaLC bis anhin angenommen, dass alle Erwerbstätigen zu 100% angestellt sind. Die Überschätzung des Beschäftigungsgrades führte zwangsläufig auch zu einer Überschätzung des Einkommens. Frühere Simulationen ergaben eine Überschätzung von ca. 13%. Bei der SynPop für das Jahr 2016 wurde der individuelle Beschäftigungsgrad bereits in der Basispopulation imputiert und konnte daher auch bei der Schätzung der Einkommen berücksichtigt werden.

Damit berechnet sich der Jahres-Bruttolohn JBL einer Person P durch Multiplikation des standardisierten monatlichen Bruttolohns $MBLS$ mit dem Beschäftigungsgrad bg und der Anzahl berücksichtigter Monate:

$$JBL_P = MBLS_P \cdot bg_P \cdot 12$$

Grenzen

Das vom BFS vorgeschlagene Modell um den Bruttolohn zu schätzen sieht keine Interaktionen zwischen den Variablen vor, obwohl man sich vorstellen könnte, dass sich Merkmale gegenseitig beeinflussen. Der Vorteil des vereinfachten Modellansatzes ist, dass die Resultate robust sind, auch in Ausnahmefällen plausible Löhne wiedergeben und letztlich auch leichter zu interpretieren sind (zumindest das im Projekt abgeleitete vereinfachte, additive Modell ohne Transformationen). Der Nachteil ist indes, dass mit diesem Modell besondere Konstellationen, die zu z.B. sehr hohen Löhnen führen, weniger gut abgebildet werden.

2.12.3 Erwerbstätige-Spezialfälle

Die Einkommen der Geschäftsleitung grösserer Unternehmen (ab 25 Mitarbeiter) werden in einem separaten Teilmodell geschätzt. In Anlehnung an den Gehaltsreport des Manager Magazins (2007), der Lohnstrukturerhebung 2014 und verschiedener Internetrecherchen werden die Einkommen der Geschäftsführer auf Basis der Grösse des Unternehmens, das sie leiten, wie folgt verteilt:

Tab. 15 Jahreseinkommen Geschäftsführer grösserer Unternehmen

Unternehmensgrösse [Mitarbeiter]	Einkommen [CHF]
25 - 49	195'800
50 - 99	239'800
100 - 249	245'300
250 - 499	276'100
500 - 999	294'800
1000 - 1999	330'000
2000 - 4999	477'400
5000 und mehr	534'600

2.12.4 Nicht-Erwerbstätige

Die Nicht-Erwerbstätigen werden in FaLC in vier Untergruppen behandelt. Es sind dies a) Arbeitslose, welche von der Arbeitslosenversicherung entschädigt werden; b) Schüler, wie z.B. Maturanden, c) die Ausgesteuerten und Studenten, welche im selben Modell enthalten sind und d) Pensionierte.

Arbeitslose

Im Oktober 2015 wurden in der Schweiz rund 141'269 Arbeitslose registriert (BFS 2015). Die Arbeitslosenversicherung (ALV) entschädigt Personen, die arbeitslos geworden sind und sich angemeldet haben (BSV, 2015). Die Höhe der Entschädigung entspricht 70-80% des versicherten Verdienstes der letzten 6 Monate (SECO 2015). In FaLC wird angenommen, dass eine Person, die arbeitslos wird, 80% ihres Lohnes des letzten Jahres bekommt. Arbeitslos werden somit nur Personen, die im Vorjahr eine Arbeitsstelle hatten.

Sozialhilfe

Nach einem Jahr Arbeitslosigkeit, werden Personen ausgesteuert. Sie bekommen keine Leistungen mehr von der Arbeitslosenversicherung. Von nun an greift die Sozialhilfe, welche sich grundsätzlich aus folgenden Leistungen zusammensetzt.

Tab. 16 Sozialhilfe

Leistungen	Modell	Durchschnittwert/Jahr
Grundbedarf	Durchschnittlicher Grundbedarf 2012 (ganze Schweiz)	9'473.-
Wohnkosten	Durchschnittlicher Mietpreis 2015: (BFS, SE, 2017) Unterscheidung, ob Einzel- oder gemeinsamer Haushalt	15'672.-/ 7'836.-
Medizinische Grundversorgung	Prämien für die obligatorische Grundversicherung (inkl. Unfallversicherung)	4'942.-
Situationsbedingte Leistungen	nur bei besonderen gesundheitl., wirtschaftl. oder familiären Umständen ausbezahlt	wird nicht berücksichtigt
TOTAL Sozialhilfe (pro Person)	Einzelhaushalt gemeinsamer Haushalt	27'807.- 21'111.-

Quellen: BFS (2015), BAG (2015)

Gemäss der obigen Zusammenstellung gilt es also zu unterscheiden, ob es sich um einen Einzelhaushalt handelt oder einen Haushalt, in dem mehrere Personen ein Einkommen haben. Die Leistung der Sozialhilfe ist somit abhängig von der Haushaltsgrösse. Situationsbedingte Leistungen werden nicht berücksichtigt, da sie individuell ausfallen und sich sehr komplex zusammensetzen. Für die Berechnung in FaLC wird das durchschnittliche Total gemäss der Tabelle durch 12 dividiert, um das monatliche Einkommen zu beschreiben.

Studenten

Studierenden wird in FaLC ein jährliches Einkommen in der Höhe des Grundbedarfs der Sozialhilfe zugewiesen. Sie erwerben zusätzliches Einkommen auf verschiedenen Wegen – über die Unterstützung der Eltern oder Nebentätigkeiten; die Annahme des Grundbedarfs erscheint vor dem Hintergrund eines sich ebenfalls komplex und individuell zusammensetzenden Einkommen eine vertretbare Näherung.

Schüler

Für Kinder bis 16 Jahre erhalten die Familien gemäss Bundesgesetz über die Familienzulagen (FamZG) in allen Kantonen mindestens CHF 2'400 pro Jahr. Jugendliche im Alter von 16 bis 25 in Ausbildung erhalten eine Ausbildungszulage von CHF 3'000 pro Jahr. Um in FaLC eine Abgrenzung zwischen Schülern und Sozialhilfeempfängern bzw. Studenten machen zu kön-

nen, wird angenommen: alle Jugendlichen unter 18 Jahren und ohne Arbeitsstelle sind Schüler. Anschliessend sind junge Erwachsene bis zu einem Alter von 25 Jahren nur in der Kategorie Schüler, falls sie noch bei den Eltern wohnen. Je nach Status (Schüler, Student, Sozialhilfeempfänger) erfolgt die individuelle Zuweisung der Zulagen bzw. deren Division durch 12, um die monatlichen Einkommen näherungsweise zu bestimmen.

Pension

Für die Schätzung der Einkommen aus Renten in FaLC werden die mittleren Angaben des verfügbaren Einkommens aus der Haushaltsbudgeterhebung des BFS verwendet (HABE, 2015). Diese beziehen auf der Einnahmenseite die Rente sowie Einkommen aus Vermögen mit ein sowie auf der Ausgabenseite anfallende Sozialabgaben, Steuern und Krankenkassenprämien. In der folgenden Tabelle sind die verwendeten mittleren Renten aufgelistet.

Tab. 17 Konzept Pension

Haushaltstyp	Zivilstand	FaLC	verfügbares Einkommen
Einzelhaushalt (ab 65 Jahren)	ledig/verwitwet	keine Partnerschaft	38'532.-
Paare (ab 65 Jahren)	verheiratet	in Partnerschaft	64'860.- (32'430.-/Person)

Quelle: HABE (2015)

2.12.5 Verfügbares Einkommen

Das für die Entscheide, z.B. hinsichtlich der Anschaffung von Mobilitätswerkzeugen, der Personen und Haushalte relevante verfügbare Netto-Jahreseinkommen JE einer Person P im Jahr j wird auf der Basis des in FaLC geschätzten jährlichen Bruttolohns JBL berechnet:

$$JE_{P,j} = JBL_{P,j} \cdot AVE_a \cdot T_j + JEV_{P,j}$$

Dabei können verschiedene Korrekturfaktoren berücksichtigt werden: a) aufgrund des Alters a der für die Person effektiv verfügbare Anteil des Einkommens (AVE); b) eine (zukünftige) Teuerung (T); c) ein allfälliges Einkommen aus Vermögen ($JEV_{P,j}$).

Anteil des effektiv verfügbaren Einkommens (AVE)

Mit der Berechnung des verfügbaren Einkommens wird berücksichtigt, dass verschiedene Lohnkomponenten direkt oder indirekt vom Bruttolohn abgezogen werden. Dies sind insbesondere die Sozialversicherungsbeiträge (Arbeitnehmeranteil), Steuern und Krankenkassenprämien für die Grundversorgung. Die Annahmen für diesen Anteil basieren auf der Haushaltsbudgeterhebung des BFS (Obligatorische Transferausgaben nach Altersklasse).

Teuerung (T)

Der Lohnrechner basiert zurzeit auf den Daten bis 2016 und gibt folglich die realen Löhne mit Stand 2016 aus. Diese weichen teuerungsbedingt von aktuellen oder zukünftigen Einkommen ab. Grundsätzlich kann der Effekt der Teuerung retro- wie prospektiv berücksichtigt werden. In der SynPop wird auf eine Anpassung der Teuerung vorläufig verzichtet, für einkommensbezogene Entscheide zum Mobilitätswerkzeugbesitz oder der Wohnstandortwahl gelten folglich die Einkommensniveaus aus 2016. Demnach ist der eingangs genannte Faktor T_j auf 1 (= kein Einfluss) gesetzt.

Einkommen aus Vermögen (JEV)

Grundsätzlich sollte sich das verfügbare Einkommen aus dem Einkommen aus der Erwerbstätigkeit und dem Einkommen aus Vermögen/Kapital ableiten. Die Validierungsergebnisse zeigen entsprechend auch, dass gerade an sehr guten Wohnlagen extrem hohe steuerbare Einkommen erreicht werden. Diese können nicht allein mit erzielten Löhnen im modellierten Arbeitsmarkt erklärt werden. Um die Verteilung des steuerbaren Einkommens besser abbilden zu können, wurde deshalb zusätzlich zum modellierten Erwerbseinkommen ein Vermögen generiert.

In einem ersten Schritt wird das vorhandene Vermögen in einer Gemeinde aufgrund der steuerbaren Einkommen geschätzt. Dabei wurde angenommen, dass sich das steuerbare Einkommen gemäss dem Statistischen Atlas der ESTV aus dem Lohn und den Zinsen von Vermögen (inkl. Immobilien) zusammensetzt. Das Einkommen aus dem Vermögen wurde somit als die Differenz der Summe der Einkommen aus den Löhnen in der Gemeinde und dem Gesamteinkommen gemäss ESTV berechnet. Anschliessend wird dieses Einkommen aus dem Vermögen auf die Haushalte mit einer Monte-Carlo-Simulation verteilt und als zusätzliches Einkommen angerechnet.

Der Zinssatz für die Umrechnung zwischen Vermögen und Einkommen aus Vermögen wurde generell auf 1% festgelegt. Folgende Verteilung des Vermögens gemäss ESTV (2015) wurde angenommen:

Tab. 18 Verteilung Vermögen

Wahrscheinlichkeit	von [CHF]	bis [CHF]
30.9%	1	50'000
9.5%	50'001	100'000
10.0%	100'001	200'000
12.6%	200'001	500'000
6.6%	500'001	1'000'000
3.2%	1'000'001	2'000'000
0.9%	2'000'001	3'000'000
0.6%	3'000'001	5'000'000
0.4%	5'000'001	10'000'000
0.3%	10'000'001	20'000'000

Quelle: ESTV (2015)

In FaLC wird so lange Vermögen den Haushalten zugeordnet, bis das berechnete Gesamtvermögen in der Gemeinde erreicht wird. Dieses Vorgehen ergibt indes keine vollkommene Übereinstimmung mit den Daten des ESTV:

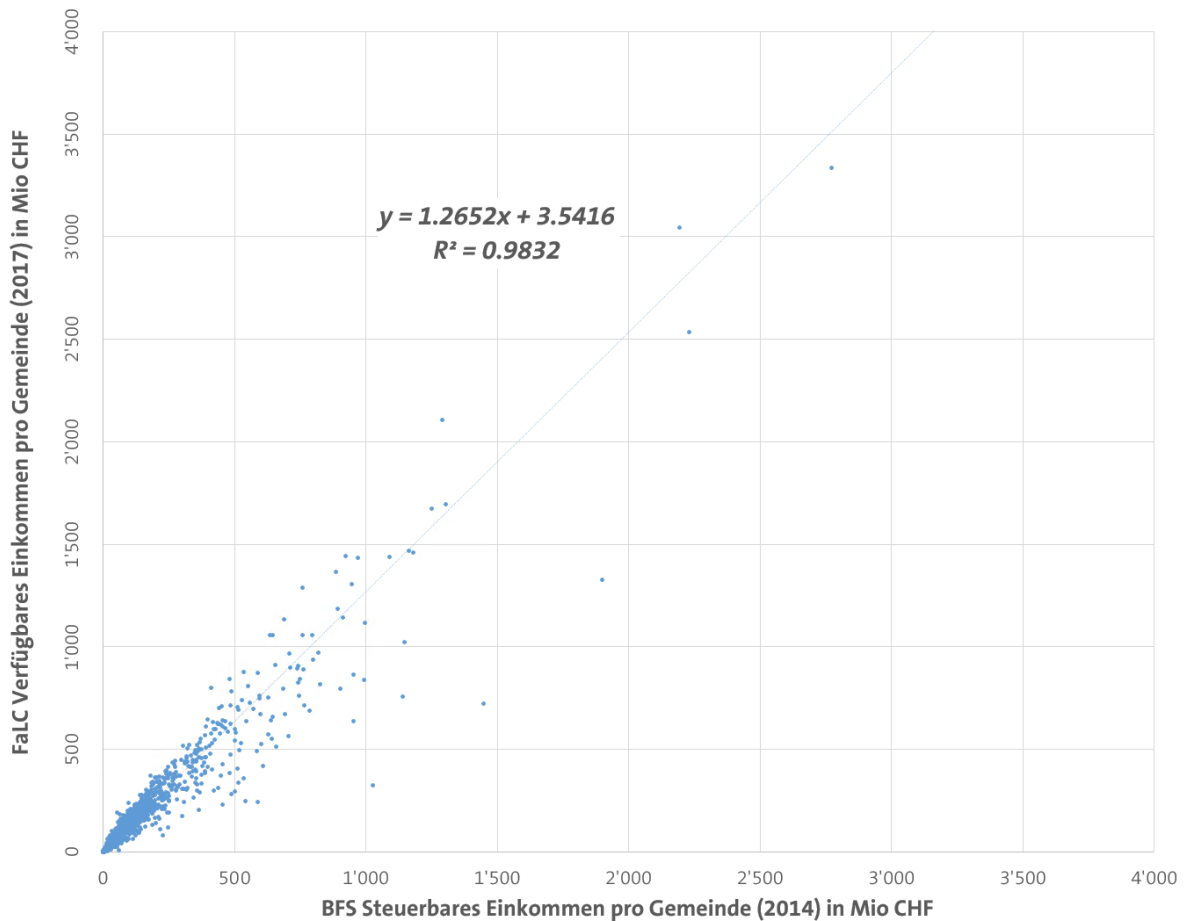
- Sind die zugewiesenen Einkommen aus den Löhnen bereits höher als die Gesamteinkommen der ESTV, erfolgt keine Korrektur (da es kein negatives Vermögen gibt).
- Ist das Vermögen in einer Gemeinde extrem hoch, kann allenfalls das Vermögen aufgrund der vorgegebenen Wahrscheinlichkeiten in der Monte-Carlo-Simulation nicht erreicht werden. In diesen Fällen wird das Einkommen in der Gemeinde weiterhin etwas unterschätzt.

2.12.6 Validierung und Kalibration

Die Gesamtsumme der in FaLC simulierten Einkommen (verfügbares Jahreseinkommen, JE) beträgt für die ganze Schweiz ca. CHF 315 Mia., wobei der Referenzwert „Steuerbares Einkommen“ gemäss BFS im Jahr 2014 bei CHF 274 Mia. liegt. Das Modell überschätzt die Einkommen der Schweizer Bevölkerung beim Vergleich der beiden Zahlen um ca. 15 %. Allerdings sind in der Gesamtsumme der Einkommen in FaLC weder Freibeträge noch Doppelverdienerabzüge berücksichtigt, was die Überschätzung teilweise plausibilisiert. Zudem werden die Einkommen mit Stand 2014 mit einer Population mit Stand 2017 verglichen: Die absolute Zunahme an Erwerbstätigen zwischen 2014 und 2017 bzw. das damit einhergehende steigende Einkommen sind als weitere Erklärung zu berücksichtigen. Werden pro Einwohner durchschnittliche Abzüge von CHF 4'500 pro Jahr angenommen, wird der Referenzwert des BFS recht präzise erreicht. Die CHF 4'500 stellen gemäss der Zusammenstellung von Schmitt (Schmitt, 2018) eher eine untere Grenze dar, das Einkommen dürfte in FaLC somit tendenziell

eher noch leicht unterschätzt sein. Nachfolgende Abbildung zeigt den Vergleich der Modellresultate (inkl. berücksichtigter Abzüge von 4'500 CHF) zu den BFS-Werten.

Abb. 17 Plot der Einkommen aus FaLC (2017) gegenüber den Einkommen gem. BFS 2014



Quellen: FaLC-Modellierungsergebnisse und BFS (2014)

Vergleicht man nur die Streuung in obiger Abbildung zeigt sich, dass die Realität aus dem Jahr 2014 und das Modell ähnlich verteilt sind. Ein R^2 von 0.98 und eine Steigung von 1.26 bestätigen dies. Es gibt jedoch einige wenige Gemeinden, welche vom Modell trotz der Anpassung über die Berücksichtigung der Einkommen aus Vermögen deutlich unterschätzt werden und deshalb nicht auf die Tatsache der unterschiedlichen Jahresstände reduziert werden können.

Tab. 19 Einkommen: Unterschätzte Gemeinden

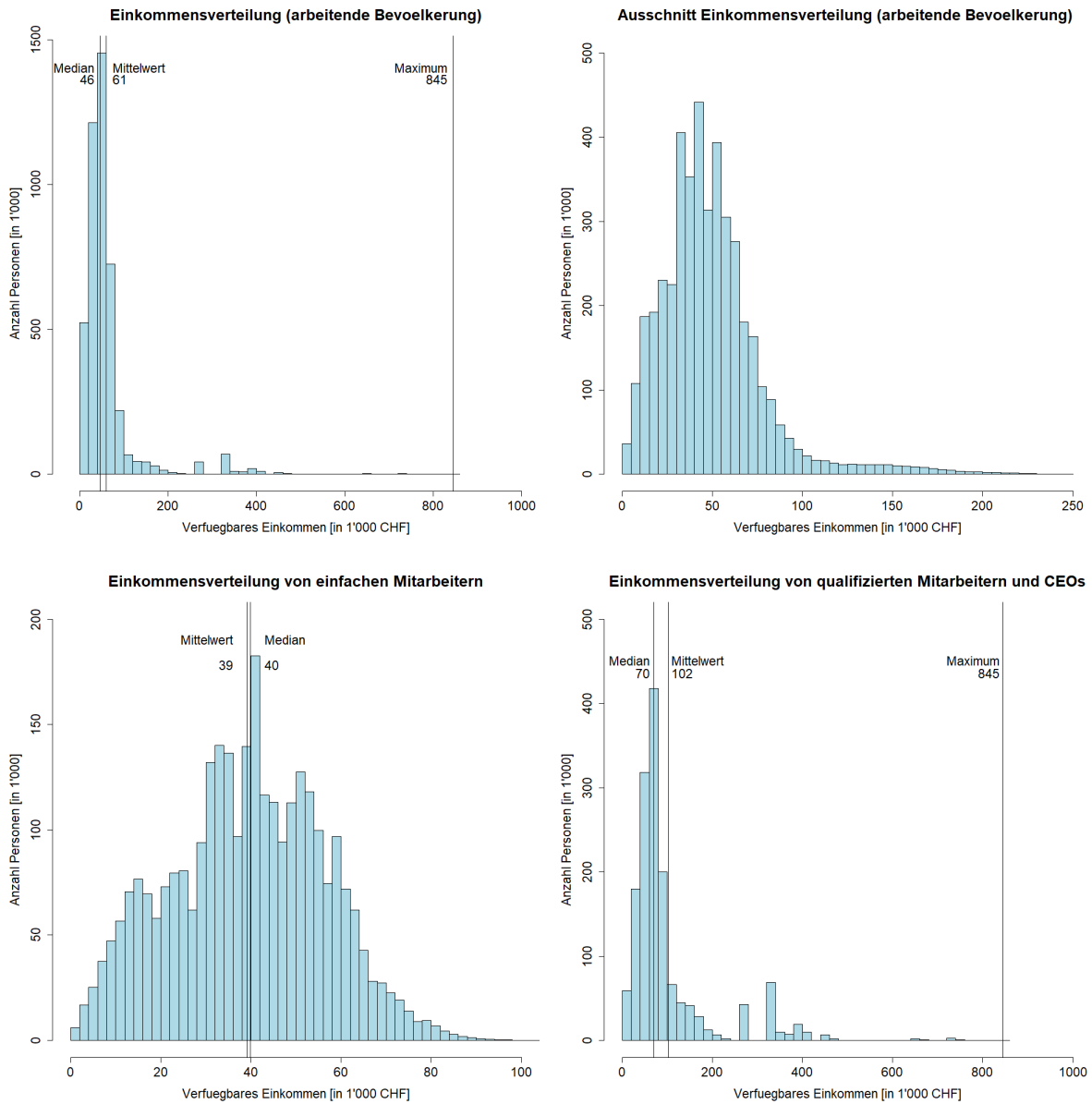
Gemeinde (BFS-Nr.)	Region	Einwohner (2016)	Einkommen in Mio. CHF (BFS 2014)	Einkommen in Mio. CHF (FaLC 2016)
Anières (6602)	Genfersee	2'495	1'961	99
Feusisberg (1321)	Zürichsee	5'237	808	227
Freienbach (1322)	Zürichsee	16'196	1'759	677
Wollerau (1323)	Zürichsee	7'102	1'300	317
Zug (1711)	Zug	29'804	1'958	1'257

Quellen: BFS (2017), BFS (2014), FaLC (2017)

Auffallend bei diesen Gemeinden ist, dass es sich um Kommunen handelt die u.a. sehr hohe Landpreise besitzen und sich steuergünstig platzieren. Dies zieht Haushalte mit hohen Einkommen und hohen Vermögen vermehrt an. Diese «Sonderfälle» kann das Einkommensmodell aufgrund fehlender Information (z.B. Steuersatz von Kanton bzw. Gemeinde) nicht abbilden.

Betrachtet man den mittleren Fehler über die ganze Schweiz, zeigt sich eine leichte Unterschätzung des FaLC-Einkommens um ca. 3 % gegenüber dem BFS-Einkommen. Der Mittelwert aus der Haushaltsbudgeterhebung 2015 beträgt CHF 38'470 (BFS, 2015d), der Mittelwert im Modell CHF 37'440. In den nachfolgenden Häufigkeitsverteilungen sind die Einkommen der Erwerbstätigen dargestellt. Es wird deutlich, dass das Einkommen eine realistisch hohe Varianz aufweist. Die Standardabweichung über alle Einkommen beträgt ~ CHF 36'000 (bezogen auf den Jahreslohn). Das Maximum ist durch den Einbezug des separaten Modells für Geschäftsleiter bis auf rund CHF 845'000 gestiegen. Die Kennwerte (Mittelwerte, Median) lassen auf generell plausible Unterschiede schliessen, da in den Daten reproduziert wird, dass einfache Mitarbeiter tendenziell weniger verdienen (Median bei CHF 40'000) als qualifizierte Mitarbeiter und Geschäftsleiter (Median bei CHF 70'000). Zudem zeigt sich bei der Gruppe von Geschäftsleitern und qualifizierten Mitarbeitern die Einkommensverteilung nach oben weit offener als bei der Gruppe der einfachen Mitarbeiter.

Abb. 18 Histogramme der Einkommensverteilungen



Quelle: FaLC-Modellierungsergebnisse

2.13 Mobilitätswerkzeuge

Skript	properties/variables/CalcVar_mobility-tools_synth2016_v42TI.xml properties/variables/CalcVar_mobility_car_in_businesses_v03.xml properties/variables/CalcVar_mobility-availability-check.xml properties/variables/.xml
Datenbasis	MZMV-Auswertung: Verteilung der Mobilitätswerkzeuge je Kanton (MZMV 2015) MOFIS-Auswertung: PW-Besitz der privaten und juristischen Besitzer: Randsummen je Verkehrszone (MOFIS 2016) Randsummen ÖV-Abonnemente (GA, Halbtax, Verbundsabonnemente) je Verkehrszone (ARE/SBB/Verbünde 2015-2017) Modell: Multinomial logit model on mobility tool ownership (ARE, 2018)
Output	Persons-Table: MOBILITY, CAR_OWNERSHIP, CAR_COMPANY Business-Table: Nr_of_cars

Der Mobilitätswerkzeugbesitz übt keinen Einfluss auf die in FaLC betrachtete Modellierung der Standortwahl aus, ist jedoch von grundlegender Wichtigkeit zur Modellierung der Verkehrsmittel- und Zielwahl im NPVM. Aus diesem Bedürfnis heraus erfolgt in FaLC die Modellierung des Mobilitätswerkzeugbesitzes, der über eine aggregierte Strukturdatentabelle Eingang in das Verkehrsmodell findet. Nachstehende Tabelle zeigt im Überblick die in der SynPop enthaltene und im NPVM verwendete Differenzierung nach Mobilitätswerkzeugen:

Tab. 20 Differenzierung Mobilitätswerkzeugbesitz in SynPop und NPVM

Code (SynPop)	Mobilitätswerkzeuge (SynPop)	Mobilitätswerkzeuge (NPVM)
0	keines	keines
1	Halbtax	PW-Verfügbar
2	GA	PW-Verfügbar mit ÖV-Abo (GA & Verbund)
5	Verbund-Abo	ÖV-Abo (GA & Verbund)
6	Verbund-Abo & Halbtax	
10	PW-Verfügbar	
11	PW-Verfügbar & Halbtax	
12	PW-Verfügbar & GA	
15	PW-Verfügbar & Verbund-Abo	
16	PW-Verfügbar, Verbund-Abo & Halbtax	

Aus der Übersicht wird deutlich, dass im NPVM eine vereinfachte Abbildung der in der SynPop sehr differenzierten Mobilitätswerkzeug-Kombinationen verwendet wird. Insbesondere wird im NPVM bei den VHG auf die Differenzierung nach Halbtax verzichtet, da dies als quasi immer

vorhanden angenommen wird. Es sei aber darauf hingewiesen, dass im NPVM die nicht-personenbezogene Anzahl an Halbtax (sowie GA, Verbund-Abonnemente) je Verkehrszone aus der SynPop Verwendung findet zur Ermittlung gewichteter Kosten für Wege mit dem ÖV.

Die Verfügbarkeit bzw. der Besitz der Mobilitätswerkzeuge Personenwagen, Generalabonnement, Halbtax und Verbundabonnemente werden in mehreren Schritten modelliert:

1. Aufbereitung der Randsummen je Verkehrszone;
2. Verfügbarkeit der Mobilitätswerkzeuge in den Haushalten;
3. PW-Besitz in Haushalten;
4. PW-Besitz in den Unternehmen.

Die Randsummen zur Anzahl an Mobilitätswerkzeugen je NPVM-Verkehrszone wurden ausserhalb von FaLC durch das ARE aufbereitet und bereitgestellt. Die anschliessenden Schritte zur Modellierung von Verfügbarkeit der Mobilitätswerkzeuge und PW-Besitz in den Haushalten werden auf der Stufe der Personen in den einzelnen Haushalten modelliert, der letzte Schritt wird auf der Stufe der Unternehmen adressiert

2.13.1 Aufbereitung der Randsummen

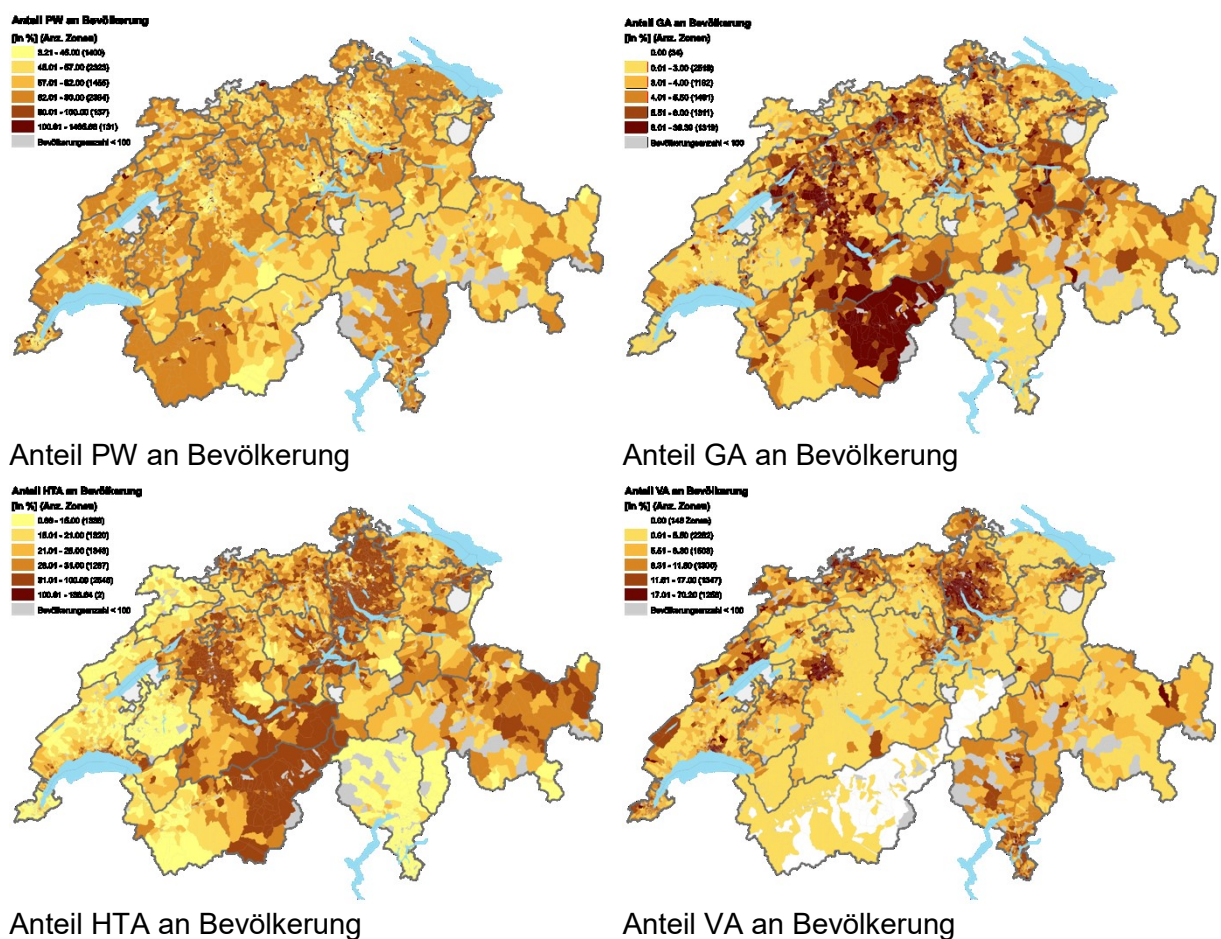
Die Verfügbarkeit der Mobilitätswerkzeuge wird methodisch grundsätzlich gleich berechnet wie in der SynPop 2014 (siehe ARE, 2017a). Neu lagen für die Erstellung der SynPop 2016 bzw. darauf aufbauend für 2017 detailliertere Randsummen zur Anzahl an Mobilitätswerkzeugen je Verkehrszone vor:

Die **Verfügbarkeit der Personenwagen** leitet sich von den **PW-Besitzern** ab. Letztere stammen aus einer Sonderauswertung des ASTRA aus der MOFIS-Datenbank (Motorfahrzeuginformationssystem des Bundes) mit Stand 2017 für das ARE. Zur Erstellung der Datenbank wurden die privaten und juristischen Personenwagen den NPVM-Verkehrszonen zugeordnet. Der Gesamtdatensatz umfasst 4'010'289 private und 560'450 juristische PW-Besitzer. Die Zuweisung der privaten Personenwagen erfolgt getrennt zu den juristischen Personenwagen. Letztere werden zunächst den Arbeitnehmern in den Unternehmen zugewiesen und können damit anschliessend den Wohnstandorten der Beschäftigten zugeordnet werden, an denen die juristischen PWs (auch) privat genutzt werden. Damit wird vermieden, dass in Zonen mit hohen Anteilen an Firmenfahrzeugen, ein zu hoher und inhaltlich falscher PW-Besitz und daraus abgeleitet eine zu hohe PW-Verfügbarkeit im Modell entsteht.

Die Definition der Verfügbarkeit leitet sich aus dem MZMV ab, demnach ein PW dann verfügbar ist, wenn er von den Befragten als „verfügbar“ oder auch „teilweise verfügbar“ bezeichnet wurde. Daher ist generell die PW-Verfügbarkeit grösser als der PW-Besitz. Die Definition des MZMV ist auch daher relevant, da die in FaLC modellierte Verfügbarkeit den empirischen Anteilen des MZMV zur Validierung gegenübergestellt wurde (auf Stufe Kanton). Um die Randsummen für die PW-Verfügbarkeit in FaLC zu schätzen wurden auf Basis der MZMV-Auswertung und den effektiv gemäss MOFIS vorhandenen PW Faktoren je Kanton ermittelt (Anzahl verfügbare PW pro PW in Besitz). Mittels dieser Faktoren wurde aus dem PW-Besitz je Verkehrszone eine PW-Verfügbarkeit approximiert.

Die Randsummen zur Anzahl an **Halbtax-, General- und Verbundabonnements** je Verkehrszone basieren auf Auswertungen des ARE der SBB-Kundendatenbank ergänzt um die individuelle Beschaffung und Aufbereitung von Daten der Verkehrsverbünde unireso, mobilis, Frimobil und TNW. Die Daten der weiteren Verkehrsverbünde wiesen erwartungsgemäss eine gewisse Heterogenität bzgl. Bezugsjahr, Bezugsgrösse (Abgrenzung Monats- zu Jahresabonnements) und räumlicher Auflösung auf. Mit dem Fokus auf einen Datenstand 2016 wurden alle Datensätze harmonisiert und den NPVM-Zonen zugeordnet. Bei den Halbtax- und Generalabonnements wurden zusätzlich mit einem Faktor je Verkehrszone die Personal-Abonnements (Fahrvergünstigungen des Personals, FVP) hochgerechnet. Diese Hochrechnung erhöhte die Anzahl Halbtax für 2016 auf in Summe 2.31 Mio. und die Anzahl GA auf in Summe 549'000. Zudem wurden für den Stand 2016 insgesamt 982'000 Verbundabonnemente berücksichtigt (ohne Hochrechnung). Die Randsumme je Zone wurde auf maximal 95% der Personen zwischen 10 bzw. 16 Jahren und 70 Jahren beschränkt.

Abb. 19 Anteil Besitzer ÖV-Abonnemente und PW an der Bevölkerung (2016)



Update 2017: Ausgehend von der Datenbasis im ÖV (GA, HTA, Verbund auf Stufe Verkehrszone für 2016) wurde für die SynPop 2017 vom ARE eine Hochrechnung vorgenommen. Dazu wurden in Anlehnung an die effektive Entwicklung bei den GA und HTA

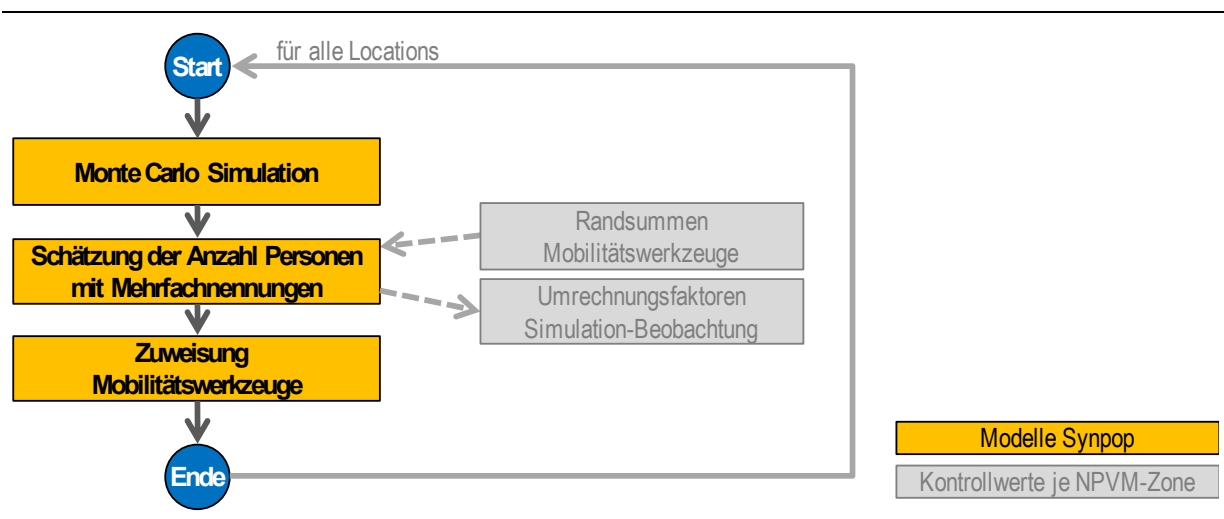
Hochrechnungsfaktoren auf Stufe von MS-Regionen ermittelt und auf die Verkehrszonen angewendet. Für die Verbundabonnemente wurde dabei initial die Entwicklung gemäss der GA angenommen. Im Ergebnis zeigen sich folgende Randsummen für 2017: HTA: 2.44 Mio., GA: 559'000, Verbund: 996'000. Die auf Basis der GA-Entwicklung zwischen 2016 und 2017 hochgerechneten Randsummen für die Verbundabonnemente im Jahr 2017 erschienen für den Kanton Tessin zu hoch. Aufgrund der Eröffnung des Gotthard-Basistunnels im Dezember 2016 und den verkürzten Reisezeiten in den Tessin, nahm die Anzahl der GA im Tessin deutlich zu. Ein Übertrag dieser Dynamik auf die Entwicklung der Verbundabonnemente empfahl sich nicht. Für die SynPop 2017 wurde deshalb für den Tessin die Entwicklung der Verbundabonnemente pauschal auf 2% reduziert. Für die PW wurde, wie eingangs erwähnt, bereits mit einem Datenstand 2017 gearbeitet.

2.13.2 Verfügbarkeit Mobilitätswerkzeuge in den Haushalten

Um die Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Mobilitätswerkzeug-Kombinationen in Abhängigkeit soziodemografischer und sozioökonomischer Eigenschaften zu bestimmen, wurde auf eine zu diesem Zweck durchgeführte Modellschätzung auf Basis des MZMV 2015 abgestellt (siehe Danalet, 2019). Ziel war es auf Basis der Parameterschätzung die Anteile an Mobilitätswerkzeug-Kombinationen in der SynPop initial je Verkehrszone zu simulieren, um diese Anteile dann nachträglich an die empirischen Randsummen anzupassen.

Die Verfügbarkeit der Mobilitätswerkzeuge wird folglich für die SynPop mehrstufig mit verschiedenen Sub-Modellen für jede einzelne Zone simuliert (vgl. Abb. 20). In einem ersten Schritt werden per Monte-Carlo-Simulation unter Einsatz der Nutzenfunktionen aus Danalet, 2019 die Anzahl der Mobilitätswerkzeug-Kombinationen je Verkehrszone geschätzt. Anschliessend, in Schritt 2, werden diese Summen mit den empirischen Randsummen für PW-Verfügbarkeit, GA, Halbtax und Verbundabonnementen verglichen und für die einzelnen Kategorien angepasst. Im dritten Schritt erfolgt die Zuweisung der Mobilitätswerkzeuge zu den Personen.

Abb. 20 Simulationsablauf Mobilitätswerkzeuge für die SynPop



Modell zur Simulation der Mobilitätstools

Für die Simulation wurde das vom ARE aktualisierte Modell auf Basis des MZMV 2015 verwendet (Danalet, 2019)⁶. Das Modell baut grundsätzlich auf demjenigen von Kowald et al. (2015) auf, beinhaltet aber den Einfluss des Alters nach dem „Piecewise-linear“-Konzept: Innerhalb von festzulegenden Altersbereichen (z.B. 18-24 Jahre, 25-44 Jahre etc.) wird die Nutzenfunktion als linear angenommen. Bei den definierten Unterbrüchen kann aber die Steigung ändern. Es zeigte sich, dass mit diesem Vorgehen ein deutlich besseres Resultat bezüglich der Altersverteilung erzielt wird, als mit dem bisherigen Einbezug des Alters als Polynom zweiten Grades.

Die folgende Tabelle zeigt die Parameter des verwendeten MNL-Modells. Da die Plausibilität der Parameter eine zentrale Bedingung für realitätsnahe Simulationsergebnisse ist, wurden die Parameter mit deutlich negativem bzw. positivem Effekt farblich hervorgehoben. Die Parameter weisen grundsätzlich die erwarteten Vorzeichen aus und erscheinen plausibel – insbesondere auch hinsichtlich der Altersverteilung.

⁶ Das Dokument (in Französisch) kann hier bezogen werden: https://www.aren.admin.ch/dam/are/de/dokumente/verkehr/dokumente/bericht/modele-de-choix-des-ressources-de-mobilite.pdf.download.pdf/documentation_mobility_tools_synpop.pdf

Tab. 21 Verwendetes Multinominales Logit Modell zu den Mobilitätswerkzeugen

Variable	CarAvail	CarAvail_GA	CarAvail_HT	CarAvail_HT_Verb	CarAv_Verb	GA	HT	HT_Verbund	Verbund	No_Tool
ASC	-0.213	-2.590	0.362	-2.470	-0.436	-13.100	-8.340	-10.800	-7.650	0.000
ab 6 Jahre						0.634	0.436	0.460	0.445	
ab 16 Jahre						0.557	0.436	0.460	0.459	
ab 18 Jahre	0.167	0.523	-0.234	0.000	-0.054	-0.464	-0.689	-0.687	-0.575	
ab 20 Jahre	0.167	-0.020	0.157	0.000	-0.054	-0.044	0.022	-0.148	-0.149	
ab 25 Jahre	0.008	0.013	0.029	0.011	-0.012	-0.044	0.011	0.013	0.004	
ab 45 Jahre	0.008	0.013	0.029	0.011	-0.012	0.025	0.011	0.007	-0.020	
ab 65 Jahre	-0.085	-0.078	-0.078	-0.060	-0.075	0.005	-0.020	-0.001	-0.015	
AGE_TIME_MALE	0.082	0.000	0.057	0.048	0.161	0.045	-0.061	-0.016	0.002	
MALE	0.296	0.574	0.045	-0.048	-0.377	-0.150	0.114	-0.275	-0.107	
full_time_work	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
part_time_work	-0.115	0.087	0.241	0.088	-0.087	0.349	0.398	0.131	0.235	
inactive	-1.140	-1.270	-0.926	-1.390	-1.360	-0.442	-0.100	-0.771	-0.541	
studying	-0.565	1.370	0.278	1.050	0.400	0.829	0.737	0.577	0.213	
secondary_education	0.829	0.354	0.674	0.451	0.826	0.397	0.405	0.384	0.214	
tertiary_education	1.520	1.170	1.710	1.570	1.550	0.673	0.735	0.804	0.433	
university	1.170	1.700	1.790	1.800	1.370	1.350	0.925	0.943	0.347	
HH_INCOME_4001 to 10000	0.539	1.420	1.190	1.190	0.647	0.568	0.225	0.237	-0.068	
HH_INCOME_MORE_THAN_10000	1.000	2.660	2.280	2.330	1.330	1.300	0.510	0.826	-0.131	
single_household	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
couple_without_children	0.205	-0.106	0.095	-0.004	0.201	-0.411	-0.249	-0.579	-0.301	
couple_with_children	0.119	-0.622	-0.329	-0.656	0.091	-0.909	-0.896	-1.130	-0.315	
single_parent_with_children	-0.063	-0.543	-0.432	-0.392	-0.002	-0.689	-0.634	-0.629	-0.234	
REGION_TESSIN	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
REGION_EASTERN_SWITZERLAND	0.041	1.310	1.410	0.992	-0.563	1.550	1.440	1.210	-0.807	
REGION_NORTHERN_SWITZERLAND	-0.246	1.470	1.100	1.450	0.269	1.720	1.250	1.730	-0.109	
REGION_CENTRAL_SWITZERLAND	-0.013	1.430	1.670	1.390	-0.424	1.860	1.370	1.620	-0.599	
REGION_ESPACE_MITTELLAND	-0.103	1.550	1.140	0.951	-0.354	1.980	1.250	1.260	-0.353	
REGION_LAKE_GENEVA	-0.165	0.741	0.644	0.420	0.229	1.450	0.884	1.010	-0.102	
REGION_ZURICH	-0.226	1.380	1.500	1.750	0.290	1.960	1.520	1.660	-0.465	
INHABITANTS	0.878	1.800	0.956	2.540	1.090	2.020	0.287	1.890	2.670	
LOG_INHABITANTS	-0.308	-0.121	-0.242	-0.027	0.067	0.050	-0.014	0.225	0.126	

Quelle: Danalet (2019); Farben zeigen deutlich negative (rot) bzw. positive (grün) Effekte

Die folgende Tab. 22 gibt einen Überblick zu den verwendeten Variablen und deren Herkunft. Das Modell wurde spezifisch für die Nutzung in FaLC geschätzt, deshalb konnten die Variablen unverändert einbezogen werden.

Tab. 22 Variablen für die Nutzenfunktionen der Mobilitätswerkzeuge

Variable im Modell	FaLC-Simulationen	Quelle
Alter	Alter gemäss FaLC-Population	FaLC
Geschlecht	Geschlecht gemäss FaLC-Population	FaLC
Einkommen	Einkommen gemäss FaLC-Population	FaLC
Einwohner	Einwohner gemäss FaLC-Population (Summe der Einwohner in der Gemeinde)	FaLC
Regionen	Regionen (7 Regionen gemäss BFS-Nomenklatur)	BFS
Haushaltstypen Einzelhaushalt, Paar ohne Kinder Paar mit Kinder Einzelperson mit Kinder	gemäss FaLC-Population Die Typen können entsprechend übernommen werden und werden in FaLC aufgrund der Zusammensetzung der Haushalte in FaLC berechnet.	FaLC
Beschäftigungsgrad Vollzeitanstellung Teilzeitanstellung Ohne Arbeit Student	gemäss FaLC-Population Vollzeitanstellung Vollzeitanstellung Ohne Arbeit Student	FaLC
Hochschulausbildung Universität Tertiärstufe Sekundarstufe keine Ausbildung	gemäss FaLC-Population Universität (4) Höhere Berufsbildung, Fachhochschule (3) Sekundarstufe II (2) Ohne nachobligatorische Ausbildung (1)	FaLC
ISCED	International Standard Classification of Education (ISCED 97)	
Quellen:	Bildungslandschaft Schweiz, BFS (2015a)	

Zuweisung der Mobilitätswerkzeuge

Die Zuweisung der Verfügbarkeit der Mobilitätswerkzeuge erfolgt über Monte-Carlo-Simulationen, bei der die Nutzenfunktionen zur Gewichtung und damit Steuerung der Verteilung dienen. Um die Randsummen besser einhalten zu können, geschieht dies über mehrere Simulations-Schlaufen: bei Erreichen einer vorgegebenen Randsumme eines Mobilitätswerkzeugs wird die Wahrscheinlichkeit stark abgesenkt, dass das entsprechende

Mobilitätswerkzeug weiter gezogen wird. Damit werden hohe Über- und Unterschätzungen verhindert.

Der Besitz der privaten Personenwagen wird indes nicht stochastisch über eine Monte-Carlo-Simulation modelliert, sondern deterministisch über eine Rangliste anhand der Werte aus der Nutzenfunktion. Ausgangspunkt für die Zuweisung zu Personen sind die Randsummen für die Anzahl PWs je Zone sowie die Anzahl verfügbarer PWs (unter Verwendung der Umrechnungsfaktoren des MZMV, siehe Kapitel 2.13.1). Zunächst wird eine Rangliste der Personen mit verfügbarem PW nach Nutzen eines PWs erstellt. Anschliessend erhalten die Personen mit dem grössten Nutzen jeweils einen PW (als PW-Besitzer). Dabei werden nur Personen ausgewählt, die auch einen PW zur Verfügung haben. Dies hat den Vorteil, dass die Simulationen wesentlich schneller und robuster laufen.

2.13.3 Personenwagen in Unternehmen

Die Personenwagen in Unternehmen (juristische Besitzer, ca. 560'000) werden zunächst zielseitig anhand der Randsummen je Zone und den Unternehmensgrössen verteilt. Anschliessend werden die Firmenwagen zufällig den Mitarbeitern zugeordnet, die gemäss obiger Rangliste ein Auto zur Verfügung haben.

2.13.4 Validierung und Kalibration

Grundsätzlich wird die Zuweisung der Mobilitätswerkzeuge zu Personen und Haushalten auf die Anzahl gemäss empirischer Randsummenvorgabe angepasst. Eine Kalibration ist somit bereits in den Modellen enthalten. Die Randsummen für Autobesitz und die einzelnen Abonnemente des öffentlichen Verkehrs weisen in den Zonen in der Regel maximale Abweichungen von nur einzelnen Agenten auf. Entsprechend korrelieren die entsprechenden Randsummen aus der SynPop beinahe vollständig mit den vorgegebenen Randsummen (Bestimmtheitsmass $r^2 > 0.998$). Diese grundsätzliche Übereinstimmung der Randsummen je Verkehrszone ist im NPVM deshalb wichtig, da auf Basis des je Zone vorhandenen ÖV-Abonnementenmix ein gewichteter Preis für ÖV-Wege ausgehend von diesen Zonen berechnet wird.

Neben dem Abgleich zonenbasierter Randsummen ist es wichtig zu prüfen, ob die Verteilung der Mobilitätswerkzeuge auch in Kombination der Realität entspricht. Dies ist insofern eine Herausforderung, da keine Datenquelle vorliegt, die diese Information in räumlich hoher Auflösung bereitstellt. Auf räumlich aggregierter Ebene lässt sich der Vergleich z.B. auf Stufe Kanton unter Verwendung des MZMV realisieren. Nachstehende Tabelle weist die Verteilungen in SynPop und MZMV aus. Es sei darauf hingewiesen, dass dazu der MZMV mit der auf Basis von 26 SynPop-Läufen gemittelten Strukturdatentabelle des NPVM verglichen wird (siehe auch Kapitel 1.1 für weitergehende Erläuterungen).

Tab. 23 Verteilung der Mobilitätswerkzeuge: Vergleich MZMV - SynPop

	Verteilung MZMV				Verteilung SynPop 2017			
	PW ohne Abo	PW mit Abo	oPW ohne Abo	oPW mit Abo	PW ohne Abo	PW mit Abo	oPW ohne Abo	oPW mit Abo
ZH Zürich	47.2	19.7	18.1	15.0	49.5	17.1	23.4	10.0
BE Bern	54.5	16.0	18.1	11.4	55.5	14.8	22.6	7.1
LU Luzern	60.3	11.3	18.0	10.3	60.7	10.0	22.3	7.0
UR Uri	62.5	9.1	22.7	5.7	63.6	7.9	28.0	0.5
SZ Schwyz	64.7	9.3	19.6	6.5	63.8	8.6	22.2	5.4
OW Obwalden	68.4	9.3	18.1	4.1	67.5	6.1	23.1	3.3
NW Nidwalden	69.0	8.9	17.2	4.8	66.5	7.0	22.3	4.2
GL Glarus	64.2	7.6	22.0	6.3	64.6	7.0	23.6	4.7
ZG Zug	59.8	13.3	14.7	12.2	56.8	13.5	20.7	9.1
FR Fribourg	62.3	9.9	19.4	8.4	61.5	9.2	23.7	5.5
SO Solothurn	60.4	10.7	20.3	8.5	59.7	11.5	23.7	5.0
BS Basel-Stadt	35.1	21.6	19.0	24.3	42.9	14.3	29.1	13.7
BL Basel-Land	47.8	21.4	14.7	16.1	53.7	15.0	22.8	8.4
SH Schaffhausen	56.5	12.4	18.8	12.3	59.0	11.2	22.7	7.2
AR Appenzell Ausserrhoden	59.3	13.0	19.7	8.0	63.3	9.0	24.2	3.5
AI Appenzell Innerrhoden	72.3	2.3	15.9	9.6	68.4	6.6	20.2	4.9
SG St. Gallen	61.9	8.2	21.1	8.8	62.7	7.8	23.4	6.0
GR Graubünden	63.9	10.0	19.6	6.5	65.3	7.9	23.3	3.4
AG Aargau	60.9	12.8	19.0	7.4	61.7	11.3	22.0	5.0
TG Thurgau	66.7	8.6	19.8	4.9	65.5	7.0	22.7	4.9
TI Ticino	62.7	7.0	21.1	9.2	60.4	7.4	26.1	6.2
VD Vaud	55.3	10.3	22.0	12.4	57.1	8.3	27.6	7.0
VS Valais	62.8	7.4	23.9	5.9	63.8	6.4	28.2	1.6
NE Neuchâtel	57.0	9.1	21.4	12.5	57.3	9.5	23.7	9.5
GE Genève	41.5	15.9	22.5	20.1	51.4	6.8	34.6	7.1
JU Jura	65.4	5.2	23.0	6.5	65.1	6.5	24.4	4.1
Mittelwert	59.3	11.2	19.6	9.9	60.3	9.5	24.3	5.9

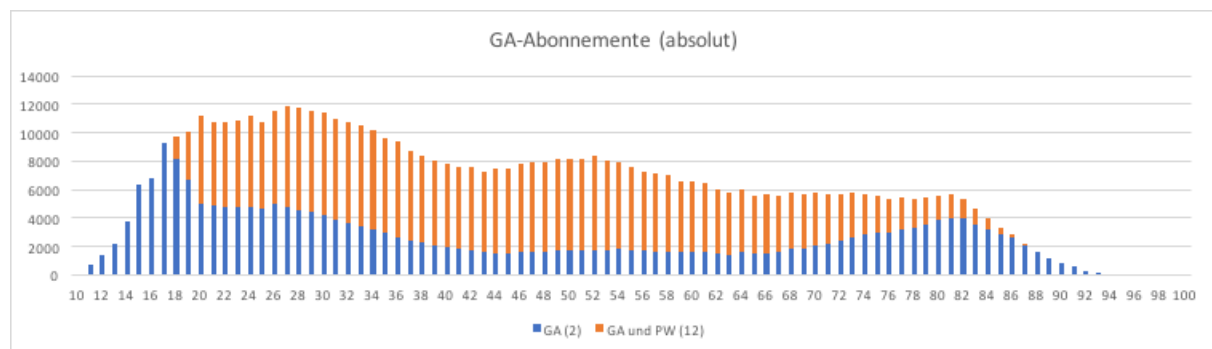
Für die Verwendung der SynPop im NPVM und damit zur Modellierung der Ziel- und Verkehrsmittelwahl ist es zentral, dass die Verfügbarkeiten von Mobilitätswerkzeugen möglichst realistisch abgebildet sind. Im Mittel weist der MZMV eine PW-Verfügbarkeit von 70.5%, die SynPop von 69.8% aus (d.h. gemäss MZMV stand für 70.5% aller Wege im Moment des Verkehrsmittelwahlentscheids, ein PW zur Nutzung zur Verfügung). Tendenziell liesse die Gegenüberstellung darauf schliessen, dass in der SynPop systematisch zu wenige ÖV-Abonnemente vorhanden seien (mittlere Verfügbarkeit in der SynPop von 15.4% gegenüber 21.1% im MZMV). Gleichzeitig sind die für die SynPop berücksichtigten, empirischen Randsummen der ÖV-Abonnemente ganz überwiegend aber als sehr verlässlich einzustufen, entsprechend wird die Abweichung in Summe als vertretbar angesehen. Es ist vielmehr davon auszugehen, dass der GA-Besitz im MZMV eher leicht überschätzt wird. Bei einzelnen Kantonen sind indes, trotz Annahme der Überschätzung des GA-Besitzes im MZMV, markante Abweichungen festzustellen, die auch nach neuerlicher Prüfung der Inputdaten bestehen blieben: Höhere Abweichungen im ÖV-Abonnementsbesitz zeigen sich deutlich in Genf und den beiden Basel. Demnach weist Genf eine ÖV-Abonnementsbesitzrate (GA + Verbund) von 36% aus, während die SynPop 14% ausweist (für Basel-Stadt: 46% im MZMV vs. 28% in der SynPop). Sowohl die Verkehrsverbünde in Genf (unireso) als auch Basel (TNW) sind nicht Teil der SBB-Kundendatenbank, so dass davon auszugehen ist, dass die

Unterschiede auf abweichende Inhalte und Qualitäten der gelieferten Daten zu Anzahl und Verteilung von Verbundabonnementen zurückgehen. Die Abweichungen wirken später im Verkehrsmodell (NPVM) derart, dass ein zu geringer Modal Split-Anteil des öffentlichen Verkehrs in diesen Räumen / Städten zu erwarten ist. Im Modell bestehen dann Möglichkeiten, die Abweichungen über die Kalibration anderer Verhaltensparameter auszugleichen. Perspektivisch ist es aber wünschenswert, schweizweit harmonisierte Datenbanken zum Besitz von Verbundabonnementen vorzuhalten, um derartige Effekte ausschliessen zu können.

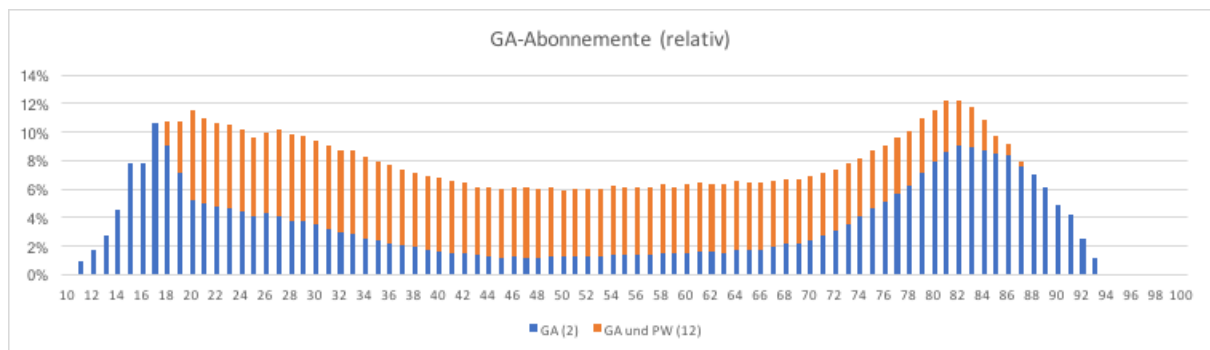
Die Monte-Carlo-Simulationen erwiesen sich als sehr vorteilhaft und flexibel, um die gewünschte Altersverteilung abbilden zu können. Die folgende Abbildung zeigt dies beispielhaft für die Generalabonnemente. Diese nehmen in jungen Jahren mit jedem Altersjahr deutlich zu – absolut als auch relativ zur Anzahl Personen im entsprechenden Alter. Zwischen 20 und 25 Jahren erreicht die Anzahl der GA-Besitzer ihren Höchstwert, einer Abschwächung in den mittleren Altersjahren folgt eine neuerliche Zunahme mit zunehmendem Alter. Diese Dynamiken entsprechen den Grundlegendaten, die von ARE/SBB zu den Abonnementen zur Verfügung gestellt wurden.

Bei der Validierung zeigte sich ein Problem: Die Parameter bei den über 65-Jährigen Personen führen im hohen Alter zu einer zu geringen Abnahme der Mobilitätswerkzeuge – obwohl diese ab einem Alter von 90 Jahren für alle Mobilitätswerkzeuge stark abnehmen müsste. In der Simulation wird deshalb erzwungen, dass ab einem Alter von 70 Jahren die Wahrscheinlichkeiten für sämtliche Mobilitätstools kontinuierlich sinken.⁷

Abb. 21 Altersverteilung der Generalabonnemente (absolut und relativ)



⁷ Die Wahrscheinlichkeiten je Mobilitätswerkzeug werden pro Altersjahr über 70 Jahre um 4 bis 8% reduziert: PW-Verfügbarkeit und GA um 4%, Halbtax um 6%, Verbundabonnemente um 8% (bei mehreren Mobilitätswerkzeugen wurde jeweils der höchste Wert verwendet).



2.14 Wohneigentum

Skript [CalcVar_ownership_02.xml](#)

Datenbasis **ownership_share_CH_dis**
Wohnverhältnisse nach Bewohnertyp, Bezirk; 2013-2015 kumuliert, BFS (Strukturerhebung)

Output Household-Table : Type_4

Das im Folgenden beschriebene Vorgehen ist sowohl für die SynPop als auch in den jährlichen Zyklen bei der prospektiven Anwendung von FaLC identisch.

2.14.1 Konzept

Das Modell für den Kaufentscheid wurde, wie im Vorgängerprojekt (siehe ARE, 2017) entwickelt, übernommen.

Tab. 24 Parameter Entscheid für Kauf

Variable	Beschreibung	Estimate	Std.Error	
Konstante		-21.747	1.702	***
log(INCOME)	Monatliches Einkommen des Haushaltes	1.137	0.12	***
log(AGE)	Alter des ältesten Haushaltsmitgliedes	2.024	0.203	***
CHILD > 1	Mehr als ein Kind im Haushalt	0.41	0.161	*
HHSIZE > 2	Haushalt hat mehr als 2 Personen	0.595	0.146	***
HHSIZE < 2	Haushalt ist ein SingleHaushalt	-0.622	0.177	***
JOBCHANGE	Mindestens eine Person hat den Arbeitsplatz gewechselt	-0.59	0.15	***

*** Signifikanzniveau von 0.001

* Signifikanzniveau 0.05

Quelle: ARE (2017a)

Anpassung auf Randsummen

Analog zum Vorgehen bei der Zuweisung der Personenwagen im Modell zu den Mobilitätswerkzeugen wird die Eigentümerschaft nicht stochastisch über eine Monte-Carlo-Simulation modelliert, sondern deterministisch über eine Rangliste anhand der Werte aus der Nutzenfunktion. Die zugewiesene Anzahl der Eigentümer entspricht auf Bezirksstufe dem Verhältnis gemäss Auswertungen zu den Wohnverhältnissen des BFS aus der Strukturerhebung (Wohnverhältnisse nach Bewohnertyp und Bezirk, 2013-2015 kumuliert).

Dieses Vorgehen wurde gewählt, um möglichst robuste Simulationsergebnisse gerade hinsichtlich der jährlichen Zyklen zu erhalten (bezüglich Geschwindigkeit als auch der Simulationsergebnisse über mehrere Jahre hinweg).

2.14.2 Validierung

Die Wohneigentümergebung gemäss BFS wird aufgrund der deterministischen Modellierung auf der Stufe der Bezirke präzise eingehalten.

2.15 Korrektur von Sammelkoordinaten

Skript	Coordinate Check (households) Assign Coordinates (households)
Datenbasis	Anzahl Haushalte mit gleicher Koordinate
Output	X-COORD, Y-COORD, LOCID

Datensätze ohne verortbare Adresse werden in STATPOP als auch STATENT einer Sammelkoordinate in der entsprechenden Gemeinde zugeordnet, um die Vollständigkeit des Datensatzes zu wahren. Obwohl dies in der Regel nur wenige Personen betrifft (in der STATPOP 2010 waren es 0.67% der Gesamtbevölkerung; BFS, 2012), entstehen in einzelnen Gemeinden durch dieses Vorgehen hohe Bevölkerungskonzentrationen, die bei der späteren Simulation (Wohnstandortwahl, Verkehrsmodellierung) zu verzerrten Ergebnissen führen können. Im Umgang mit diesem Phänomen bedarf es einer Verteilung der Bewohner je Sammelkoordinate auf den weiteren Untersuchungsraum, um negative Effekte dieser «virtuellen Hochhäuser» zu vermeiden. Über ein spezifisches Merkmal in den BFS-Daten lassen sich die Sammeladressen identifizieren.⁸ Anschliessend erfolgt eine zufällige Verteilung dieser Personen bzw. Arbeitsplätze auf die realen Haushaltsadressen bzw. bestehenden Unternehmensadressen in der Gemeinde. Es ist zu berücksichtigen, dass mit diesem Vorgehen die Anzahl der Einwohner in den Zonen minimal verändert werden kann; auf Stufe Gemeinde stimmen die Randsummen bzgl. Bevölkerung der SynPop aber weiterhin exakt mit den Ausgangsdaten von STATPOP überein. Bei den Unternehmen ist das Problem der virtuellen Sammelkoordinaten deutlich kleiner. Von einer Umverteilung der Unternehmen mit Sammelkoordinaten wurde deshalb abgesehen (abgesehen von der Korrektur der Adresse der EPFL).

⁸ Attribut „INDIC_EGID“

3 Zusammenfassung und Weiterentwicklung

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick zur Präzision der SynPop auf verschiedenen Aggregationsstufen. Grundlegende Informationen basieren direkt auf den Einzeldaten des BFS und sind deshalb bis auf die Stufe der Entitäten (z.B. den synthetischen Personen und Unternehmen) identisch mit den BFS-Daten: im Wesentlichen sind dies Alter und Geschlecht der Personen, die Haushaltsstruktur, die Branchen und Grössen der Unternehmen. Diese Daten entsprechen in der SynPop 2017 den Grundlagen von STATPOP (2017) und STATENT (2016).

Ein Grossteil der weiteren Informationen und Variablen muss zur Erstellung der SynPop imputiert bzw. simuliert werden und weist deshalb auf verschiedenen Ebenen eine unterschiedlich grosse Abweichung zur erhobenen Realität auf. Die meisten ergänzten Informationen basieren auf empirischen Wahrscheinlichkeiten oder Häufigkeiten für bestimmte Ausprägungen, die in Monte-Carlo-Simulationen eingesetzt, zur Simulation der Ausprägung an den Personen der SynPop genutzt wurden. Die hierfür typischen MNL-Modelle (bei den Mobilitätswerkzeugen) oder Regressionen (bei den Einkommen) erreichen indes oft nur tiefe Bestimmtheitsmasse und sind deshalb auf der Stufe der einzelnen Entitäten eher ungenau. Entsprechend waren die Simulationsergebnisse bzw. Einstellungen der Monte-Carlo-Simulationen zu justieren, z.B. über Korrekturparameter, um externe Vorgaben, z.B. zum mittleren Einkommen je Gemeinde oder der Anzahl an Personenwagen je Verkehrszone, zu reproduzieren.

Am präzisesten werden die Mobilitätswerkzeuge abgebildet. Insbesondere die Randsummen für ÖV-Abonnemente sowie der Besitz eines privaten Personenwagens werden bis auf Stufe der NPVM-Zonen sehr gut eingehalten. Dies lag einerseits an den im Projekt neu vorhandenen, detaillierten Randsummen sowie an den weiterentwickelten Skripten, die über mehrere Iterationen die Randsummen zu erreichen versuchen. Zudem werden die Firmenwagen den Unternehmen und anschliessend den Mitarbeitern der Unternehmen zugeordnet. Sehr gute Modellgüten werden zudem bei den Schülern und Studenten am Wohnort und den in die Schweiz pendelnden Grenzgängern (Einpendler) erreicht; auch hier zu einem gewissen Grad aufgrund der neu verfügbaren Datengrundlagen.

Die meisten Ausprägungen haben indes spätestens auf Stufe Region (Grossregionen, Bezirke oder Kantone) eine Fehlererwartung von unter +/- 1%. Einzig die Informationen, die im Wesentlichen von der Verteilung der Erwerbstätigen auf die Unternehmen abhängen, sind ungenauer abgebildet. Dies betrifft allerdings weniger relevante Informationen wie die Branche in der die erwerbstätige Person arbeitet, sowie Dauer und Qualifikation der Erwerbstätigkeit. In der Folge variieren auch die Einkommen der erwerbstätigen Personen – dies wird indes durch die Kalibration der Einkommen auf Stufe der Gemeinden entschärft.

Tab. 25 Übersicht Informationsgüte SynPop

Information	CH	Reg.	Gem.	Zonen	Entität
Personen: Alter, Geschlecht, Nationalität	+++	+++	+++	(+++)	+++
Haushalte: Struktur	+++	+++	+++	(+++)	(+++)
Sprache	++	++	++	(++)	Zufall
Ausbildung	++	++	(++)	(++)	Prob.
Schüler und Studenten am Wohnort	+++	+++	+++	++	Prob.
Erwerbstätigkeit	++	++	(++)	(++)	Prob.
Branche	++	(+)	(+)	(+)	Prob.
Dauer der Erwerbstätigkeit	++	(+)	(+)	(+)	Prob.
Beschäftigungsgrad	++	(+)	(+)	(+)	Prob.
Qualifikation Erwerbstätigkeit	++	(+)	(+)	(+)	Prob.
Einkommen	+++	+++	++	(+)	Prob.
Mobilitätswerkzeuge (ÖV-Abos)	+++	+++	+++	(++)	Prob.
Mobilitätswerkzeuge (Besitz privater PW)	+++	+++	+++	++	Prob.
Mobilitätswerkzeuge (Firmen- PW)	+++	(++)	(++)	(++)	Prob.
Mobilitätswerkzeuge (Verfügbarkeit PW)	+++	++	(+)	(+)	Prob.
Eigentum	++	++	(++)	(+)	Prob.
Unternehmen: Branche, Grösse	+++	+++	+++	(+++)	+++
Zuordnung Arbeitsplatz	++	(++)	(+)	(+)	Prob.
Einpendler	+++	+++	+++	(+)	Zufall
Schüler und Studenten am Schulort	++	(++)	(++)	(+)	Prob.
PW-Besitz in den Unternehmen	+++	+++	+++	+++	Zufall
CH	Ganze Schweiz	+++	Identisch mit Grundgesamtheit		
Reg.	Regionen/Bezirke/Kantone	++	Kleinste Abweichungen möglich (<1%)		
Gem.	Gemeinden	+	Kleine Abweichungen möglich (<5%)		
Zonen	NPVM-Zonen/Locations	Prob.	Zuordnung mit Wahrscheinlichkeiten		
Entität	Person/Haushalt/Unternehmen	Zufall	Zuordnung zufällig		
		(...)	Keine präzisen Randsummen		

Bezüglich der verwendeten Quellen zur Validierung ist zu berücksichtigen, dass eine grundsätzliche Unsicherheit damit einhergeht, dass verschiedene Datenquellen mit unterschiedlichen Erhebungsmethoden und Zeitständen verwendet werden. Entsprechend ist zu berücksichtigen, dass eine Validierung nie absolut genau sein kann und Abweichungen im Prozentbereich erwartet werden müssen.

Gegenüber der SynPop 2014 (ARE, 2017a) wurden insbesondere die Modelle zu den Mobilitätswerkzeugen, das Einkommen, die Ausbildung und die Schüler und Studenten am Wohn- und Schulort verbessert. Die Ablösung des R-Skripts durch FaLC-Skripte hatte den Vorteil, dass die Randsummen auf Stufe der Gemeinden generell besser eingehalten werden. Der damit einhergehende Wechsel von Random-Forest- und Spatial-Fitting-Modellen zu Monte-Carlo-Simulationen hat zudem den Vorteil, dass die Möglichkeit besteht, die Modelle nötigenfalls zu kalibrieren. Zudem sind die Modelle flexibler, um zukünftige Szenarien abbilden zu können – z.B. durch die Variation von Wahrscheinlichkeiten.

Die Rechenläufe zur Validierung und Kalibration der SynPop hat indes gezeigt, dass die grössere Varianz im Einkommen und die Kalibration über das Vermögen auch neue Herausforderungen mit sich bringt: da die Kalibration auf Stufe der Gemeinde stattfindet und die Verteilung des Einkommens zufällig auf die Einwohner in der entsprechenden Gemeinde erfolgt, variiert das Durchschnittseinkommen auf Stufe der Zonen beträchtlich. Um diesem Effekt zu begegnen ist es empfehlenswert zumindest das Einkommen mehrfach zu schätzen und einen Durchschnittswert zu bilden.

4 Produkte und Datenbezug

Die zentralen Projektergebnisse bestehen in a) einer räumlich hochaufgelösten SynPop 2017 sowie b) einer daraus abgeleiteten, räumlich aggregierten Strukturdatentabelle für das NPVM. Nachfolgende Auflistung konkretisiert die vorhandenen Grundlagen:

1. SynPop 2017, Personen- und Haushaltsfiles: geokodiert, über eine ID miteinander verknüpfbar;
2. SynPop 2017, Unternehmensfile: geokodiert, über eine ID mit dem Personen- und Haushaltsfile verknüpfbar;
3. SynPop 2017, NPVM-Strukturdatentabelle: auf die Verkehrszonen des NPVM aggregierte und in verhaltenshomogene Personengruppen zusammengefasste SynPop.

Hinsichtlich des Informationsumfangs der Personen-, Haushalts- und Unternehmensfiles sei auf den folgenden Anhang A hingewiesen. Diese Dateien unterliegen aufgrund der Basis von STATPOP und STATENT dem Datenschutz und können nicht nach Aussen abgegeben werden.

Die NPVM-Strukturdatentabelle auf Basis der Verkehrszonen steht als Excel-Datei zur Verfügung auf <https://forsbase.unil.ch/> (Suche: VM-UVEK, Daten des Nationalen Personenverkehrsmodells 2017) und kann dort nach Bestätigung der Datenschutzbestimmungen bezogen werden.

5 Literatur

- Andrew, M. und G. Meen (2006) Population structure and location choice: A study of London and South East England, *Papers in Regional Science*, 85 (3) 401–419.
- Axhausen, K.W., D.M. Scott, A. König und C. Jürgens (2004) Locations, commitments and activity spaces, in M. Schreckenberg und R. Selten (Hrsg.), *Human Behaviour and Traffic Networks*, 205–230, Springer, Berlin.
- Balmer, M., K. Meister, M. Rieser, K. Nagel und K.W. Axhausen (2008) Agent-based simulation of travel demand: Structure and computational performance of MATSim-T, Vortrag, *2nd TRB Conference on Innovations in Travel Modeling*, Portland, Juni 2008.
- Beige, S. (2008) Long-term and mid-term mobility decisions during the life course, Dissertation Nr. 17623, ETH Zürich, Zürich.
- Beige, S. and K. W. Axhausen (2008) The ownership of mobility tools during the life course, paper presented at the 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C., January 2008.
- Belart, B. (2011) Wohnstandortwahl im Grossraum Zürich, *Masterarbeit*, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Bhat, C.R., K. Kockelman, Q. Chen, S. Handy, M. Hani und L. Weston (2000) Urban Accessibility Index: Literature Review, TX_01/7-4938-1, Research Report, University of Texas, Austin.
- Boarnet, M.G. und S. Chalermpong (2001) New highways, house prices and urban development: A case study of toll roads in Orange County, CA, *Housing policy debate*, 12 (3) 575-605.
- Bodenmann, B. (2011) *Location choice of firms with special emphasis on spatial accessibility*, Dissertation, Department Bau, Umwelt und Geomatik, ETH, Zürich.
- Bodenmann, B.R. (2006) Lebenszyklusmodelle für Unternehmen in der Raumplanung, *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung*, 393, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.
- Bodenmann, B. (2003) Zusammenhänge zwischen Raumnutzung und Erreichbarkeit: Das Beispiel der Region St. Gallen zwischen 1950 und 2000, *Diplomarbeit NDS Raumplanung*, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Bodenmann, B. und K.W. Axhausen (2011) Destination choice of relocating firms - A discrete choice model for the region of St. Gallen, Switzerland, *Papers in Regional Science*, 91 (2) 319-341.
- Bodenmann B., J Bode, B Sanchez, A Zeiler, P Furták, M Kuljovsky, I Vecchi and KW Axhausen (2014b) An Integrated Land Use Model for Switzerland Detailed Description of the FaLC Template, *FaLC Working Paper*, **CS 02**, regioConcept and IVT, Herisau/Zürich.
- Bodenmann B., I. Vecchi, B. Sanchez, J. Bode, A. Zeiler and K.W. Axhausen (2014a) Implementation of a Synthetic Population for Switzerland, *FaLC Working Paper*, **CS 01**, regioConcept and IVT, Herisau/Zürich.
- Bodenmann, B., B.J. Vitins, I. Vecchi, A. Zeiler, J. Hackney, and K.W. Axhausen (2013) FaLC: Implementation of a Land-Use Transport Interaction Model for Switzerland, paper presented at *13th Swiss Transport Research Conference*, Ascona, May 2013.

- Breiman, Leo. 2001. "Random Forests." *Machine Learning* 45 (1): 5–32. doi:10.1023/A:1010933404324.
- Bundesamt für Gesundheit BAG (2015) Daten: Prämien für die obligatorische Grundversicherung. Schweizer Eidgenossenschaft.
- Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2010), Nationales Personenverkehrsmodell des UVEK, Basismodell 2005.
- Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2012) Bauzonenstatistik Schweiz 2012, Statistik und Analysen, ARE, Bern.
- Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2017a) Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl, ARE, Bern.
- Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2017b) Zonenstruktur und Verkehrsnetze, ARE, Bern.
- Bundesamt für Sozialversicherungen BSV (2015) Arbeitslosenversicherung. Schweizer Eidgenossenschaft. <http://www.bsv.admin.ch/themen/alv/index.html?lang=de>, Nov. 2015.
- Bundesamt für Statistik BFS, Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2017) *Mobilität in der Schweiz, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015*, BFS, Neuchâtel.
- Bundesamt für Statistik BFS (2002) NOGA: Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige, Erläuterungen, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuenburg.
- Bundesamt für Statistik BFS (2008) Enquêtes suisse sur la structure des salaires 2006, Rapport de méthodes, Office fédéral de la statistique, Confédération Suisse.
- Bundesamt für Statistik BFS (2012): Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STATPOP) ab 2010, Ergebnisse der neuen Volkszählung, GEOSTAT-Datenbeschreibung, Bundesamt für Statistik.
- Bundesamt für Statistik BFS (2013) Die «Mitte» im Fokus. Die Entwicklung der mittleren Einkommensgruppen von 1998 bis 2009, BFS, Neuchâtel.
- Bundesamt für Statistik BFS (2014): Strukturhebung (SE), Bundesamt für Statistik, ThemaKart, Neuchâtel, 2009-2017.
- Bundesamt für Statistik BFS (2014) Monatlicher Bruttolohn (Zentralwert und Quartilbereich) nach Lebensalter, beruflicher Stellung und Geschlecht für die Jahre 2000, 2008, 2010, 2012, 2014, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuenburg.
- Bundesamt für Statistik BFS (2014) Durchschnittliches Steuerbares Einkommen, 2014. Statistischer Atlas der Schweiz. Bundesamt für Statistik (BFS), <https://www.atlas.bfs.admin.ch>, besucht März 2018.
- Bundesamt für Statistik BFS (2016a) Salarium Schweiz – Individueller Lohnrechner, www.lohnrechner.bfs.admin.ch/.
- Bundesamt für Statistik BFS (2016b) Erwerbstätige Bevölkerung nach Wohn- und Arbeitsgemeinde. Aktuelle Datensätze. Schweizer Eidgenossenschaft, <http://www.bfs.admin.ch/>, Nov. 2015.
- Bundesamt für Statistik BFS, Haushaltsbudgeterhebung (HABE) (2015). Haushaltseinkommen und -ausgaben sämtlicher Haushalte nach Jahr. Schweizer Eidgenossenschaft, <http://www.bfs.admin.ch/>, März. 2018.
- Bundesamt für Statistik BFS (2016c): Wohnverhältnisse nach Bewohnertyp und Bezirk für die Jahre 2012 bis 2014, SE/GWS, Auskunftsdienst: info@gws@bfs.admin.ch, Bundesamt für Statistik.

- Bundesamt für Statistik BFS (2017): Die Raumgliederungen der Schweiz 2017, *Statistische Grundlagen und Übersichten*, Gemeindestand 01.01.2017, OFS, BFS, UST.
- Bundesamt für Statistik BFS (2017): Strukturhebung 2015, <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/bau-wohnungswesen/wohnungen/mietpreis.html>, besucht November 2017.
- Bürgle, M. (2006) Residential location choice model for the Greater Zurich area, Konferenzbeitrag 6th Swiss Transport Research Conference, Ascona, September 2006.
- Chen, J., C. Chen und H. Timmermans (2008) Accessibility Trade-Offs in Household Residential Location Decisions, *Transportation Research Record*, 2077 71–79.
- Cheshire, P. und S. Sheppard (2005) The introduction of price signals into land use planning decision-making: a proposal, *Urban studies*, 42 (4) 647-663.
- Danalet, A. (2019) Modèle de choix des ressources de mobilité. Description du modèle utilisé pour la génération de la population synthétique, Arbeitsbericht, ARE, Bern.
- de Palma, A., K. Motamedi, N. Picard und P. Waddell (2005) A model of residential location choice with endogenous housing prices and traffic for the Paris region, *European Transport\Trasporti Europei*, 31 67–82.
- de Palma, A., N. Picard und P. Waddell (2007) Discrete choice models with capacity constraints: An empirical analysis of the housing market of the greater Paris region, *Journal of Urban Economics*, 62 (2) 204–230.
- d’Orazio, M., M. D. Zio and M. Scanu (2006) *Statistical Matching: Theory and Practice*, John Wiley & Sons, June 2006.
- Eliasson, J. und P. Pagliara (2010) The Influence of Accessibility on Residential Location, in *Residential Location Choice*, 137–164, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Fahrländer Partner AG (2016) Immobilien Almanach Schweiz 2016, Zürich.
- FORS (2015) Schweizer Haushalts-Panel, Lausanne.
- Geiger, M. (2007) Ein Simulator für die Raumplanung, *tec21*, 125 (10) 24-29.
- Gilgen, K. (2001) *Kommunale Richt- und Nutzungsplanung*, Lehrbuch, vdf Hochschulverlag AG, ETH Zürich, Zürich.
- Guevara, C.A. (2005) Endogeneity and Sampling of Alternatives in Spatial Choice Models, Dissertation, Massachusetts Institute of Technology, Boston.
- Guo, J.Y. und C.R. Bhat (2007) Operationalizing the concept of neighborhood: Application to residential location choice analysis, *Journal of Transport Geography*, 15 (1) 31–45.
- Habib, M.A. und E.J. Miller (2009) Reference-Dependent Residential Location Choice Model Within a Relocation Context, *Transportation Research Record*, 2133 (1) 92–99.
- Hansen, W. (1959) How Accessibility Shapes Land Use, *JAIP*, 25 (2) 73–76.
- Heye, C. (2007) Sozialräumliche Prozesse in urbanen Räumen der Schweiz, Dissertation, PhD thesis, University of Zurich,.
- Huber, B. (ed.) (1992) *Städtebau - Raumplanung*, Lehrmittel Band 1, vdf, ORL, ETH, Zürich.
- Hurtubia, R. (2012) Discrete choice and microsimulation methods for agent-based land use modeling, Dissertation, Ecole Polytechnique F.d.rale de Lausanne, Switzerland,.
- Killer, V. und K.W. Axhausen (2012) A residential choice model exploring different types of commuters: First results, paper presented at *12th Swiss Transport Research Conference*, Ascona, May 2012.

- Kim, J.H., F. Pagliara und J. Preston (2005) The intention to move and residential location choice behaviour, *Urban Studies*, 42 (9) 1621–1636.
- Kowald M., B. Kieser, A. Justen, N. Mathys (2015) Determinants of mobility tool ownership in Switzerland: Changes between 2000 and 2010, *Transportation*, doi:10.1007/s11116-016-9693-7.
- Lee, B.H., P. Waddell, L. Wang und R.M. Pendyala (2010) Reexamining the influence of work and nonwork accessibility on residential location choices with a microanalytic framework, *Environment and planning A*, 42 (4) 913–930.
- Lee, B. und P. Waddell (2010) Residential mobility and location choice: a nested logit model with sampling of alternatives, *Transportation*, 37 (4) 587–601.
- Löchl, M. (2010) Application of spatial analysis methods for understanding geographic variation of prices, demand and market success, *Doctoral Thesis*, ETH, Zürich.
- Löchl, M. und K.W. Axhausen (2010) Modelling hedonic residential rents for land use and transport simulation while considering spatial effects, *Journal of Transport and Land Use*, 3 (2) 39–63.
- MATSim development team (Hrsg.) (2007) MATSim: Aims, approach and implementation, IVT, ETH, Zürich.
- Méry, J. (2012) AHV-Statistik 2012, Bundesamt für Sozialversicherungen (BSV), Schweizer Eidgenossenschaft.
- McFadden, D. (1978) Modelling the choice of residential location, in A. Karlqvist, L. Lundqvist, F. Snickars und J. Weibull (hrsg.), *Spatial Interaction Theory and Planning Models*, 75–96, North Holland, Amsterdam.
- Manager Magazin (2007) Gehaltsreport: Was Topmanager verdienen. <http://www.manager-magazin.de/unternehmen/karriere/a-509172-2.html>, März 2018.
- Müller K. (2018) Software-Handbuch: Erzeugung der synthetischen Population 2000 und 2016 für FaLC, Datatools GmbH, Zürich.
- Müller, K. and K. W. Axhausen (2014) Using survey calibration and statistical matching to reweight and distribute activity schedules, *Transportation Research Record*, **2429**, 157–167.
- Müller, K. und K.W. Axhausen (2012) *Preparing the Swiss Public-Use Sample for generating a synthetic population of Switzerland*, paper presented at the 12th Swiss Transport Research Conference, Ascona, May 2012.
- Pinjari, A.R., C.R. Bhat und D.A. Hensher (2009) Residential self-selection effects in an activity timeuse behavior model, *Transportation Research Part B: Methodological*, 43 (7) 729–748.
- PTV Planung Transport Verkehr (2019) *Benutzerhandbuch VISUM, Analyse und Planung von Verkehrsnetzen*, PTV, Karlsruhe.
- Scherr, W., Bützberger, P., Frischknecht, N. (2018) Micro Meets Macro: A Transport Model Architecture Aiming at Forecasting a Passenger Railway's Future, paper presented at the Swiss Transportation Research Conference, Ascona.
- Scherr, W., Joshi, C., Manser, P., Frischknecht, N., Métrailler, D. (2019) An Activity-based Travel Demand Model of Switzerland Based on Choices and Constraints, conference proceedings hEART 2019, Budapest.

- Schirmer, P., B.C. Belart and K.W. Axhausen (2011) Location choice in the greater Zurich Area – an intermediate report, paper presented at the 11th Swiss Transport Research Conference, Ascona, May 2011.
- Schirmer, P.M. (2015) Classification of the Urban Morphology for Use in Residential Location Choice Models, Dissertation, ETH Zurich, Zürich.
- Schirmer, P.M. und K.W. Axhausen (2015) A multiscale classification of the urban morphology, *Journal of Transport and Land Use*.
- Schirmer, P.M., M.A.B. van Eggermond und K.W. Axhausen (2014) The role of location in residential location choice models: a review of literature, *Journal of Transport and Land Use*, 7 (2) 3–21.
- Schirmer, P.M., M.A.B. Van Eggermond und K.W. Axhausen (2013) Measuring Location in Residential Location Choice - An Empirical Study on the Canton of Zurich, in 13th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Konferenzbeitrag 13th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, Utrecht, 2013.
- Schirmer, P.M., C. Zöllig, K. Müller und K.W. Axhausen (2015) Transport and Land Use Microsimulation on the Canton of Zurich using UrbanSim, in M. Bierlaire, A. de Palma, R. Hurtubia und P. A. Waddell (Hrsg.), *Integrated transport and land use modeling for sustainable cities*, EPFL Press, Lausanne.
- Schmitt, A. (2018) Zusammenstellung der wichtigsten Abzüge, Geraffter Überblick ohne Detailgestaltung der einzelnen Abzüge, Schmitt Treuhand, Zürich, http://www.schmitt-treuhand.ch/resources/SchmittTreuhand_Steuertipps1.pdf (Mai, 2018).
- Schweizer Behörden Online (2015) Ordentliches Rentenalter: Wann kann ich mich pensionieren lassen? Eine Dienstleistung des Bundes, der Kantone und Gemeinden. <http://www.ch.ch/de/rentenalter/>, Nov. 2015.
- Schweizerischer Arbeitsmarktbehörde SECO (2015) Treffpunkt Arbeit: Die Arbeitslosenentschädigung (ALE). Schweizer Eidgenossenschaft. <http://www.treffpunkt-arbeit.ch/arbeitslos/finanzielles/>, Nov. 2015.
- Srour, I.M., K.M. Kockelman und T.P. Dunn (2002) Accessibility indices: Connection to residential land prices and location choices, *Transportation Research Record*, 2002 25–34.
- Statistisches Amt des Kanton Zürich (2013) Zu- und Wegzugsbefragung, Zürich.
- Thierstein, A., A. Förster, S. Conwert, K. Erhard und M. Ottmann (2013) Wohnungsnachfrage im Grossraum München. Individuelle Präferenzen, verfügbares Angebot und räumliche Massstabebenen., Lehrstuhl für Raumentwicklung der Technischen Universität München TUM, München.
- Train, K.E. (2003) *Discrete Choice Methods with Simulation*, Cambridge University Press, New York.
- Tschopp, M. (2007) *Verkehrsinfrastruktur und räumliche Entwicklung in der Schweiz 1950-2000*, Dissertation, Universität Zürich, Zürich.
- Vyvere, Y., H. Oppewal und H. Timmermans (1998) The validity of hierarchical information integration choice experiments to model residential preference and choice, *Geographical Analysis*, 30 (3) 254–272.
- Waddell, P., A. Boming, M. Noth, N. Freier, M. Becke, and G. Ulfarsson (2003) Microsimulation of Urban Development and Location Choices: Design and Implementation of UrbanSim, *Networks and Spatial Economics*, 3 (1) 43-67.

- Waddell, P. (2006) Reconciling Household Residential Location Choices and Neighborhood Dynamics, Working Paper.
- Waddell, P., T. Moore und S. Edwards (1998) Exploiting parcel-level GIS for land use modeling, in Proceedings of the 1998 ASCE Conference on Transportation, Land Use and Air Quality: Making the Connection, 1998.
- Weisbrod, G.E., S.R. Lerman und M. Ben-Akiva (1980) Tradeoffs in residential location decisions: transportation versus other factors, *Transport Policy and Decision Making*, 1 (1) 13–26.
- Wolf D.A. (2001) The Role of Microsimulation in Longitudinal Data Analysis, *Canadian Studies in Population*, 28 (2) 313-339.
- Zeiler A., G. Sarlas, M. Kuliowsky, B.R. Bodenmann, B. Sanchez, J. Bode, P. Furtak, KW Axhausen (2014), FaLC Transport Simulation Module: How accurate can a simplified transport model be? paper presented at the *14th Swiss Transport Research Conference, Ascona*, May 2014.
- Zhou, B.B. und K.M. Kockelman (2008) Microsimulation of residential land development and household location choices: bidding for land in Austin, Texas, *Transportation Research Record*, 2077 106–112.
- Zolfaghari, A. (2013) Methodological and empirical challenges in modelling residential location choices, Dissertation, Imperial College London.
- Zolfaghari, A., A. Sivakumar und J.W. Polak (2012) Choice set pruning in residential location choice modelling: a comparison of sampling and choice set generation approaches in greater London, *Transportation Planning and Technology*, 35 (1) 87–106.
- Zöllig Chr., R. Hilber, K.W. Axhausen (2011) *Konzeptstudie Flächennutzungsmodellierung, Grundlagenbericht*, Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Bern.
- Zondag, B. und M. Pieters (2005) Influence of Accessibility on Residential Location Choice, *Transportation Research Record*, 1902 63–70. Andrew, M. und G. Meen (2006) Population structure and location choice: A study of London and South East England, *Papers in Regional Science*, 85 (3) 401–419.

Anhang

A FaLC Tabellen zur Synthetischen Population

Tab. 26 FaLC Table persons

Attribute	Description	Model/Data
person_id	ID person	Load STATPOP: STATPOP 2017
household_id	ID household	Load STATPOP: STATPOP 2017
position_in_hh	Position in household 3 Child (together with parents) 5 Partner (if head of hh is a pair) 0 all other cases	CalcVar_input_variables_person_v5.xml: STATPOP 2017
position_in_bus	Position in business 0 Unemployed 1 CEO 2 Employee 3 Apprentice	CalcVar_employment_SE2016_v13_ohneEdu.xml: Strukturhebung 2012-2016
	after recoding in Model "qualified employees" 0 Unemployed 1 CEO Geschäftsführer 11 business management Geschäftsleitung 12 management qualifizierte MA 20 Employee einfache MA 3 Apprentice Lehrling	CalcVar_qualified_employees_v05.xml, SE 2016

position_in_edu	Position in education		CalcVar_position_in_education_mun_2017_v05.xml: Struktur- hebung 2012-2016
	10	pupil (primary/secondary school)	
	20	student	
employed_since	Employed since (year)		CalcVar_employed_since_BFS2016_v10.xml: Lohnstrukturhebung 2016
Sex	Sex		Load STATPOP: STATPOP 2017
	1	Male	
	0	Female	
Dbirth	Date of birth (DD.MM.YYYY)		Load STATPOP: STATPOP 2017
Status	Status		Das Attribut wird nur während der jährlichen Zyklen verwendet, damit die Immigrierenden Haushalte einem Wohnort zugeteilt werden.
	0	Residents in Perimeter	
	7	Immigrant	
Education	Level of education		CalcVar_education_SE2016_v08.xml: Strukturhebung 2012- 2016
	1	without post-compulsory education	
	2	Secondary School II	
	3	tertiary education (higher education)	
	4	tertiary education (university)	
Language	Language	Code (former Code)	CalcVar_language_v8426.xml: Strukturhebung 2012-2016
	German	1 (110)	
	French	2 (120)	
	Italian	3 (130)	
	Rumantsch	4 (140)	
	Others	5 (>140)	

Nation	<p>Grouping of nationalities</p> <p>0 Schweiz</p> <p>1 Deutschland, Österreich, Lichtenstein</p> <p>2 Italien, Vatikanstadt</p> <p>3 Frankreich, Monaco, San Marino</p> <p>4 NW-Europa (Belgien, Luxemburg, Niederlande, Dänemark, Finnland, Vereinigtes Königreich, Irland, Island, Norwegen, Schweden)</p> <p>5 SW-Europa (Portugal, Spanien, Andorra)</p> <p>6 SO-Europa (Malta, Albanien, Griechenland, Kosovo, Kroatien, Slowenien, Bosnien und Herzegowina, Mazedonien, Bulgarien, Türkei, Zypern, Serbien, Montenegro)</p> <p>7 O-Europa (Polen, Rumänien, Ungarn, Slowakei, Tschechische Republik, Moldova, Ukraine, Belarus, Estland, Lettland, Litauen)</p> <p>8 Afrika</p> <p>9 Asien (ink. Russland)</p> <p>10 Amerika / Ozeanien (Nord- und Südamerika, Australien, Neuseeland, Ozeanien), others</p>	<p>Load STATPOP, CalcVar_input_variables_person_v5.xml: STATPOP 2017</p> <p>Bei der SynPop 2000 fehlen die Angaben für Afrika (8), Asien (9), Amerika und übrige (10). Deshalb erhalten alle Personen dieser Nationalitäten die Codierung "übrige" (10).</p>
business_id	ID business	FaLC-Funktion "Assignment Employees to Jobs": Pendlermatrix 2014, Gränzgängerstatistik 2016
Income	<p>Available Income (in CHF per year)</p> <p>(income from assets NOT included, see type_4)</p>	<p>CalcVar_income_v13_Bp_pf.xml, CalcVar_income_as-sets_bfs_v04.xml:</p> <p>Salarium Einkommensrechner</p> <p>Steuerbares Einkommen je Gemeinde (BFS)</p>

Mobility	Mobility Tools	CalcVar_mobility-tools_synth20162017_v42TI.xml: MZMV 2015 CalcVar_mobility_car_in_businesses_v05.xml: MOFIS 2016
	Code in Table	Code in Script and Input-Files
	0 no mobility tool available	6 no mobility tool available
	1 Half-fare travel card (Halbtax)	5 Half-fare travel card (Halbtax)
	2 Travel card (GA)	4 Travel card (GA)
	5 Local travel card	60 Local travel card
	6 Local travel card and Swiss half-fare travel card	50 Local travel card and Swiss half-fare travel card
	10 Car available	3 Car available
	11 Car available and half-fare travel card	2 Car available and half-fare travel card
	12 Car available and travel card (GA)	1 Car available and travel card (GA)
	15 Car available and local travel card	30 Car available and local travel card
	16 Car available, local travel card and Swiss half-fare travel card	20 Car available, local travel card and Swiss half-fare travel card
car_ownership	Number of cars owned by this person (0...x) (in general 0 or 1)	CalcVar_mobility-tools_synth20162017_v42TI.xml: MOFIS 2016
car_company	Number of company cars at the disposal of this person (0...x); (in general 0 or 1)	CalcVar_mobility_car_in_businesses_v05.xml: MOFIS 2016
type_1	Business sector	CalcVar_input_variables_business_v6.xml: Strukturhebung 2012-2016
	Sectors: NOGA08	
	1 agriculture 1-7	
	2 production 10-35, 40-44	
	3 wholesale 45-46, 49-54	
	4 retail 47-48	
	5 gastronomy 55-57	
	6 finance 64-67	
	7 services fC 58, 60-63, 69-83	
	8 other services 59, 68, 86-90, 92-96	
	9 others 97-98	
	10 non movers 8-9, 36-39, 84-85, 91, 99	

type_2	Level of Employment (in percentage) 0 - 100	CalcVar_level_empl_SE2016_v12.xml: Strukturhebung 2012-2016
type_3	Not used	
type_4	Asset of a person (value for income = type_5 * 0.01) (0...x)	CalcVar_income_assets_bfs_v04.xml: Steuerbares Einkommen je Gemeinde (BFS)
type_5	Corrected position in business (code see position_in_bus)	CalcVar_corr_re.xml
type_6	Corrected Level of Employment (in percentage) 0 – 100	CalcVar_corr_re.xml
type_7	Not used	
type_8	Temporary used in SynPop a) Nationality (NATIONALITYSTATE) b) X-Coordinate of Household	Load Data from STATPOP Model: CalcVar_copy_coordinates2person_v01.xml
type_9	Temporary used in SynPop a) Nationality (NATIONALITYCONTINENT) b) X-Coordinate of Household	Load Data from STATPOP Model: CalcVar_copy_coordinates2person_v01.xml

* prepared for use in later versions

Tab. 27 FaLC Table households

Attribute	Description	Model/Data
Household_id	ID household	Load STATPOP: STATPOP 2017
Location_id	ID location	Load STATPOP: STATPOP 2017
htype1	Used in FaLC calculation (immigration)	
htype2	Used in FaLC calculation (hh formation, syntese)	
htype3	Attribute for Household model Synthesis: 1 Single person with or without children 2 Pair with children 3 Pair without children 0 other households (e.g. single hh from other hh)	CalcVar_household_type_v02.xml: STATPOP 2016
htype4	Ownership of flat/house 0 no (rent) 1 yes (owner)	in model (yearly cycle) CalcVar_ownership_04.xml: Wohnverhältnisse nach Bewohnertyp, Bezirk; 2013-2015 kumuliert, BFS (Strukturerhebung)
htype5	Income Household	See persons
dfoundation	Not used	
X	X Coordinate (optional)	Load STATPOP: STATPOP 2017
Y	Y Coordinate (optional)	Load STATPOP: STATPOP 2017
hcoord_type	Type of coordinate Input: 0 not available 1 with coordinates 2 no address	Load STATPOP: STATPOP 2017 (INDIC_EGID == 0,1,2)

Output:
 10 new coordinates for input "not available" (0+10)
 1 with original coordinate
 12 new coordinate for input "no address" (2+10)

Tab. 28 FaLC Table businesses

Attribute	Description	Model/Data
Business_id	ID business	Load STATENT: STATENT 2016
Location_id	ID location	Load STATENT: STATENT 2016
btype1	Sectors:	NOGA08
	1 agriculture	1-7
	2 production	10-35, 40-44
	3 wholesale	45-46, 49-54
	4 retail	47-48
	5 gastronomy	55-57
	6 finance	64-67
	7 services fC	58, 60-63, 69-83
	8 other services	59, 68, 86-90, 92-96
	9 others	97-98
	10 non movers	8-9, 36-39, 84-85, 91, 99
		CalcVar_input_variables_business_v6.xml: STATENT 2016

btype2	Legal form (Rechtsnatur, Code STATENT): 1 partnerships (Personengesellschaften, 1-4) 2 companies (Kapitalgesellschaften, 5-7) 3 cooperatives (Genossenschaften, 8) 4 holding (Holdinggesellschaften, -) 5 branch establishment (Zweigniederlassungen, 11-12) 6 others (übrige jur. Personen) (former: 1holding hg, 2partnerships pg,3companies kg)	CalcVar_input_variables_business_v6.xml: STATENT 2016
btype3	NOGA08 Code	Load STATENT: STATENT 2016
btype4	Not used	
btype5	Not used	
...		
btype9	Not used	
Dfoundation	Date of foundation	Load STATENT: STATENT 2016
nr_of_jobs	Number of jobs, excluding crossborders (0..x) Note: the total number of jobs in the business is the sum of nr_of_jobs and cb_nr_of_jobs	Load STATENT: STATENT 2016 FaLC-model: Reduce available jobs (Crossborders) (CalcVar_reduce_jobs.xml)
cb_nr_of_jobs	Number of crossborders (0..x)	FaLC-model: Reduce available jobs (Crossborders) (CalcVar_reduce_jobs.xml)

fte	Sum of full time equivalents, excluding crossborders (double) Note: the total sum of fte in the business is the sum of fte and cb_fte	Load STATENT: STATENT 2016
cb_fte	Sum of full time equivalents of crossborders (double)	FaLC-model: Reduce available jobs (Crossborders) (CalcVar_reduce_jobs.xml)
Nr_of_cars	Number of cars (0..x)	FaLC-model "CalcVar_mobility_car_in_businesses_v05.xml"
school_type	Type of Schools 0 no School 1 Primary School 2 Secondary School 3 Tertiary School (higer education, Berufsbildung, FH) 4 Tertiary School (Universities) 99 others / not specified	CalcVar_schoolType.xml: STATENT 2016
X	X Coordinate (optional)	Load STATENT: STATENT 2016
Y	Y Coordinate (optional)	Load STATENT: STATENT 2016
bcoord_type	Type of coordinate ...	Load STATENT: STATENT 2016 INDIC_EGID == 2

* existing FaLC table for year 2000 (ARE-Model 2013)

