

Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl

Erweiterung des Modells FaLC: Verhaltensmodelle und
synthetische Population



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)

Autoren

regioConcept AG

Balz Bodenmann (Projektleitung)

Pascal Bürki

Fahrländer Partner Raumentwicklung

Patrick Schirmer

Dominik Matter

ETH Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme

Kirill Müller

Kay W. Axhausen

Projektbegleitung ARE

Andreas Justen (Projektleitung)

Martin Tschopp

Nicole Mathys

Produktion

Rudolf Menzi, Leiter Kommunikation ARE

Inhalt

Zusammenfassung / Résumé / Sintesi

1	Einleitung	1
2	Wahl des Wohnstandortes	3
2.1	Ausgangslage	3
2.2	Theoretischer Hintergrund	4
2.3	Diskrete Entscheidungsmodelle	6
2.4	Basisdaten	9
2.5	Einflussfaktoren der Wohnstandortwahl	13
2.6	Standorteigenschaften in FaLC	18
2.7	Wahrscheinlichkeiten	23
2.8	Datenbeschrieb	29
2.9	Entscheidungsmodelle I	41
2.10	Entscheidungsmodell II	54
2.11	Zusammenfassung und Diskussion	70
2.12	Empfehlung zu Weiterentwicklung (Future Research)	72
2.13	Details Modellergebnisse	74
3	Synthetische Population	83
3.1	Genereller Ablauf	83
3.2	Basistabellen 2000	86
3.3	Basistabellen 2014	96
3.4	Zuordnung Arbeitnehmer – Arbeitsplatz	114
3.5	Schätzung Einkommen	118
3.6	Mobilitätswerkzeuge	136
3.7	Zuordnung Sprache (2014)	143
3.8	Wohneigentum	144
3.9	Zusammenfassung und Weiterentwicklung	146
4	Modelle der jährlichen Zyklen	149
4.1	Einbindung der neuen Modelle	149
4.2	Umzüge der Haushalte	151
4.3	Fortschreibung Bildungsstand	157
4.4	Fortschreibung Einkommen	160
4.5	Fortschreibung Mobilitätswerkzeuge	160
4.6	Fortschreibung Kosten Wohnraum	162
4.7	Arbeitsplatzwahl	166
4.8	Migration	169

5	Validierung Gesamtmodell	172
5.1	Weisses Rauschen	172
5.2	Kalibration	173
5.3	Modellgüte 2000 - 2010	176
5.4	Sensitivitätsanalysen	177
5.5	Fazit	181
6	Literatur.....	183

Anhang

A	FaLC Tabellen zur Synthetischen Population	190
B	Detailltabellen zur Validierung der synthetischen Population.....	194

Zusammenfassung

Mit dem vorliegenden Projekt wurde das Flächennutzungsmodell FaLC (Facility Location Choice Simulation) für die Schweiz bezüglich Wohnstandortwahl und der dafür notwendigen Attribute zur Wohnbevölkerung weiterentwickelt. Insbesondere fehlten bisher Parameterschätzungen der Einflussgrössen auf die Standortwahl in grossflächigem Massstab (z.B. auf Stufe von Stadtquartieren oder Gemeinden). Zudem bestand ein Bedarf an der Integration ökonomischer Kriterien in das Modell mit Einfluss auf die Standortwahl (Landpreise, Immobilienpreise, Haushaltseinkommen bzw. auch Informationen zu den Anteilen an Miete der Einkommen).

Damit verbunden war das übergeordnete Ziel die Modellresultate aus FaLC direkt als Eingangsdaten für die Verkehrsmodellierung im Nationalen Personenverkehrsmodell (NPVM) verwenden zu können. Dazu wurden folgende drei Schwerpunkte mit dem Projekt umgesetzt:

- Es wurden Einflussgrössen der Standortwahl der Haushalte identifiziert, analysiert und in ihrer Relevanz statistisch quantifiziert.
- Die Methoden zur Erstellung der synthetischen Population wurden auf den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand aktualisiert und die Population um Attribute erweitert.
- Die neuen Parameter wurden anschliessend in das um die verbesserte Population erweiterte Flächennutzungsmodell integriert, validiert und das Modell neu kalibriert.

Das Projekt wurde von drei entsprechend qualifizierten Teams bearbeitet. Die Einflussgrössen der Wahl des Wohnstandortes wurden von der Firma Fahrländer und Partner geschätzt. Für die Synthetische Population war das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) der ETH Zürich verantwortlich. Die Ergänzungen der demographischen Modelle, die Umsetzung in FaLC und die Validierung wurden von der Firma regioConcept AG, durchgeführt.

Die Ergebnisse der **Modellentwicklung zur Wohnstandortwahl** lassen die Annahme zu, dass eine zonenbasierte Abbildung der Standortwahl in FaLC zulässig und für Szenarienanalysen einsetzbar ist. Es wurde ein Basismodell entwickelt, welches um einzelne räumliche Dimensionen erweitert und abschliessend in ein Gesamtmodell überführt wurde. Die einzelnen Modelle wurden auf Alternativensets mit disjunkten soziodemografischen Gruppen und auf Alternativensets mit disjunkten Nachfragesegmenten angewendet, verfeinert und verglichen.

Es zeigte sich, dass bereits das Basismodell eine sehr hohe Erklärungskraft auswies, welche vor allem aus dem Einfluss der Distanz zum vorherigen Standort des Haushaltes abzuleiten ist: Haushalte bleiben auch bei Umzügen im Allgemeinen lokal verortet und pflegen ihr soziales Netzwerk. Die Korrelation mehrerer Attribute untereinander (Multivariate Korrelation) wurde durch die Eliminierung oder Transformation von Attributen weitgehend reduziert. Für künftige Modellschätzungen wäre es empfehlenswert, raumbeschreibende Dimensionen über eine Faktoranalyse oder eine Hauptkomponentenanalyse zu definieren und diese bei der Modellschätzung zu integrieren.

Die **Synthetische Population** erfuhr verschiedene Erweiterungen um Attribute, insbesondere wurde mit dem Projekt neu die Hauptsprache, der Bildungsstand, das Einkommen und der Besitz von Mobilitätswerkzeugen in die Population integriert. Grundsätzlich weisen die meisten Ausprägungen spätestens auf Stufe der MS-Regionen eine Fehlererwartung von unter +/- 1% aus.

Die meisten imputierten Informationen wurden auf der Basis von empirisch abgeleiteten Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Ausprägungen mit Monte-Carlo-Simulationen modelliert. Die hierfür verwendeten Ergebnisse aus Multinomialen Logitmodellen (MNL) erreichten indes nur sehr tiefe Bestimmtheitsmasse und sind deshalb auf der Stufe der einzelnen Entitäten ungenau. Daher wurde anschliessend eine Kalibration vorgenommen auf die je Attribut vorliegende Randsummen auf der tiefest möglichen räumlichen Aggregationsstufe. Am präzisesten werden die Mobilitätswerkzeuge, sprich der Besitz eines Personenwagens, eines GA- oder Halbtax-Abonnements abgebildet – da diese Randsummen auf Stufe der Verkehrszonen vorlagen. Die Einkommen hingegen werden mit dem gewählten Ansatz generell noch leicht überschätzt (ca. 10%) und weisen eine zu geringe Varianz auf. In einem kommenden Entwicklungsschritt des Modells wäre es empfehlenswert, das Einkommen diesbezüglich zu überarbeiten.

Die Berücksichtigung der zusätzlichen Attribute in der **jährlichen Fortschreibung** der FaLC-Simulationen bedingte verschiedene Modellanpassungen. Zusätzlich zur Überarbeitung des Wohnstandortmodells werden nun neu der Bildungsstand, das Einkommen, die Mobilitätswerkzeuge, die Kosten des Wohnraumes, die Arbeitsplatzwahl sowie die Migration jährlich modelliert. Teilweise konnte auf den Modellen der synthetischen Population aufgebaut werden (z.B. Einkommen), teilweise mussten neue Modelle entworfen und umgesetzt werden (z.B. Bildungsstand aufgrund von Übergangswahrscheinlichkeiten).

Die **Validierung** zeigte, dass sich das Gesamtmodell deutlich verbessert hat. Die Modelle sind eindeutiger und das weisse Rauschen konnte signifikant reduziert werden (um 20 bis 30%). Bei einem Vergleich des Durchschnitts eines Szenarios mit 200 Rechenläufen mit den Resultaten nach 50 Rechenläufen ergibt sich bei einem 95%-Konfidenzintervall eine mittlere Abweichung je Gemeinde von +/-16 Personen. Dies ist ein deutlich geringerer Wert als vor der Integration der neuen Parameter zur Modellierung der Wohnstandortwahl. Die Sensitivitätstests belegen zudem, dass der in der Monte-Carlo-Simulation der Umzüge berechnete Nutzen einen messbaren Effekt im Umzugsverhalten hat. Dies zeigt sich insbesondere auch bei der erfolgreichen Kalibration der Parameter auf Basis der Modellierung eines ex-post-Zeitraums (2000 bis 2014), die dadurch erst ermöglicht wird.

Mit Blick auf **Modellanwendungen** liegt mit dem Projekt eine synthetische Population vor, die für die Bildung von verhaltenshomogenen Personengruppen für die Verkehrsmodellierung geeignet ist. Werden zudem weiter verbesserte Grundlagendaten verfügbar, z.B. zur kleinräumigen Einkommensverteilung oder dem Mobilitätswerkzeugbesitz, kann die allgemeine Qualität der Attribute der Synthetischen Population weiter erhöht werden. Über die Kalibration des Gesamtmodells an der ex-post-Entwicklung 2000 bis 2014 wurde die Eignung des Flächennutzungsmodells zur Prognose deutlich verbessert.

Résumé

Le présent projet a porté sur des améliorations du Modèle d'utilisation des surfaces FaLC (Facility Location Choice Simulation) pour la Suisse, en particulier concernant le choix du lieu de domicile et des attributs de ce choix concernant la population résidante. Il manquait notamment les estimations des paramètres des facteurs influant sur le choix du lieu de domicile à une grande échelle (par ex. au niveau de quartiers ou de communes). Il y avait également nécessité d'intégrer dans le modèle des critères économiques ayant une influence sur le choix du lieu de domicile (prix du terrain et des immeubles, revenu du ménage, part du loyer dans le revenu).

L'objectif global était aussi de pouvoir employer directement les résultats du modèle FaLC comme données d'entrée pour le Modèle national de trafic voyageurs (MNTP). Le projet a permis de réaliser trois opérations principales :

- Les facteurs influant sur le choix du lieu de domicile des ménages ont été identifiés, analysés et quantifiés relativement à leur pertinence statistique.
- Les méthodes de création de la population synthétique ont été mises à jour par rapport à l'état actuel des connaissances scientifiques, et des attributs supplémentaires ont été ajoutés à la population synthétique.
- Les nouveaux paramètres ont ensuite été intégrés dans le modèle d'utilisation des surfaces, enrichis de données améliorées sur la population, puis validés, et le modèle a été recalibré.

Trois équipes spécialisées ont été chargées du projet. Le bureau Fahrländer et associés a estimé les facteurs influant sur le choix du lieu de domicile. L'Institut de planification du trafic et de systèmes de transport de l'EPFZ (Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, IVT) a généré la population synthétique. Le bureau regioConcept SA a complété les modèles démographiques, fait la transposition dans le FaLC et effectué les validations.

Les résultats du développement du **modèle de choix du lieu de domicile** permettent de conclure que la représentation par zones du choix du lieu dans le FaLC est admissible et utilisable pour les analyses de scénarios. Un modèle de base a été mis au point, puis augmenté de certaines dimensions spatiales et finalement transposé dans le modèle général. Les modèles ont été appliqués, affinés et comparés sur des sous-groupes socio-démographiques disjoints et sur des sous-groupes de segments de demande disjoints.

Il est apparu que le modèle de base présente déjà une valeur explicative très élevée, qui découle surtout de l'influence du précédent lieu de domicile du ménage : d'une manière générale, même lors d'un changement de lieu de domicile, les ménages conservent leur ancrage local et tentent de maintenir leur réseau social. L'élimination ou la transformation de certains attributs a fortement réduit les corrélations multiples entre attributs (corrélation multivariée). Pour de futures évaluations du modèle, il est recommandé de décrire les caractéristiques spatiales par le moyen d'une analyse factorielle ou d'une analyse en composantes principales, et de les intégrer lors de l'évaluation.

La **population synthétique** a été enrichie de divers attributs, notamment la langue principale, le niveau de formation, le revenu et la possession d'instruments de mobilité. La

plupart des caractéristiques, au plus tard au niveau des régions MS, montrent une probabilité d'erreur inférieure à +/- 1%.

La plupart des informations imputées ont été modélisées sur la base de probabilités déduites empiriquement pour certaines caractéristiques précises, au moyen de simulations par la méthode de Monte-Carlo. Les résultats utilisés ici, tirés de modèles logit multinomiaux (MNL), n'ont cependant atteint que de très faibles coefficients de détermination, ce qui les rend imprécis pour le niveau individuel. On a donc procédé ensuite à une calibration sur les sommes marginales obtenues pour chaque attribut, au plus bas niveau possible d'agrégation spatiale. Ce sont les instruments de mobilité – soit la possession d'une voiture, d'un abonnement général ou d'un abonnement demi-tarif – qui sont représentés avec le plus de précision, parce que ces sommes marginales étaient présentes au niveau des zones de trafic. En revanche, les revenus, avec la méthode choisie, sont encore généralement un peu surévalués (env. 10%) et montrent une trop faible variance. Dans une étape ultérieure de développement du modèle, il est recommandé de corriger ce point.

La prise en compte des attributs supplémentaires dans la **mise à jour annuelle** des simulations FaLC a nécessité quelques adaptations du modèle. En plus du lieu de domicile, un modèle est maintenant établi chaque année aussi pour le niveau de formation, les instruments de mobilité, les coûts du logement, le choix du lieu de travail et la migration. Il a été parfois possible de s'appuyer sur les modèles de la population synthétique (par ex. pour le revenu) ; d'autres fois, on a dû mettre au point et appliquer de nouveaux modèles (par ex. niveau de formation, en raison des probabilités de transition).

La **validation** a fait apparaître une nette amélioration du modèle général. Les modèles sont plus nets et le bruit blanc a pu être sensiblement réduit (de 20 à 30%). La comparaison entre d'une part la moyenne dans un scénario portant sur 200 opérations de calcul et d'autre part les résultats obtenus après 50 opérations de calcul donne, pour un intervalle de confiance de 95%, un écart moyen par commune de +/- 16 personnes. Cette valeur est nettement inférieure à celle obtenue avant l'intégration des nouveaux paramètres pour la modélisation du choix du domicile. Les tests de sensibilité prouvent en outre que l'avantage calculé dans la simulation des déménagements par la méthode de Monte-Carlo a un effet mesurable dans le comportement en matière de déménagement. Cela apparaît notamment aussi dans la calibration des paramètres effectuée avec succès sur la base de la modélisation d'une période ex-post (2000 à 2014).

Quant aux **applications du modèle**, le projet fournit une population synthétique appropriée pour la définition de groupes de population à comportement homogène pour la modélisation des transports. Si l'on dispose en outre de données de base améliorées, par ex. sur la répartition du revenu par petites unités spatiales ou sur la possession d'un instrument de mobilité, il est possible d'augmenter encore la qualité générale des attributs de la population synthétique. La calibration du modèle général pour l'évolution ex-post 2000-2014 a sensiblement amélioré la qualité prévisionnelle du modèle d'utilisation des surfaces.

Sintesi

Con il presente progetto, il modello di simulazione dell'utilizzazione delle superfici FaLC (*Facility Location Choice Simulation*) è stato ulteriormente sviluppato per la Svizzera per quanto concerne la scelta del luogo di residenza e le necessarie variabili relative alla popolazione residente. In particolare, finora mancavano le stime a un livello più granulare dei parametri dei fattori che influenzano la scelta del luogo di residenza (ad es. a livello di quartieri cittadini o Comuni). Vi era inoltre la necessità di integrare nel modello variabili economiche che influiscono sulla scelta del luogo di residenza (prezzi dei terreni, prezzi degli immobili, redditi domestici e informazioni sulle quote del salario utilizzate per pagare l'affitto).

A ciò si collegava l'obiettivo superiore di poter utilizzare i risultati del modello FaLC direttamente come dati di partenza per la modellizzazione del traffico nel modello del traffico viaggiatori a livello nazionale (MTVN). A questo scopo, con il progetto sono state perseguite tre priorità:

- sono state identificati e analizzati i fattori che influenzano la scelta del luogo di residenza delle economie domestiche e ne è stata quantificata statisticamente la rilevanza;
- i metodi per la generazione della popolazione sintetica sono stati aggiornati sulla base dello stato delle conoscenze scientifiche più recenti e sono state ampliate le variabili relative alle caratteristiche della popolazione;
- i nuovi parametri sono stati infine integrati nel modello per l'utilizzazione delle superfici potenziato e validati. Il modello è stato in seguito ricalibrato.

Il progetto è stato elaborato da tre team qualificati. I fattori che influenzano la scelta del luogo di residenza sono stati stimati dalla ditta Fahrländer Partner Raumentwicklung. La popolazione sintetica è stata generata dall'Institute for Transport Planning and Systems (IVT) dell'ETH di Zurigo. Le integrazioni dei modelli demografici, l'attuazione nel FaLC e la validazione del modello sono stati effettuati dalla regioConcept AG.

I risultati dello **sviluppo del modello relativo alla scelta del luogo di residenza** fanno ipotizzare che sia ammissibile inserire nel FaLC una rappresentazione della scelta del luogo di residenza basata sulle zone e che quest'ultima sia applicabile per le analisi degli scenari. È stato sviluppato un modello di base ampliato di alcune dimensioni territoriali che è stato infine traslato in un modello generale. I singoli modelli sono stati applicati, perfezionati e confrontati usando gruppi sociodemografici disgiunti e segmenti di domanda disgiunti.

È emerso che già il modello di base presentava un potere esplicativo molto elevato riconducibile principalmente all'influenza della distanza dal vecchio luogo di residenza dell'economia domestica: in generale, in caso di trasloco, le economie domestiche preferiscono rimanere nella stessa zona e curano le loro reti sociali. La correlazione tra più variabili (correlazione multivariata) è stata considerevolmente ridotta attraverso l'eliminazione o la trasformazione di variabili. Per stime future del modello sarebbe raccomandabile definire le dimensioni che descrivono il territorio mediante un'analisi fattoriale o un'analisi delle componenti principali, integrandola nella stima del modello.

Alla **popolazione sintetica** sono state aggiunte diverse variabili; in particolare con il progetto sono state integrate le variabili: lingua principale, livello di formazione, reddito e possesso di strumenti di mobilità. In linea di principio la maggior parte delle caratteristiche presentano un errore di previsione al di sotto del +/- 1% al più tardi al livello delle regioni MS.

La maggior parte dei dati imputati è stata modellizzata sulla base di probabilità dedotte empiricamente per alcune variabili mediante le simulazioni Montecarlo. Tuttavia, i risultati utilizzati a tal fine provenienti dai modelli logit multinomiali (MNL) hanno raggiunto coefficienti di determinazione molto bassi e sono quindi imprecisi a livello delle singole entità. Per questo motivo è stata successivamente effettuata una calibrazione sulla somma dei parziali per ogni variabile al livello di aggregazione territoriale più basso possibile. La rappresentazione più precisa è quella degli strumenti di mobilità, ovvero il possesso di un'automobile, di un abbonamento generale o di un abbonamento metà-prezzo, in quanto queste somme dei parziali erano disponibili a livello delle zone di traffico. Con l'approccio scelto, i redditi sono invece in genere ancora leggermente sovrastimati (di circa il 10%) e presentano una varianza troppo modesta. In una successiva fase di sviluppo del modello, sarebbe opportuno rivedere i redditi per risolvere questi problemi.

L'utilizzo di ulteriori variabili nell'**aggiornamento annuale** delle simulazioni FaLC ha richiesto vari adeguamenti del modello. Alla revisione del modello del luogo di residenza, si aggiungono ora le modellizzazioni annuali del livello di istruzione, del reddito, degli strumenti di mobilità, dei costi abitativi, della scelta del lavoro e della migrazione. Talvolta ci si è potuti basare sui modelli della popolazione sintetica (ad es. reddito), altre volte è stato necessario concepire e attuare nuovi modelli (ad es. livello di istruzione sulla base della probabilità di transizione).

La **validazione** ha mostrato che il modello generale è migliorato notevolmente. I modelli sono più chiari e il rumore bianco è stato ridotto significativamente (del 20 - 30%). Un confronto tra la media di uno scenario basato su 200 simulazioni e i risultati ottenuti dopo 50 simulazioni rivela una deviazione media per Comune di +/-16 persone per un intervallo di confidenza del 95 per cento. Si tratta di un valore molto più basso rispetto a prima dell'integrazione dei nuovi parametri nella modellizzazione della scelta del luogo di residenza. I test di sensibilità dimostrano inoltre che il beneficio calcolato nella simulazione Montecarlo dei traslochi ha un effetto misurabile sul comportamento in caso di trasloco. Ciò è particolarmente evidente anche nella riuscita calibrazione dei parametri basata sulla modellizzazione a posteriori di un periodo (dal 2000 al 2014), resa possibile solo grazie a questo metodo.

Quanto alle **applicazioni del modello**, il progetto si basa su una popolazione sintetica adatta alla formazione di gruppi dal comportamento omogeneo per la modellizzazione del traffico. Se saranno disponibili dati di base ulteriormente migliorati, ad esempio sulla distribuzione del reddito a livello più granulare o sul possesso di strumenti di mobilità, la qualità generale delle variabili della popolazione sintetica potrà essere ancora migliorata. Calibrando il modello generale in base allo sviluppo a posteriori dal 2000 al 2014 è stata migliorata notevolmente l'adeguatezza, ai fini della previsione, del modello per l'utilizzazione delle superfici.

1 Einleitung

Andreas Justen, Balz Bodenmann, Patrick Schirmer, Kirill Müller

Mit der Flächennutzungsmodellierung verfolgt das ARE das Ziel Planungen und Entscheidungsprozesse im Kontext der Raumentwicklung mittels quantitativer Analysen zu unterstützen. Zentrale und z.T. wiederkehrende Fragestellungen betreffen dabei die zukünftige, kleinräumige Verteilung von Bevölkerung und Arbeitsplätzen sowie Fragen mit Bezug zur Raumordnungspolitik, also z.B. zu Effekten einer gesteuerten Bauzonendimensionierung. In diesem Zusammenhang strebt das ARE die Etablierung eines integrierten Modells der Verkehrs- und Flächennutzungsmodellierung an. Notwendige Eingangsdaten für die Verkehrsmodellierung (z.B. Bevölkerung nach sozioökonomischen Merkmalen, Arbeitsplätze nach Branchen) sollen durch die Flächennutzungsmodellierung bereitgestellt werden; gleichzeitig sollen Kenngrößen aus dem Verkehrsmodell, z.B. zur verkehrlichen Erschliessung, bei der Modellierung der Standortwahl von Haushalten und Unternehmen Berücksichtigung finden.

Mit dem Modell FaLC „Facility Location Choice Simulation“ wurde ab 2013/14 durch das ARE die Entwicklung eines schweizweiten Flächennutzungsmodells unterstützt und begleitet. Mit dem Vorgängerprojekt konnte das Modell etabliert und erste Anwendungsfälle im Sinne von Raumentwicklungsszenarien gerechnet werden. Entscheidende Grundlage des Modells FaLC bilden Verhaltensparameter der Wohn- und Unternehmensstandortwahl. Schweizweite Befragungen mit explizitem Bezug zu diesen Themen liegen nicht vor. Um in FaLC diese Prozesse dennoch abbilden zu können, leitete man bisher Parameter aus lokal oder regional durchgeführten Befragungen ab. Es fehlte ebenfalls die Bewertung von Einflussgrößen auf die Standortwahl in grossflächigem Massstab (z.B. auf Stufe von Stadtquartieren oder Gemeinden). Zudem besteht ein Bedarf an der Integration ökonomischer Kriterien mit Einfluss auf die Standortwahl (Landpreise, Immobilienpreise, Haushaltseinkommen bzw. auch Informationen zu den Anteilen an Miete der Einkommen). Das hier dokumentierte Projekt fokussierte primär auf der Weiterentwicklung dieser Modellaspekte.

Aufgrund der Komplexität der Standortwahl im Sinne vielfältiger Einflüsse, die diese Entscheidungen beeinflussen, ist das Modell auf eine sehr differenzierte Abbildung von Personen- und Haushaltsstrukturen angewiesen. Dazu wird in der Regel eine sogenannte „synthetische Population“ erstellt, ein statistisch konsistentes Abbild der realen Bevölkerung. Dazu sind unterschiedliche Datenquellen miteinander zu verschränken, um z.B. kleinräumig Haushalts- und Einkommensstrukturen abzubilden. In FaLC sind entsprechende Module zur Erstellung einer synthetischen Population angelegt, bisher fehlten aber wichtige Merkmale, die bei der Standortwahl eine Rolle spielen (z.B. Haushaltseinkommen oder Bildungsstand). Gleichzeitig bestand für das ARE ein Bedarf, die bisher zum Einsatz gekommenen Methoden zur Erstellung der synthetischen Population wissenschaftlich abzustützen. Für das ARE besteht der Mehrwert aus der Verfügbarkeit einer synthetischen Population darin, die Daten direkt zur Modellierung der Verkehrsnachfrage im Nationalen Personenverkehrsmodell (NPVM) zu nutzen.

Das vorliegende Projekt schliesst die genannten Lücken, in dem empirische Daten zur Wohnstandortwahl analysiert werden und die Umsetzung im Modell auf der Basis einer weiterent-

wickelten und erweiterten synthetischen Population erfolgt, die damit die relevanten Eingangsdaten für die Verkehrsmodellierung liefert. Um die Modellresultate aus FaLC als Eingangsdaten für die Verkehrsmodellierung verwenden zu können, verfolgt das Projekt drei übergeordnete Ziele:

- Es werden Einflussgrößen der Standortwahl identifiziert, analysiert und in ihrer Relevanz statistisch quantifiziert. Ein Schwerpunkt liegt auf der Analyse und Berücksichtigung ökonomischer Kriterien (Standortpräferenzen in Abhängigkeit von Einkommen und Miet- bzw. Kaufpreisen von Immobilien).
- Die Methoden zur Erstellung der synthetischen Population werden auf den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand aktualisiert.
- Die auf einen grösseren Perimeter (Stadtquartiere, Gemeinden) abgestimmten Parameter werden anschliessend in das Flächennutzungsmodell FaLC integriert, validiert und das Modell neukalibriert.

Um auf bisherigen Arbeiten in den einzelnen Fachgebieten aufbauen zu können, wurde das Projekt von drei entsprechend qualifizierten Teams bearbeitet. Der vorliegende Schlussbericht führt die einzelnen Berichte der Teams zusammen:

- Die **Einflussgrößen der Wahl des Wohnstandortes** wurden von Fahrländer und Partner geschätzt (Dr. P.M. Schirmer und D. Matter, vgl. Kap. 2).
- Für die **Synthetische Population** war das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme IVT der ETH Zürich verantwortlich (Dr. K. Müller und Prof. Dr. K.W. Axhausen, vgl. Kap. 3).
- Die **Ergänzungen der demographischen Modelle, die Umsetzung in FaLC und die Validierung** wurden von regioConcept AG, Herisau, durchgeführt (Dr. B.R. Bodemann, P. Bürki, vgl. Kap. 3/4/5).

Im Schlusskapitel zieht das Projektteam ein gemeinsames Fazit und skizziert Vorschläge für die weitere Entwicklung.

2 Wahl des Wohnstandortes

Patrick Schirmer, Dominik Matter

Das vorliegende Projekt fokussiert sich in erster Linie auf die Modellierung der Wohnstandortwahl. Fahrländer Partner AG wurde beauftragt, hierzu Daten zur Schweizer Wohnstandortwahl zu analysieren und ein Wohnstandortwahlmodell zu erstellen, welches in FaLC integriert wird. Das vorliegende Kapitel untersucht die vorhandenen Daten und abzubildenden Dimensionen der Wohnstandortwahl und gibt eine Empfehlung für das Wohnstandortwahlmodell sowie dessen Datengrundlagen.

Die Studie wird unter anderem mit Daten des Schweizerischen Haushalt-Panels (SHP), das vom Schweizer Kompetenzzentrum Sozialwissenschaften FORS geleitet wird, durchgeführt. Das Projekt (FORS) ist vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanziert.

2.1 Ausgangslage

Die Wohnstandortwahl eines Haushaltes wird, in agentenbasierten Landnutzungsmodellen wie FaLC, mittels diskreter Entscheidungsmodelle abgebildet (Train, 2003). Einem Haushalt stehen dabei eine endliche Anzahl von Wohnstandorten als Alternativen zur Verfügung, deren Eigenschaften es erlauben, die Wahrscheinlichkeit zu beurteilen, mit welcher ein Haushalt diese Alternativen wählt. Zur Schätzung der Modelle benötigt es einen Datensatz mit Beobachtungen zu getroffenen Entscheidungen, sowie den Charakteristiken des Haushaltes.

Des Weiteren bedarf es eines Datensatzes, der die zur Verfügung stehenden Alternativen abbildet. Beide Datensätze repräsentieren die Eigenschaften von Alternativen und deren Standort. Nur diejenigen Eigenschaften, welche in beiden Datensätzen in vergleichbarer Qualität vorhanden sind, können daher im Modell berücksichtigt werden.

Die Simulation von FaLC nutzt die Zonen des Nationalen Verkehrsmodells als räumliche Auflösung. Im vorliegenden Projekt ist die Aggregationsstufe für die Wohnstandortwahl durch FaLC vorgegeben – Haushalte wählen somit eine Zone und deren Eigenschaften als Wohnstandort. Diese Zonen bilden für den Grossteil der Schweiz ganze Gemeinden ab, untergliedern jedoch die 10 grössten Schweizer Städte in mehrere Teilgebiete (Stadtquartiere). Die modellierten Eigenschaften müssen somit für alle Zonen vorhanden sein.

Schirmer et al. (2014) haben die Einflüsse, welche gemeinhin in der Wohnstandortwahl modelliert werden, untersucht und eine Empfehlung gegeben, welche Attribute zur Modellierung der Wohnstandortwahl zu berücksichtigen sind. Diese wurden später in einem Modell der Wohnstandortwahl im Kanton Zürich angewendet (Schirmer et al., 2013). Im Gegensatz zum vorliegenden Projekt, beziehen sich diese Empfehlungen auf einzelne Wohneinheiten als Alternativen. Das Landnutzungsmodell FaLC modelliert die Wohnstandortwahl aber auf Stufe Gemeinde. Die vorliegende Arbeit schätzt daher die Modellparameter der Wohnstandortwahl auf dem aggregierten Niveau der Zonen, welche in FaLC bzw. den Verkehrsmodellen integriert sind.

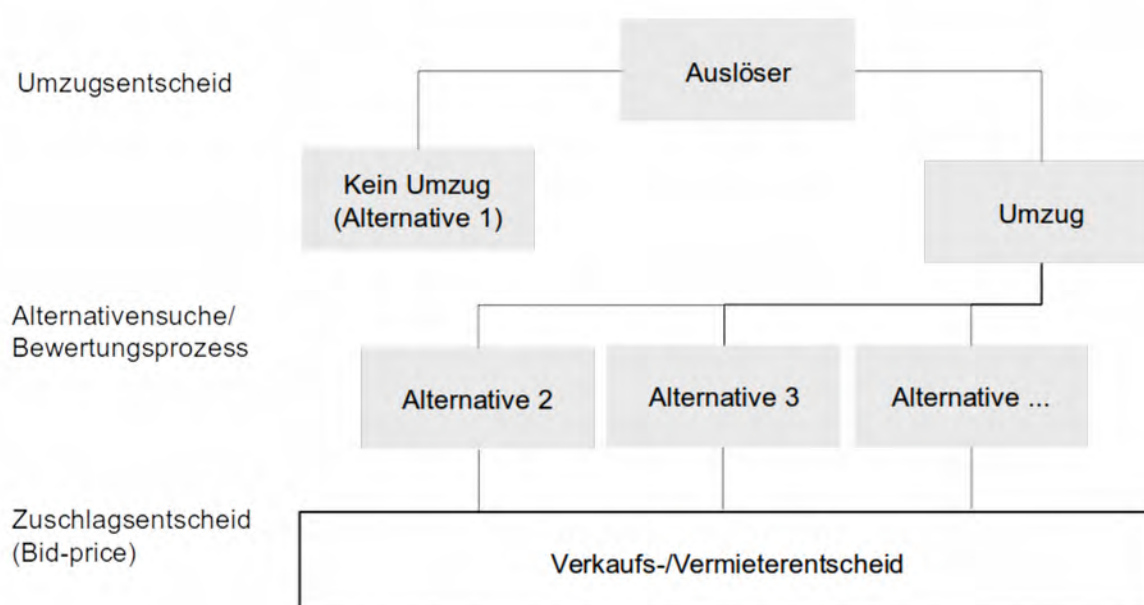
2.2 Theoretischer Hintergrund

2.2.1 Einführung

Das vorliegende Projekt soll die genannten Lücken schliessen. Fahrländer Partner AG wurde beauftragt hierzu Daten zur Schweizer Wohnstandortwahl zu analysieren und ein Wohnstandortwahlmodell zu erstellen, welches in FaLC integriert wird. Der vorliegende Bericht untersucht vorhandene Daten und abzubildende Dimensionen der Wohnstandortwahl und gibt eine Empfehlung für das Wohnstandortwahlmodell, sowie dessen Datengrundlagen.

Die Wohnstandortwahl eines Haushaltes lässt sich in einzelne Entscheidungsprozesse unterteilen (Abb.1). Im Umzugsentscheid trifft der Haushalt die Entscheidung sich nach einer neuen Wohnmöglichkeit umzusehen. In der daraufhin stattfindenden Alternativensuche wird nach verfügbaren Wohneinheiten gesucht und diese im Bewertungsprozess, hinsichtlich ihrer Charakteristik und Lage, vom Haushalt bewertet. Dabei kann auch festgestellt werden, dass die aktuelle Wohnsituation die derzeit beste Möglichkeit für einen Haushalt ist, woraufhin dieser seine Suche einstellt. In einem finalen Schritt bewirbt sich der Haushalt um die Wohnmöglichkeit, welche in seinen Augen den höchsten Nutzen hat - im Falle von Bewerbungen durch mehrere Haushalte, liegt es damit am Vermieter oder Verkäufer zu entscheiden, welcher Haushalt den Zuschlag für das Wohnobjekt erhält. Im Folgenden sollen die einzelnen Entscheidungsprozesse und ihre Umsetzung im Rahmen der Flächennutzungsmodellierung näher ausgeführt werden.

Abb.1: Prozess der Wohnstandortwahl



2.2.2 Umzugsentscheid

Der Umzugsentscheid fällt in den wenigsten Fällen zufällig, sondern lässt sich häufig auf einen bestimmten Umzugsgrund bzw. Auslöser zurückführen. Übliche Auslöser sind ein Wechsel des Arbeitsplatzes (neuer Arbeitsort, neuer Lohn), ein Wechsel der Haushaltgröße (Geburt, Tod, Zusammenzug, Trennung, Auszug Kinder) oder eine Unzufriedenheit mit der aktuellen Wohnsituation (Nachbarn, Lärm, etc.).

Junge Haushalte ziehen dabei deutlich häufiger um, als Haushalte in späteren Lebensphasen. Familien und Alleinerziehende bewerten mit der Geburt ihres Kindes die Wohnsituation neu und haben dadurch ebenfalls eine steigende Wahrscheinlichkeit für einen Umzug. Die Höhe des Einkommens hat einen Einfluss auf die bevorzugte und finanzierbare Wohnsituation, jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die Umzugshäufigkeit (Beige 2008).

Bei der agentenbasierten Flächennutzungsmodellierung von FaLC werden diese Wahrscheinlichkeiten genutzt, um eine jährliche Umzugsdynamik abzubilden. Dabei werden einzelne Haushaltstypen unterschieden, jedoch vereinfacht angenommen, dass die Wahrscheinlichkeiten sich nicht räumlich unterscheiden.

2.2.3 Alternativensuche

Bei der Suche nach einem neuen Wohnstandort, bemüht sich der Haushalt darum, einen Überblick über mögliche Wohnquartiere und verfügbare Wohneinheiten zu erhalten. Zur Modellierung der Alternativensuche wird häufig vereinfachend angenommen, dass der Haushalt alle verfügbaren (freien) Wohneinheiten und die Charakteristik aller Wohnquartiere kennt.

Eine Umfrage unter umgezogenen Haushalten im Kanton Zürich (Belart, 2011) hat gezeigt, dass die Mehrzahl der befragten Haushalte sich für ihre Alternativensuche diverser Suchplattformen im Internet bedient. Die gleiche Studie zeigt allerdings auch, dass viele Haushalte ihre neue Wohnung über ihr soziales Netzwerk (Freunde, Verwandte) finden. Viele Wohnungen erscheinen somit gar nicht erst auf dem freien Miet-/Kaufmarkt und sind folglich nicht für alle Haushalte verfügbar. Dies dürfte v.a. die Regionen der Schweiz betreffen, in welchen die Nachfrage für Wohnobjekte die Anzahl der Angebote deutlich übersteigt – dies ist meist durch eine niedrige Leerstandsquote feststellbar. Daneben ist festzustellen, dass die Alternativensuche eine sehr unterschiedliche zeitliche Ausdehnung hat. Eine hohe Anzahl an Haushalten musste mehrere Monate suchen, bevor eine passende Wohnung gefunden wurde.

Eine Wohnstandortwahl bezieht sich immer auf eine Wohneinheit, ist jedoch auch mit einem Standortentscheid verbunden. Vielfach wird in der Modellierung der Wohnstandortwahl nur dieser Standortentscheid abgebildet und angenommen, dass Standorteigenschaften und Eigenschaften der Wohneinheit unabhängig sind. Auch im vorliegenden Projekt, wird nicht die Wohneinheit als Alternative gewählt, sondern eine Zone als Wohngebiet. Die Alternativensuche stellt in diesem Fall also die verfügbaren Wohngebiete zusammen.

In FaLC wird die Alternativensuche über den Alternativensatz des diskreten Entscheidungsmodells abgebildet. Ein Sampling kann dabei unterschiedliche Alternativen-sätze pro Wohnentscheidung zusammenstellen (siehe Kapitel 2.3.2).

2.2.4 Bewertungsprozess und Zuschlag

Im Bewertungsprozess beurteilt der Haushalt den Nutzen, den er der gefundenen Alternative, nach den eigenen (finanziellen) Möglichkeiten und Ansprüchen, beimisst. Er berücksichtigt und beurteilt dabei Charakteristiken der Wohneinheit und des Standortes. Dies ist eine haushaltsindividuelle Entscheidungsfindung, d.h. dass sich die Präferenzen und Möglichkeiten der Haushalte unterscheiden und z.B. von Einkommen, Haushaltsgrösse oder Arbeitsort des Haushaltes abhängig sind. Die Häufigkeit des Umzugsentscheides führt auch zu unterschiedlichen Bindungen und Ansprüchen bei der Wohnortsuche. Familien ziehen seltener um und denken bereits bei der Standortwahl langfristiger als junge Haushalte - so sind sie auch um eine gute Integration bemüht (Statistisches Amt des Kanton Zürich, 2013). Ein Modell der Wohnstandortwahl sollte daher auch die Charakteristiken des Haushaltes berücksichtigen.

Bei gleichzeitigem Interesse von mehreren Haushalten für das gleiche Wohnobjekt, entscheidet der Besitzer des Wohnobjektes, welcher Haushalt den Zuschlag erhält. Dies kann über ein „Bid-Price-Model“ abgebildet werden (Hurtubia, 2012). Wenn keine Wohneinheiten, sondern Wohngebiete als Alternativen integriert sind, wird im Bewertungsprozess ausschliesslich die Präferenz des Haushaltes für Mikro- und Makrolage-Eigenschaften abgebildet. Ein Zuschlagsentscheid ist damit nicht von Bedeutung. Im Projekt und in FaLC wird der Entscheid des Vermieters nicht modelliert, sondern allein die Präsenz eines Haushaltes für ein Wohngebiet bzw. die zu Grunde gelegte, räumlich aggregierte Einheit.

2.3 Diskrete Entscheidungsmodelle

2.3.1 Modellvarianten MNL

Anmerkung: auf die Theorie und Varianten von diskreten Entscheidungsmodellen wird an dieser Stelle nicht eingegangen. Diese entsprechen den anderen Modellen von FaLC werden als Kenntnis vorausgesetzt.

Die Wohnstandortwahl in FaLC wird, in Konsistenz mit anderen Flächennutzungsmodellen, mittels diskreter Entscheidungsmodelle abgebildet (Train, 2003). Einem Haushalt stehen dabei eine endliche Anzahl von Wohnstandorten als Alternativen zur Verfügung. Deren Eigenschaften erlauben es, die Wahrscheinlichkeit zu beurteilen, mit welcher ein Haushalt diese Alternativen wählt. Zur Schätzung der Modelle wird ein Datensatz mit Beobachtungen zu getroffenen Entscheidungen, sowie den Charakteristiken des Haushaltes benötigt. Des Weiteren bedarf es eines Datensatzes, der die zur Verfügung stehenden Alternativen abbildet. Beide Datensätze repräsentieren die Eigenschaften von Alternativen und deren Standort. Nur diejenigen Eigenschaften, welche in beiden Datensätzen in vergleichbarer Qualität vorhanden sind, können daher im Modell berücksichtigt werden. Kapitel 2.4 behandelt die verfügbaren und nutzbaren Datensätze daher im Detail.

Die Literatur zu Wohnstandortwahlmodellen weist unterschiedliche Aggregationsniveaus aus - während in den 80er und 90er Jahren vor allem auf Zonen und Gemeinden modelliert wurde, sind seit 2000 vermehrt koordinatenscharfe Modelle berichtet worden. Letztere ermöglichen es den Einzugsbereich um einen Standort flexibel zu definieren, z.B. die Dichte an Einzelhandel in 300m Umkreis, oder einer Minute Fahrzeit. Daneben ist festzuhalten, dass vermehrt Modelle neben dem

Standort auch Eigenschaften der Wohneinheit integrieren und damit mögliche Korrelationen von Standort und Wohneinheit berücksichtigen.

Die berichteten Wohnstandortwahlmodelle beinhalten häufig Teilmodelle, welche unterschiedliche Präferenzen von Entscheidern und Entscheidungssituation abbilden. Üblich sind eigenständige Modelle für Eigentümer und Mieter. Daneben sind Unterscheidungen nach Lebensphasen und Lebensstil vorzufinden (siehe Kapitel 2.5).

Als Sonderfälle von Wohnstandortwahlmodellen sind das Reference-Dependent-Modell (Habib und Miller, 2009) und das Bid-Price-Modell (Hurtubia, 2012) zu erwähnen. Ersteres modelliert die Alternativen im Vergleich zur vorherigen Wohnalternative - z.B. wird dabei modelliert ob eine Wohnung grösser oder kleiner ist als die bisherige Wohnung, oder ob ein Standort näher oder weiter vom Grünraum entfernt ist als der Letzte. Damit wird das Bestreben eines Haushaltes nach einer Optimierung der bisherigen Wohnsituation abgebildet. Jedoch sind hierfür auch detaillierte Informationen zum vorherigen Standort und der Wohneinheit nötig, welche in den meisten Datensätzen nicht gegeben sind. Daneben müsste auch die Haushaltszusammensetzung und das Einkommen relativ modelliert werden und in den Daten vorhanden sein.

Das Bid-Price-Modell kombiniert den Zuschlagsentscheid des Eigentümers mit der Wohnstandortwahl. Bei konkurrierendem Interesse für dasselbe Wohnobjekt, erhält dabei der Haushalt den Zuschlag, der für den Eigentümer den höchsten Nutzen hat - bei Verkauf der Immobilie meist derjenige der den höchsten Preis bietet. Vermieter könnten dagegen eher an einer langen Mietdauer oder an zuverlässigen Mietern interessiert sein – gegebenenfalls auch an einem guten Mietermix im Haus. Die Bandbreite der Möglichkeiten und die fehlenden Beobachtungen in den Daten, sind vermutlich der Grund, weshalb diese Modellvariante, ebenso wie das Reference-Dependent-Modell, selten Anwendung findet. Da FaLC keine Wohneinheiten modelliert, ist dieses Modell im vorliegenden Projekt auch nicht von Relevanz.

Abschliessend sollte darauf hingewiesen werden, dass Wohnstandortwahlmodelle vermehrt als kombinierte Modelle auftreten. So wird die Erreichbarkeitsveränderung, die Verfügbarkeit von Mobilitätswerkzeugen in einem Modell kombiniert - eine Interaktion welche im vorliegenden Projekt durch sequentiell laufende einzelne Modelle stattfindet.

2.3.2 Sampling

Im Alternativensatz wird die gewählte Wohnalternative nicht gewählten Wohnalternativen gegenübergestellt. Die hohe Anzahl an nicht gewählten Alternativen lässt sich häufig nur schwer prozessieren, so dass über ein sogenanntes „Sampling“ eine Auswahl an Alternativen getroffen wird. McFadden (1978) konnte nachweisen, dass ein zufällig generierter Alternativensatz in der Schätzung von MNL-Modellen stabile Ergebnisse liefert. Die Einfachheit des Ansatzes hat sich daher als Standard in der Agentenbasierten Flächennutzungsmodellierung durchgesetzt. Als anderer Ansatz bietet sich ein gewichtetes Sampling an („Stratified Sampling“). Dabei werden „unrealistische“ Alternativen bei der Zusammenstellung der Alternativen ausgegrenzt und so Präferenzen des Entscheiders bei der Auswahl abgebildet. So können zum Beispiel sehr teure Wohnungen für einen armen Haushalt oder Gemeinden die weit von einem Arbeitsplatz entfernt liegen, gefiltert werden. Die Verhaltensparameter müssen anschliessend um diese Vorauswahl korrigiert werden. Dieser Ansatz

birgt jedoch das Risiko, dass der Modellierer falsche Vorgaben trifft und damit das Modellergebnis beeinflusst. Er wird daher bei MNL-Modellen selten angewendet. In vorherigen Arbeiten (Schirmer et al., 2013) hat es sich bewährt, mehrere Alternativensätze zu generieren und den Einfluss der Parameter über diese zu vergleichen. Dadurch lassen sich Schätzergebnisse feststellen und aussortieren, die nur in einem Alternativensatz auftauchen.

Neben dem Sampling zur Schätzung der Wohnstandortwahlmodelle, kann ein Sampling auch bei der Simulation von Wohnstandortwahlmodellen genutzt werden, um den Berechnungsaufwand zu reduzieren. Diese Vorgehensweise ist aktuell in FaLC integriert.

Da ein derartiges Sampling - zur Reduktion der Rechenzeit innerhalb von FaLC - im vorliegenden Projekt explizit erwünscht ist, wird vorgeschlagen die Definition des Alternativensatzes aus den Schätzergebnissen des Standortwahlmodells abzuleiten. Indem die grössten Einflüsse für die einzelnen Haushaltstypen ermittelt werden, kann eine Auswahl an Zonen zusammengestellt werden, die die dominanten Alternativen enthält. Es ist damit gegebenenfalls notwendig, voneinander abweichende Alternativensätze für die einzelnen Haushaltstypen vorzuhalten (siehe Kapitel 2.5).

2.3.3 Räumliche Effekte & Zonierung

Die Simulation von FaLC nutzt die Zonen des Nationalen Verkehrsmodells als räumliche Auflösung. Im vorliegenden Projekt ist die Aggregationsstufe für die Wohnstandortwahl durch FaLC vorgegeben - Haushalte wählen somit eine Zone und deren Eigenschaften als Wohnstandort. Diese Zonen bilden für den Grossteil der Schweiz ganze Gemeinden ab, untergliedern jedoch grosse, dicht besiedelte Gemeinden in Teilgebiete. Die modellierten Eigenschaften müssen somit für alle Zonen vorhanden sein.

Je nachdem welcher Datensatz als Grundlage für das Wohnstandortwahlmodell genutzt wird, wäre auch eine andere Auflösung denkbar. So könnte die Volkszählung auch ein Modell der Auflösung eines Hektars ermöglichen (siehe Kapitel 2.4).

Es ist davon auszugehen, dass die Standorteigenschaften mit den Charakteristiken der Wohneinheit korrelieren. Beispielsweise dürfte der Steuerfuss einer Gemeinde den Landpreis beeinflussen und damit einen Einfluss auf die Gebäudetypologie und den Wohntyp haben.

Idealerweise sollte die gewählte räumliche Auflösung möglichst homogen hinsichtlich aller relevanter Standortfaktoren (siehe Kapitel 2.5) und Wohneinheiten sein. Da dies kaum zu bewerkstelligen ist, könnte ein alternativer Ansatz gewichtete, kumulierte Standortfaktoren nutzen und Zonen z.B. anhand einer homogenen Mikrolage definieren.

Für einen gegebenen Zeitpunkt können solche Zonen aus den Daten räumlich abgeleitet werden. Aufgrund der Einflussfaktoren wird sich diese Abgrenzung jedoch für verschiedene Betrachtungszeiträume unterscheiden. Aus diesem Grund modellieren Flächennutzungsmodelle die Standortwahl vermehrt auf einem möglichst disaggregierten Niveau (Waddell et al., 1998; Schirmer et al., 2015) und definieren stattdessen erst für die Auswertung der Simulation ein beliebiges Aggregationsniveau.

Sofern trotzdem im Voraus eine Zonendefinition durchgeführt werden muss, sollte diese möglichst konsistent mit der Szenarienanalyse sein: sie sollte politische, administrative Grenzen berücksichtigen und sofern möglich auch planerische Abgrenzungen beinhalten, z.B. homogene Bauzonen.

2.4 Basisdaten

Ein Wohnstandortwahlmodell benötigt Daten zu beobachteten Umzugsentscheiden, zu den in Betracht gezogenen Alternativen sowie zu Standorteigenschaften von Wohnort und Alternative. Im Kontext des vorliegenden Projektes ist es notwendig die gesamte Schweiz abzubilden um eventuell vorhandene regionale Unterschiede zu erfassen. Aufgrund der Anzahl an vorgeschlagenen Attributen (siehe Kapitel 2.6), sollte dies eine repräsentative Stichprobe von mindestens 5000 Haushaltsentscheidungen darstellen.

Auf eine neu durchzuführende Befragung wird vom Bundesamt für Raumentwicklung verzichtet. Vorhandene Befragungen zur Wohnstandortwahl sind in der Schweiz jedoch nur vereinzelt durchgeführt worden und erfassen nur Teilbereiche der Schweiz. Die Wohnstandortwahl wird daher auf verfügbare revealed preference Daten umgesetzt. Wohnstandortwahlmodelle in anderen Ländern nutzen hierfür die Volkszählung, Panel-Daten oder Mobilitätsbefragungen.

In der Schweiz wurde eine Volkszählung (VZ) letztmals im Jahr 2000 als Vollerhebung durchgeführt. Ab 2010 wurde diese durch eine jährlich stattfindende Strukturerhebung (SE) und die Registererhebung (RE) ersetzt. Die SE bildet eine Stichprobe von ca. 5% der ständigen Wohnbevölkerung ab, während die RE aus den amtlichen Registereinträgen zusammengestellt wird und somit 100% der ständigen Wohnbevölkerung erfasst.¹ Als alternative Datensätze sind der Schweizer Haushaltspanel (SHP) und der Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZ) denkbar. Ersterer repräsentiert eine Längsschnittstudie mit 5000 Haushalten bzw. 13000 Personen, also etwa 0.15% der ständigen Wohnbevölkerung, Letztere ist eine Verkehrserhebung zum Mobilitätsverhalten bei ca. 1% (60000 Personen) der ständigen Wohnbevölkerung. Alle Datensätze ausser dem MZ erlauben es Haushalte zu identifizieren, welche einen Umzug getätigt haben. Die SE für eine jährliche Periode, die VZ für eine Periode von 5 Jahren und der SHP jährlich. Der MZ beinhaltet keine Information zu einem Wohnstandortwechsel und ist damit nur sehr bedingt geeignet – dies nur unter der Annahme, dass die aktuelle Wohnsituation das Ergebnis eines Umzugsentscheides ist und sich von einem neuen Umzugsentscheid nicht unterscheiden würde.

2.4.1 Entscheidungsträger

Entsprechend der vorgeschlagenen Attribute in Kapitel 2.6 sollte der genutzte Basisdatensatz für jeden Haushalt - und idealerweise für alle Personen des Haushalten einzeln - die persönlichen Eigenschaften (Lebensphase, Status, Lebensstil, Herkunft) sowie den vorherigen Wohnort und den Arbeitsplatz ausweisen. Wie in Tabelle 1 dargestellt sind sich VZ und SE von den erfassten Inhalten recht ähnlich, jedoch erfasst die VZ die identischen Eigenschaften für alle Haushaltsmitglieder, während die SE unterschiedliche Eigenschaften von Vorstand und Mitgliedern erfasst - insbesondere Eigenschaft und Ort des Arbeitsplatzes der Haushaltsmitglieder ist in der SE nicht gegeben. Der SHP erfasst nicht die Haushaltsmitglieder, sondern die Partnerschaft einer Referenzperson. Hier wird

¹Sowohl Registererhebung als auch Volkszählung repräsentieren theoretisch 100% der ständigen Wohnbevölkerung, jedoch gibt es bei beiden Erhebungen einen geringen Prozentsatz an unplausiblen Daten oder nicht erfassten Personen.

jedoch weder der Arbeitsplatz der Referenzperson, noch deren Partners erfasst. Dafür sind der SHP und der MZ die einzigen Datensätze, welche eine Information zum Einkommen beinhalten. Das Haushaltseinkommen spielt eine wichtige Rolle beim Wohnstandortentscheid, könnte jedoch auch über Attribute wie dem Arbeitsstatus, dem Alter und der Ausbildung in einem hedonischen Modell abgebildet werden. Diese Vorgehensweise wird bereits bei der Erstellung der synthetischen Population für FaLC genutzt. Hierzu sind jedoch Eigenschaften aller Haushaltsmitglieder notwendig - welche in der SE nicht gegeben sind und damit dessen Anwendbarkeit für das vorliegende Projekt reduziert.

Neben dem Umfang der Stichprobe ist die räumliche Verortung ein entscheidendes Kriterium. Der SHP registriert die Gemeinde der Befragten, die SE wird auf Gemeinde- bzw. Quartiersniveau zur Verfügung gestellt. Bei diesen Datensätzen ist die Aggregationsstufe für ein Wohnstandortwahlmodell somit vorgegeben. Demgegenüber sind die VZ und der MZ hektarscharf verfügbar. Sie würden somit beide auch eine höher aufgelöste Wohnstandortmodellierung erlauben.

Der aktuelle und vorherige Wohnort sowie der Arbeitsort sollten konsistenterweise eine Verortung auf dem gleichen Aggregationsniveau zulassen und möglichst durch weitere Eigenschaften gekennzeichnet sein. Denkbar wäre damit z.B. auch eine Unterscheidung von Haushalten nach Tätigkeitsbereichen. Sowohl die VZ als auch die SE weisen die Gemeinde des Arbeitsortes aus. Auch der letzte Wohnort wird nur auf Gemeindestufe geführt. Einzig der MZ beinhaltet den Arbeitsplatz in Auflösung eines Hektars jedoch keine Information zum vorherigen Wohnort.

Wie bei den meisten agentenbasierten Flächennutzungsmodellen, wird in FaLC implizit angenommen, dass das Verhalten der Akteure sich nicht ändert - erst dadurch wird es möglich mit einem diskreten Entscheidungsmodell zeitliche Verläufe zu simulieren. Gleiche Haushaltstypen, z.B. eine vierköpfige Familie mittleren Alters mit zwei Kindern und einem hohen Status, sollten demnach ähnliche Entscheidungspräferenzen haben - unabhängig vom Entscheidungszeitpunkt.

Unter dieser Voraussetzung macht es keinen Unterschied welchen Zeitpunkt der Datensatz für die Schätzung abbildet - solange die beobachtete Entscheidungssituation mit der Prognosesituation vergleichbar ist, d.h. solange sich die Standortfaktoren in den Beobachtungsdaten des Modells und denen des Prognosezeitraums nicht signifikant voneinander unterscheiden². Im betrachteten Untersuchungszeitraum des vorliegenden Projektes (2000-2010) kann jedoch davon ausgegangen werden, dass alle Datensätze diese Bedingung erfüllen. Die Volkszählung 2000 ist bezüglich der zeitlichen Abbildung demnach für ein Wohnstandortmodell genauso geeignet wie die Strukturserhebung welche ab 2010 jährlich erhoben wird.

2.4.2 Standortfaktoren

Die Standorteigenschaften müssen den gleichen Zeitpunkt wie der beobachtete Umzugsentscheid repräsentieren. Sie sind teilweise aus den Basisdaten ableitbar, insbesondere im Fall der VZ: Als Vollerhebung ermöglicht diese eine flächendeckende Abbildung der sozioökonomischen Struktur z.B. des Anteils gleichgrosser Haushalte oder der Arbeitslosigkeit. Da die VZ auch Informationen zur

² Ein Beispiel für eine solche Abweichung wäre z.B. wenn die Kosten der Mobilität erheblich steigen und ein vorher unbeobachtet hohes Verhältnis zum Einkommens darstellen würden. Das Modell würde damit auch die Bedingung Homoskedastizität nicht erfüllen und innerhalb der Zeitreihe unterschiedliche Residuenverteilungen haben - die Fehlerterme wären damit nicht unabhängig verteilt.

Wohneinheit eines Haushaltes enthält sind auch Aspekte der morphologischen Attribute abbildbar z.B. zum durchschnittlichen Alter der Gebäude. In der SE ist dies aufgrund der Stichprobe nicht möglich. Alternativ lassen sich morphologische Attribute aus der Gebäude- und Wohnstatistik erfassen.

Auf Gemeindeniveau bzw. Quartierniveau lassen sich viele sozioökonomische Eigenschaften aus den Gemeindekennzahlen des BFS hinzufügen welche von 2004 bis 2014 vorhanden sind (<http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/02/daten.html>).

Disaggregierte Informationen zu Unternehmen und Arbeitsplätzen sind in der Betriebszählung gegeben die alle 3 Jahre als Vollerhebung erfasst wird und mit Meterkoordinaten genau verortet werden kann.

Weitere Standorteigenschaften zur Mikrolage sind von FPPE für 2015 in einer Auflösung von 25m aufbereitet worden und konnten daraus aggregiert zu Zonen aufbereitet werden.

2.4.3 Alternativensatz

Die Umzugshäufigkeit variiert zwischen Haushaltstypen und Lebensphasen (siehe Kapitel 2.5). Innerhalb von FaLC werden diese über Wahrscheinlichkeiten abgebildet - ein Haushalt wird entsprechend dieser Wahrscheinlichkeiten innerhalb eines Simulationsjahres umziehen d.h. ihm wird mittels des Wohnstandortwahlmodells ein neuer Standort zugeordnet. Damit soll sichergestellt werden, dass in der Simulation jüngere Haushalte häufiger umziehen, aber auch Haushalte deren Haushaltsform und Einkommen sich geändert hat (Beziehungs-/Arbeitsstatus, Demographische Kennwerte).

Um diese Änderungen zu erfassen bedarf es Längsschnittstudien wie dem Schweizer Haushaltspanel welcher, neben soziodemografischen und ökonomischen Eigenschaften des Haushaltes, auch den Umzugsgrund abfragt.

Auch die Entscheidung Mieter oder Eigentümer zu werden, wird, in der Simulation von FaLC, über Wahrscheinlichkeiten abgebildet. Der Haushalt wird somit a priori einem Segment zugeordnet. Auch diese Wahrscheinlichkeiten werden aus dem Schweizer Haushaltspanel abgeleitet und unterscheiden sich nach soziodemografischen Kennwerten des Haushaltes.

2.4.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Tabelle 1 gibt einen Vergleich zu den vorhandenen Attributen der genannten Datensätze. Aufgrund der höheren Auflösung, der vollständig erfassten Haushaltsstruktur sowie der flächendeckenden Abbildung diverser Standorteigenschaften, empfiehlt es sich für die Schätzung der Wohnstandortwahl die Volkszählung 2000 zu nutzen - auch wenn diese bereits 15 Jahre alt ist. Im Kontext des vorliegenden Projektes, mit einem Kalibrierungszeitraum von 2000-2010, ist dies kein Nachteil. Einzig das Einkommen ist nicht in der VZ enthalten und muss mittels hedonischen Preismodellen berechnet werden. Hierbei wird das gleiche Modell genutzt welches für die synthetische Bevölkerung in FaLC integriert wird. Die Wahrscheinlichkeiten des Umzugs und die Entscheidung Mieter oder Käufer zu sein werden aus dem Schweizer Haushaltspanel abgeleitet. Sie unterscheiden Haushaltstypen v.a. entsprechend ihrer Lebensphase, bei Bedarf auch nach weiteren Merkmalen.

Tab.1: Verfügbare Datensätze und enthaltene Attribute

		VZ2000		SE2014		SHP ³		MZ		STATPOP		LSE
		RP	HH	RP	HH	RP	HH	RP	HH	RP	HH	AN ¹
Person	Alter	x	x	x	x	x	x ³	x	x	x	x	x
	Geschlecht	x	x	x	x	x	x ³	x	x	x	x	x
	Nationalität	x	x	x	x	x	x ³	x	-	x	x	x
	Zivilstand	x	x	x	x	x	x ³	x	-	x	x	x
	Ausbildung	x	x	x	x	x	x ³	x	-	-	-	x
	Einkommen	-	-	-	-	x ⁴	x ³	x	-	-	-	x
	Arbeitsstatus	x	x	x	x	x	x ³	x	-	-	-	x
	Erlernter Beruf	x	x	x	-	x ⁵	x ³	-	-	-	-	-
	Körpermasse/-gewicht	-	-	-	-	x	x ³	x	-	-	-	-
Haushalt	Haushaltstyp	x		x		x		x		x		-
	Grösse	x		x		x		x		x		-
	Einkommen	-		-		x		x		-		-
	Anzahl Kinder	x		x		x		x		x		-
	Kinder unter 18/25/..	x		x		x				x		-
	Unterstützung	-		-		x		-		-		-
	Verfügb. Fahrzeuge	-		-		-		x		-		-
Wohnort	Koordinate	x		-		-		x		x		-
	Quartier	x		x		-		x		x		-
	Gemeinde	x		x		x		x		x		-
	Kanton/Land	x		x		x		x		x		-
	Gebäudetyp	x		x		x ⁶		x ⁷		x ⁷		-
	Bewohnertyp ²	x		x		x		x		-		-
	Baujahr	x		x		-		x ⁷		x ⁷		-
	Renovation	x		-		x ⁶		x ⁷		x ⁷		-
	Zimmer/Fläche	x		x		x ⁶		x		x ⁷		-
	Anzahl Wohnungen	x		x		x ⁶		x ⁷		x ⁷		-
	Mietpreis/Kaufpreis	x		x		x				-		-
	Zufriedenheit	-	-	-	-	x	x ³	-	-	-	-	-
	Grund Umzug	-	-	-	-	x	x ³	-	-	-	-	-
	Umzug getätigt (j/n)	x	-	x	x	x	x ³	-	-	x	x	-
Arbeitsplatz	Koordinate	-	-	-	-	-	-	x ⁷		-	-	-
	Gemeinde	x	x	x	-	-	-	x		-	-	x ⁹
	Region	x	x	x	-	-	-	x		-	-	x
	Wirtschaftssektor	x	x	x	-	x	-	x		-	-	x
	Branche (NOGA)	x	x	x	-	x	-	x		-	-	x
	Betriebsgrösse	x	x	x	-	-	-	-		-	-	x ⁸
	Berufliche Stellung	x	x	x ¹⁰	x ¹⁰	x	-	x		-	-	x
	Anstellungsgrad	x	x	x	x	x	-	x		-	-	x
Arbeits-/Schulweg	Verkehrsmittel	x	x	x	-	-	-	x		-	-	-
	Fahrzeit	x	x	x	-	-	-	x		-	-	-
	Fahrdistanz	x	x	x	-	-	-	x		-	-	-
	Häufigkeit	x	x	x	-	-	-	x		-	-	-
	Fahrkosten	-	-	-	-	-	-	x		-	-	-
Vorheriger Wohnort	Koordinate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Quartier	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-
	Gemeinde	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	-
	Kanton/Land	x	x	x	x	x ⁶	-	-	-	-	-	-
	Gebäudetyp	-	-	-	-	x ⁶	-	-	-	-	-	-
	Besitzverhältnis	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	Baujahr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Renovation	-	-	-	-	x ⁶	-	-	-	-	-	-
	Zimmer/Fläche	-	-	-	-	x ⁶	-	-	-	-	-	-
	Anzahl Wohnungen	-	-	-	-	x ⁶	-	-	-	-	-	-
	Mietpreis/Kaufpreis	-	-	-	-	x ⁶	-	-	-	-	-	-
Vorheriger Arbeitsplatz	Koordinate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gemeinde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Region	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Wirtschaftssektor	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	Branche (NOGA)	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	Betriebsgrösse	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Berufliche Stellung	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	Anstellungsgrad	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

⁰ nicht in allen Wellen des SHP¹ AHV von Arbeitnehmer bekannt² Mieter, Eigentümer, Genossenschafter³ Details zu Partnerschaft statt HH⁴ Auch Ausgaben!⁵ ISCO-Klassierung erlaubt Ableitung (teilw)⁶ Über Differenz der Wellen⁷ Ggf Link zu GWR oder BZ möglich⁸ Unternehmensgrösse⁹ PLZ in ursprünglichen Daten vorhanden¹⁰ Abgefragt aber nicht in Daten

2.5 Einflussfaktoren der Wohnstandortwahl

Im Folgenden werden die Eigenschaften zusammengetragen von denen laut Literatur ein signifikanter Einfluss auf den Wohnstandortentscheid zu erwarten ist. Die Eigenschaften werden üblicherweise unterteilt in Eigenschaften des Entscheidungsträgers, der Alternative und des Standortes. Schirmer et al. (2014) haben Einflussfaktoren identifiziert, welche in der Wohnstandortwahl berichtet wurden und daraus eine Empfehlung abgeleitet, welche dieser Faktoren in ein Modell einzubinden sind. Im Folgenden werden die wesentlichen Erkenntnisse dieses Berichtes zusammengefasst und um weitere Erkenntnisse, insbesondere im Kontext eines Schweizer Wohnstandortwahlmodells, ergänzt.

2.5.1 Entscheidungsträger

Die Eigenschaften des Entscheidungsträgers beschreiben den Haushalt und die einzelnen Haushaltsmitglieder, wie z.B. das Alter des Haushaltsvorstandes oder die Grösse und das Einkommen des Haushalts. Da sich diese für die einzelnen Alternativen nicht unterscheiden können sie nicht direkt in den Entscheidungsmodellen eingebunden werden. Sie werden stattdessen in Form von Interaktionstermen modelliert, z.B. als Verhältnis von Miete zu Einkommen. Daneben sind es haushaltsspezifische Kennwerte, wie die Distanz zum Arbeitsplatz, die hier einzuordnen sind und für einzelne Standorte variieren. Unterschiedliche Präferenzen der Entscheidungsträger, insbesondere die sich ändernden Ansprüche an den Wohnstandort im Verlauf des Lebenszyklus, werden daher in der Beschreibung der Wohneinheit und Standorte näher dargelegt (Kapitel 2.5.2 und 2.5.3). Einen Sonderpunkt stellt das persönliche „mindmap“ des Haushaltes dar, welcher die haushaltsindividuelle Wahrnehmung eines Standortes beschreibt, d.h. aufgrund persönlicher Aspekte.

2.5.2 Wohneinheit

Die Wohneinheit formt die Alternative, welche der Haushalt als neuen Wohnort bezieht. Durch die Grösse der Wohneinheit, den Preis und die Qualität zeichnet sich der Nutzen für einen Haushalt ab. Daneben bildet jedoch auch das Wohngebäude einen Eigenwert, welcher der Wohneinheit zugeordnet werden kann.

Der Miet- bzw. Kaufpreis einer Wohneinheit ist ein wesentlicher Kennwert und wird in den meisten Wohnstandortmodellen berücksichtigt - meist in logarithmischer Form um den abnehmenden Einfluss auf die Nutzenfunktion abzubilden (de Palma et al., 2005, 2007; Habib und Miller, 2009; Lee und Waddell, 2010; Lee et al., 2010). Um die finanzielle Belastung eines Haushaltes abzubilden, kann der Miet- bzw. Kaufpreis auch im Verhältnis zum verfügbaren Haushalts-einkommen modelliert werden (Belart, 2011; Bürgle, 2006; Habib und Miller, 2009).

Eliasson und Pagliara (2010) zeigen, dass Mehrpersonenhaushalte eher nach einer hohen Anzahl an Räumen suchen, während Singles an einer grossen Wohnfläche interessiert sind. Nicht ganz überraschend sind Familien vermehrt an freistehenden Einfamilienhäusern interessiert, während Singles sich tendenziell eher in Mehrfamilienhäusern ansiedeln - auch wenn dies nur in zwei Studien explizit modelliert wurde (Lee und Waddell, 2010; Lee et al., 2010). Die meisten Studien bilden dies implizit über die bauliche Dichte oder Bevölkerungsdichte ab. Vorlieben für urbanes oder periurbanes

Wohnen spiegeln sich daher in den Standortpräferenzen von Haushaltstypen wieder, welche in Kapitel 2.5.3 beschrieben sind.

Daneben sind Vorlieben für architektonische Bebauungsperioden zu finden, welche sich auch im Preis von Immobilien wiederfinden: Im Europäischen Kontext wird die Bebauung der 60er und 80er Jahre am wenigsten gesucht, während Neubebauungen und die Architektur vor 1940 eine erhöhte Beliebtheit vorweisen (Vyvere et al., 1998; Srouf et al., 2002; Löchl und Axhausen, 2010).

2.5.3 Standort

Jede Wohneinheit ist räumlich verortet und durch standortspezifische Lageeigenschaften gekennzeichnet. Diese Eigenschaften lassen sich, entsprechend ihres Änderungspotentials und ihrer Wahrnehmung, unterteilen in die urbane Morphologie, points of interest, sozioökonomische Struktur und Erreichbarkeiten (Schirmer et al., 2014).

Die urbane Morphologie beschreibt die Anordnung und Aufteilung von räumlichen Objekten, insbesondere von Gebäuden, Parzellen und dem öffentlichen Raum der diese verbindet. Eine Änderung dieser Objekte kann nur durch bauliche Massnahmen erfolgen. Die urbane Morphologie stellt daher einen langfristigen Rahmen für die Verteilung der Nutzungen in einer Stadt dar.

Points of interests sind Standorte, welche aufgrund ihrer Nutzung von öffentlichem Interesse sind und Anziehungspunkte im Stadtraum darstellen. Beispiele sind Schulen, aber auch Lebensmittelgeschäfte. Sie können sowohl durch planerische Massnahmen, als auch durch ökonomische Prinzipien verortet sein.

Die sozioökonomische Struktur charakterisiert Bevölkerung und Unternehmen. Diese Struktur kann sich innerhalb kurzer Zeit ändern. Ihre Vorhersagemöglichkeit ist ein wichtiges Ergebnis der Flächennutzungsmodellierung.

Erreichbarkeiten beschreiben die räumliche Erschliessung und den Zugang zu Attraktivitätspunkten. Sie kombinieren points of interests, die sozioökonomische Struktur und Informationen zur Verkehrsanbindung.

Urbane Morphologie

Die Wohnungsdichte korreliert mit der Bevölkerungsdichte (Schirmer et al., 2013) und wird wie diese vor allem von jungen Haushalten bevorzugt (Waddell, 2006). Dies steht im Einklang mit der Präferenz für urbane Räume, welche bei jungen Haushalten zu finden ist.

Die unmittelbare Nähe zu Hauptstrassen bildet einerseits einen positiven Aspekt, aufgrund einer erhöhten Erreichbarkeit (Bürgle, 2006; Vyvere et al., 1998), andererseits einen negativen Effekt durch die erhöhte Lärmbelastung und Luftverschmutzung (Waddell, 2006; de Palma et al., 2005). Die Erreichbarkeit durch den Individualverkehr bzw. den öffentlichen Verkehr und daraus resultierenden störende Effekte sollten daher getrennt modelliert werden (siehe auch Kapitel).

Der Nähe zu Grünräumen, Gewässern und Erholungsräumen wird allgemein geschätzt (Chen et al., 2008; Zondag und Pieters, 2005), und insbesondere von gutverdienenden Haushalten als wichtig erachtet (Statistisches Amt des Kanton Zürich, 2013). Statt der Nähe zu diesen, kann auch der Anteil

an Flächen innerhalb des Siedlungsgebietes, für die quantitative Beschreibung genutzt werden (Habib und Miller, 2009).

Industriestandorte werden als Wohnstandorte gemieden (Habib und Miller, 2009; Weisbrod et al., 1980), gemischte Zonen von Büro und Wohnen stehen oft für Urbanität, welche besonders von jungen Haushalten und Haushalten ohne Fahrzeug gesucht sind (Guo und Bhat, 2007; Waddell, 2006). Haushalte mit Kindern lehnen Mischnutzungen ab, dagegen können bei Paaren ohne Kinder keine ausgeprägten Neigungen festgestellt werden (Statistisches Amt des Kanton Zürich, 2013).

Aufgrund der aufwendigen Geoprozessierung, finden morphologische Aspekte bislang nur reduzierte Anwendung in der Wohnstandortwahl. Schirmer (2015) konnte feststellen, dass ein enger Zusammenhang zwischen der Morphologie und der sozioökonomischen Struktur einer Stadt besteht und präsentiert einen Variablensatz zur Beschreibung der Morphologie. Dieser basiert auf Gebäudevolumen und Strassennetzen, welche die urbane Morphologie in unterschiedlichen Massstäben charakterisiert (Schirmer und Axhausen, 2015). Er ist daher besonders zur Erfassung von morphologisch homogenen Gebieten geeignet, als auch zur disaggregierten Modellierung räumlichen Verhaltens - wie der Wohnstandortwahl.

Points of Interest

Points of interest (POI) sind in vielen Wohnstandortmodellen integriert, üblicherweise als Distanz zu einem Standort beschrieben oder als Dichte an POI um einen Standort.

Die Nähe und Anzahl an Schulen und Betreuungseinrichtungen in der Umgebung eines Wohnstandortes, sind vor allem für Familien von Bedeutung. Dies findet sich sowohl in der internationalen Literatur zur Wohnstandortwahl (Pinjari et al., 2009; Axhausen et al., 2004; Vyvere et al., 1998), als auch in der Zürcher Zu- und Wegzugaufbefragung wieder (Statistisches Amt des Kanton Zürich, 2013). Letztere zeigt gar, dass Paare mit Kindern dies als einen der wichtigsten Aspekte bei der Wohnstandortwahl sehen. Für Studenten könnte die Nähe zur Universität von Bedeutung sein, jedoch wird diese in keinem Modell explizit modelliert.

Einige Studien integrieren die Qualität der Schulen und stellen einen positiven Effekt auf die Wohnstandortwahl von Haushalten mit Kindern fest. Die Qualität wird über durchschnittliche Schulleistungen, das Verhältnis von Lehrern zu Schülern oder ohne explizite Beschreibung des Vorgehens modelliert (Kim et al., 2005; Chen et al., 2008; Andrew und Meen, 2006; Weisbrod et al., 1980). Im Kontext einer Schweizer Wohnstandortwahl ist festzuhalten, dass v.a. die Zuordnung zu einer Primarschule vom Wohnstandort abhängt. Paare mit jungen Kindern versuchen daher in Ortsteilen zu wohnen, wo sie die Schule als qualitativ gut empfinden.

Die Dichte an Dienstleistungen und Einzelhandel in der nahen Umgebung eines Standortes, hat in vielen Studien einen signifikanten positiven Einfluss auf die Wohnstandortwahl (Zondag und Pieters, 2005; Lee et al., 2010). Eine Unterscheidung von Haushaltstypen sollte aufweisen, dass Paare und Familien weniger sensibel auf diese Dichtemasse reagieren.

Die Nähe zu Haltestellen öffentlichen Verkehrs (ÖV) wird in einzelnen Studien unterschiedlich bewertet. Grundsätzlich hat die Nähe zum ÖV einen positiven Einfluss, jedoch dominieren im Fall eines Bahnhofs, die negativen Randerscheinungen (Lärm und Treffpunkt von Menschen), weshalb diese nur von Haushalten ohne Auto geschätzt werden (de Palma et al., 2005; Vyvere et al., 1998).

Auf Gemeindeebene sollte eine ÖV-Anschluss (Gütekategorie entsprechend , bzw) jedoch von allen Haushalten geschätzt werden, eine Abgrenzung von ÖV-Nutzern bleibt aber auch in diesem Fall sinnvoll. Für Haushalte die per Auto pendeln, ist dagegen die Nähe zur Autobahn wichtig (Habib und Miller, 2009).

Viele Studien modellieren die Nähe zu urbanen Zentren als eine Eigenschaft. Diese Studien zeigen, dass Haushalte im Laufe ihres Lebens von diesen Zentren wegziehen. Junge Haushalte und Singles haben zwar eine Präferenz für urbane Zentren, können sich diese jedoch nicht immer leisten. Eine Unterscheidung von verschiedenen Zentrentypen ist ratsam - kleine Zentren werden als Standorte von Dienstleistern und Einzelhandel von allen Haushalten geschätzt. Thierstein et al. (2013) untersuchen im Raum München die Konsequenzen im Verlauf der Alternativensuche. Sie stellen fest, dass junge Haushalte und Singles, trotz Abstrichen im Verlauf der Suche, stärker auf die gut angebundene Lage achten, als Familien - letztere sind bereit grosse Abstriche beim Arbeitsweg und der Nähe zum sozialen Netzwerk in Kauf zu nehmen, um Wohnung, Nachbarschaft und Freiflächen der Wohnanlage zu optimieren (Thierstein et al., 2013).

Diese und weitere Studien zeigen, dass neu zuziehende Haushalte, welche aus anderen Regionen und Ländern kommen, eine Präferenz für urbane Zentren haben. Im Verlauf der weiteren Zeit, siedeln sie in weniger urbane Gebiete um - sowohl in der Schweiz, als auch im Ausland (Heye, 2007; Andrew und Meen, 2006).

Sozioökonomische Struktur

Die häufigsten Eigenschaften von Wohnstandortwahlmodellen charakterisieren die sozioökonomischen Strukturen eines Wohngebietes. Dies ist sicherlich durch die flächendeckende Verfügbarkeit von sozioökonomischen Informationen (Gemeindestatistiken, Volkszählungen und Betriebszählungen) begünstigt.

Viele Studien beobachten die Präferenz von Haushalten, sich neben anderen, ähnlichen Haushalten zu verorten. Dies gilt für Herkunft, Alter, Einkommen, Status, Haushaltsgrösse, Vorhandensein von Kindern (de Palma et al., 2005, 2007; Guo und Bhat, 2007; Weisbrod et al., 1980; Pinjari et al., 2009; Waddell, 2006; Lee und Waddell, 2010; Bürgle, 2006; Zondag und Pieters, 2005). Schirmer et al. (2014) stellen in ihrer Zusammenfassung jedoch auch die Frage nach der Kausalität, da viele Studien die Eigenschaft des Standortes nicht räumlich modellieren: gruppieren sich Haushalte wegen der sozialen Struktur eines Standortes, oder wegen ähnlicher Präferenzen für Standorte und Wohneinheiten?

Die Bevölkerungsdichte korreliert mit der Dichte an Wohneinheiten und ist damit ein Mass für Urbanität, welche v.a. von jungen Haushalten gesucht wird (Kim et al., 2005; Lee et al., 2010; Weisbrod et al., 1980; Zondag und Pieters, 2005; Bürgle, 2006; Guo und Bhat, 2007). Vielen Haushalten ist auch das Image des Quartiers wichtig: Während Wohngebiete mit einer hohen Arbeitslosigkeit und einer hohen Kriminalität gemieden werden (Andrew und Meen, 2006; Weisbrod et al., 1980), hat die Dichte an Arbeitsplätzen keinen konsistenten Effekt - eventuell weil in vielen Modellen der Einfluss der Erreichbarkeit dominant ist (siehe Kapitel).

Der Steuerfuss wird in wenigen Wohnstandortwahlmodellen genutzt, v.a., weil er sich in den meisten Ländern regional nicht unterscheidet. In der Schweiz variiert der Steuersatz zwischen Gemeinden und Kantonen und sollte in ein Wohnstandortwahlmodell integriert werden. Die Zu- und

Wegzugsbefragung im Kanton Zürich (Statistisches Amt des Kanton Zürich, 2013) zeigt allerdings auf, dass die Wahrnehmung der Steuerbelastung sich nicht mit der tatsächlichen Steuerbelastung deckt - Gemeinden werden vor allem innerhalb eines Kantons miteinander verglichen, während über die Grenzen eines Kantons hinweg, Fehleinschätzungen gemacht werden.

Wenige Studien bilden den Wohnmarkt in der Wohnstandortwahl ab. Leerstand in einer Gemeinde hat in unterschiedlichen Studien gegenteilige Einflüsse auf die Wohnstandortwahl (Zondag und Pieters, 2005; Bürgle, 2006). Eine Erklärung ist, dass ein niedriger Leerstand auf eine attraktive Wohngemeinde schliessen lassen kann, aber auch auf eine niedrige Bautätigkeit. Andererseits steht der Leerstand und die Nachfrage in einer Gemeinde auch eng mit dem Preis einer Wohneinheit in Zusammenhang. Guo und Bhat (2007) integrieren den Anteil an Wohneigentümern in der Gemeinde- und stellen fest, dass dieser Anteil auf Käufer von Wohneigentum anziehend wirkt. Eine mögliche Interpretation wäre der Wunsch nach einer langfristigen Bindung und einer stabilen Nachbarschaft (Statistisches Amt des Kanton Zürich, 2013; Thierstein et al., 2013) - eine andere, dass ländliche Gemeinden kaum Mietmöglichkeiten anbieten, sondern v.a. Eigentumsobjekte.

Wohnkosten auf aggregiertem Niveau, werden häufig genutzt, wenn keine einzelnen Wohneinheiten abgebildet werden - meist als durchschnittlicher Miet-/Kaufpreis pro Zone, manchmal auch im Verhältnis zum Einkommen (Srour et al., 2002; Guo und Bhat, 2007). Der Einfluss der Wohnkosten auf die Wohnstandortwahl sollte negativ sein, sonst ist es ein deutliches Indiz, dass der Standort nicht ausreichend durch Attribute beschrieben ist (Guevara, 2005).

Erreichbarkeit und Einzugsbereich

Bei Haushalten mit arbeitenden Personen, wird der Arbeitsweg von den Arbeitnehmern als negativ empfunden - sowohl bezüglich der Zeit als auch bezüglich Distanz und Kosten (Axhausen et al., 2004; Guo und Bhat, 2007; Habib und Miller, 2009; Lee und Waddell, 2010; Zhou und Kockelman, 2008; Zolfaghari, 2013; Belart, 2011; Bürgle, 2006; Chen et al., 2008; Srour et al., 2002).

Wenn mehrere Haushaltsmitglieder arbeiten, sind die Arbeitswege aller Haushaltsmitglieder zu berücksichtigen (Belart, 2011; Pinjari et al., 2009). Der Einfluss der Reisezeit ist bei grossen Distanzen abnehmend und im Allgemeinen hat die Zeit des Arbeitsweges, im Vergleich zur Distanz, eine höhere Signifikanz der Parameter.

Der Anstellungsgrad ist von keiner Relevanz, jedoch stellen einige Studien fest, dass schlecht verdienende Haushalte mehr Bedeutung auf die Verkehrsanbindung und die Dauer bzw. Länge des Arbeitsweges legen, als Haushalte mit hohem Einkommen (Thierstein et al., 2013; Statistisches Amt des Kanton Zürich, 2013). Dies könnte mit dem Erwerb von Wohneigentum oder mit dem Wunsch nach langfristiger Bindung zusammenhängen - der Arbeitsplatz ist, unter dieser Annahme, nicht auf Dauer festgelegt.

Autofahrer (MIV) reagieren, im Vergleich zu Nutzern des öffentlichen Verkehrs (ÖV), weniger sensibel auf den Arbeitsweg (de Palma et al., 2007) - Umsteigen wird bei ÖV-Pendlern als besonders negativ empfunden. Eine Unterscheidung der ÖV- und MIV-Reisezeit ist daher ratsam.

Erreichbarkeitsmasse bilden die Aktivitätsmöglichkeiten im Zusammenhang mit den Kosten der Raumüberwindung ab (Hansen, 1959). Sie sind häufig in Wohnstandortwahlmodellen zu finden, variieren jedoch stark in ihrer Umsetzung und reichen von Dichtemassen, innerhalb einer definierten

euklidischen Distanz oder Netzwerkdistanz, bis zu logsum-Formulierungen, welche eine distanzgewichtete Summe aller Aktivitätengelegenheiten darstellt (für eine Übersicht siehe Bhat et al., 2000).

In der Verkehrsplanung hat sich die logsum-Formulierung als Standard durchgesetzt und auch in vielen Wohnstandortwahlmodellen bereits bewährt. Diese bildet ein regionales Erreichbarkeitsmass ab, welche die Makrolage eines Standortes charakterisiert. Üblicherweise wird die Erreichbarkeit der Arbeitsplätze als solcher logsum abgebildet, während die Anzahl an Einkaufsmöglichkeiten, Erholungsräumen, u.a. als ungewichtete Summe der Gelegenheiten in fussläufiger Nähe eines Standortes, d.h. in euklidischer Distanz, abgebildet wird (siehe Kapitel).

Die Erreichbarkeit der Arbeitsplätze formt als logsum ein regionales Mass an Urbanität, auf welches die Haushaltstypen unterschiedlich reagieren. Aufgrund der Varianz an eingebundenen Attributen, finden sich in der internationalen Literatur keine eindeutigen Trends. Eine Unterscheidung zwischen MIV- und ÖV-Erreichbarkeiten scheint sinnvoll, findet aber selten Erwähnung (Belart, 2011; Bürgle, 2006). Singles, junge Haushalte und Haushalte über 65 sollten jedoch eine leichte Präferenz für hohe ÖV-Erreichbarkeiten aufweisen, Familien werden vermutlich weniger darauf reagieren (Zolfaghari et al., 2012; Zondag und Pieters, 2005). Alle Haushalte welche ein Auto nutzen, werden dagegen eher auf eine gute MIV-Erreichbarkeit achten. Diese Erwartung deckt sich mit den Beobachtungen in der Zu- und Wegzugsbefragung des Kanton Zürichs (Statistisches Amt des Kanton Zürich, 2013): junge Paare und Singles sehen die Verkehrsanbindung als überdurchschnittlich wichtig an, Paare mit Kindern als unterdurchschnittlich. Überraschenderweise haben dagegen ältere Paare, laut dieser Studie, auch ein unterdurchschnittliches Interesse an einer guten Verkehrsanbindung.

Soziales Netzwerk und früherer Wohnort

In der internationalen Literatur ist festzustellen, dass Haushalte im Allgemeinen dazu tendieren, lokal verankert zu bleiben (de Palma et al., 2005, 2007; Axhausen et al., 2004; Zondag und Pieters, 2005). Sowohl die Distanz zum sozialen Netzwerk, als auch die Distanz zum früheren Wohnort, wirkt sich negativ auf einen Standortentscheid aus, wobei der Einfluss mit der Entfernung abnimmt - ab einer bestimmten Distanz macht es keinen grossen Unterschied, ob der Standort noch weiter weg ist.

In der Befragung des IVT aus dem Jahr 2010 (Belart, 2011) wird ersichtlich, dass das soziale Netzwerk sehr eng mit dem Wohnstandort zusammenhängt (Schirmer et al., 2013). Aufgrund dieser Korrelation ist es nicht notwendig beide Aspekte abzubilden. Einen Sonderfall bilden alleinerziehende Personen mit kleinen Kindern. Das Statistische Amt des Kanton Zürich (2013) stellt fest, dass vor allem Alleinerziehende - aufgrund der Kinderbetreuung - von der Nähe zu Ihrem engsten sozialen Netzwerk abhängig sind und dies bei ihrer Wohnstandortwahl einen grossen Einfluss hat.

2.6 Standorteigenschaften in FaLC

Die beschreibenden Attribute in einem Wohnstandortmodell, definieren auch die Auswertungsmöglichkeiten und Szenarien, welche mittels einer Simulation abgebildet werden können.

Aus der Zusammenfassung der Einflüsse in Kapitel 2.5 wird im Folgenden eine erste Zusammenstellung an Attributen erstellt, welche im Rahmen der Simulation von FaLC umsetzbar und sinnvoll scheinen. Dabei werden dynamische Attribute, welche im Laufe des Simulationsprozesses verändert werden, von statischen Attributen unterschieden. Es wird darauf hingewiesen, dass es sich hier um eine erste Zusammenstellung handelt, welche, je nach verfügbaren Daten und deren deskriptiver Untersuchung, im Laufe der weiteren Ausarbeitung angepasst werden muss.

Die Simulation in FaLC modelliert einzelne Zonen als Wohnalternative. Ein Haushalt belegt entsprechend seiner Grösse, einen bestimmten Anteil der verfügbaren Wohnfläche dieser Zone, sozusagen eine virtuelle Wohneinheit. Für diese virtuelle Wohneinheit kann ein Miet-/ Kaufpreis errechnet werden und mit dem Einkommen des Haushaltes interagiert werden. Alternativ kann der Mietpreis/Kaufpreis je m² genutzt werden und mit dem durchschnittlichen Einkommen der Personen im Haushalt kombiniert werden. Weitere Attribute welche die Wohneinheit beschreiben, wie das Alter, Standard und die genaue Lage, sind nicht erfassbar, selbst wenn diese in der VZ vorhanden sind. Das Wohngebiet, bzw. die Zonen, repräsentieren damit auch die Auflösung möglicher Standorteigenschaften. Mikro-Lageeigenschaften sind nicht abbildbar, werden jedoch durch die Konstanten in einer Zone abgefangen. Alternativ können Mittelwerte pro Zone ermittelt werden.

Innerhalb der Simulation werden vor allem die Standorte von Haushalte und Unternehmen verändert, welche in der Theorie auch ein Modellieren der Auswirkung auf die Reisezeiten und die Preisentwicklung zulassen. Als dynamische Attribute lassen sich daher folgende sozioökonomische Kenngrössen und Erreichbarkeitsmasse ermitteln und mit Haushaltseigenschaften interagieren:

- Distanz zum Arbeitsplatz (alle HH-Mitglieder)
- Distanz vorheriger Wohnort
- Distanz zur eigenen Familie (v.a. bei Alleinerziehenden)
- Reisezeit zum nächsten urbanen und lokalen Zentrum
- Erreichbarkeit MIV/ÖV
- Mietpreis/Kaufpreis relativ zu HH-Einkommen
- Steuerfuss der Gemeinde
- Dichte an Unternehmen im Dienstleistungssektor
- Dichte an Unternehmen im Handel (Anmerkung: Proxy für Einzelhandel)
- Dichte an Einwohnern
- Verhältnis von Einwohnern zu Arbeitsplätzen
- Anteil an ähnlichen Haushalten (Alter, Grösse, Status, Herkunft...)
- Anteil Mietwohnungen, bzw. Anteil Mieter
- Arbeitslosenquote
- Anteil Familien mit Kindern und Migrationshintergrund

Der Steuerfuss einer Gemeinde und die kantonalen Steuern werden nicht dynamisch modelliert, sondern bildet eine statische Standorteigenschaft in der Wohnstandortwahl ab, welche jedoch mit dem Haushaltseinkommen interagiert werden kann.

- Steuerbelastung in Gemeinde und Kanton

Als POIs sind in FaLC derzeit einzig die Existenz eines Bahnhofs oder Autobahnanschlusses in einer Zone modelliert. Dementsprechend sind folgende Eigenschaften als statische Attribute in der Wohnstandortwahl zu berücksichtigen.

- Autobahnanschluss
- Bahnanschluss

Es ist denkbar, dass ausgewählte Aspekte der Mikrolage, in Form von statischen Attributen, integriert werden. Dies ist nur für Eigenschaften sinnvoll, welche über die Zeit verhältnismässig konstant bleiben. Folgende Attribute werden hierfür vorgeschlagen:

- Gemeindetyp/Raumtyp
- Durchschnittliche Seesicht
- Seeanschluss
- ÖV-Gütekategorie
- Anteil Grünraum
- Anzahl an Betreuungseinrichtungen
- Vorhandensein einer Hochschule

Die bauliche Veränderung einer Wohnzone und des Gebäudebestandes ist nicht abbildbar, da Baumassen nur in Form von belegter Wohnflächen in der Simulation abgebildet werden. Gebäudealter, Gebäudetyp und Bauperioden sind somit nicht erfasst. Es lassen sich jedoch statische Attribute ermitteln, welche den Ausgangspunkt repräsentieren und einige dynamische Attribute, welche die Dynamik der Veränderung in einer Zone erfassen. Diese fanden in der Literatur bisher keine Erwähnung, sollten jedoch zumindest in Betracht gezogen werden. Folgende Attribute zur räumlichen Beschreibung sind denkbar:

- Homogenität der Bauzeit
- Häufigste Bauperiode
- Wachstum der Bevölkerung und Arbeitsplätze (Betrachtungszeitraum 5 Jahre)
- Dominantes Image des Quartiers

Es ist bekannt, dass Entwickler spekulativ auf bauliche Eingriffe reagieren. So führen v.a. grosse Infrastrukturprojekte, welche die Erreichbarkeit eines Ortes merklich erhöhen, bereits vor der eigentlichen Umsetzung des Projektes, zu Preissteigerung und Bautätigkeit. Damit entsteht neuer

Wohnraum, der den Haushalten zur Verfügung steht. Es ist davon auszugehen, dass Haushalte im Bewertungsprozess ebenfalls spekulativ handeln, auch wenn diesbezüglich keine Studien durchgeführt wurden. In den Wohnstandortmodellen kann dies durch eine sogenannte „Lag-Variable“ abgebildet werden: es wird ein neues Erreichbarkeitsmass ermittelt, basierend auf der heutigen Verteilung der Bevölkerung und Arbeitsplätzen, aber einer zukünftigen Reisezeit, z.B. einer Änderung der Erreichbarkeit (heutige Bevölkerung und Arbeitsplatzverteilung).

Neben diesen Standortfaktoren werden unterschiedliche Haushaltstypen berücksichtigt. Entsprechend vorheriger Literaturanalyse, sind es die Lebensphase und das Vorhandensein von Kindern, welche den grössten Einfluss auf die Wohnstandortwahl ausmachen. Demnach wird empfohlen folgende Haushalte zu unterscheiden:

- Junger Single (bis 34 J.)
- Mittlerer Single (35 bis 65 J.)
- Älterer Single (65+ J.)
- Junges Paar (bis 34 J.)
- Mittleres Paar (35 bis 65 J.)
- Älteres Paar (65+ J.)
- Familie mit Kindern (Kinder bis 18J., Eltern altersunabhängig)
- Familie mit Kindern (Kinder älter 18J., Eltern altersunabhängig)
- Einelternfamilie (Kinder bis 18J., Eltern altersunabhängig)
- Junge Wohngemeinschaft (max. 34J.)
- Mittlere Wohngemeinschaft (max 54J.)
- Ältere Wohngemeinschaft (65+ J.)

Neben den Haushaltstypen, ist aus der Literatur bekannt, dass Lebensstil und Status einen entscheidenden Einfluss auf die Wohnstandortpräferenzen eines Haushaltes haben. Sie unterscheiden die Vorlieben für Mobilitätswerkzeuge, urbanen oder periurbanen Standorten, sowie Wohnformen. Während das Einkommen die finanziellen Möglichkeiten des Haushaltes definiert und teilweise auch den Status erklärt, trennt der Lebensstil bürgerlich-traditionell denkende Haushalte von individualisierten Haushalten. Zusammen mit SOTOMO hat die Fahrländer Partner AG Nachfragersegmente im Wohnungsmarkt definiert, die sowohl die soziale Schicht, als auch den Lebensstil abbilden. Diese können bei den Basisdaten ergänzt und analog zu Haushaltstypen in den Modellen integriert werden. Eine Integration in die Simulation von FaLC bedingt eine Anreicherung der Synthetischen Population. Diese wäre mit den gegebenen Attributen problemlos möglich, ist jedoch bisher nicht vorgesehen.

Tab.2: Attribute für die Wohnstandortwahl in FaLC und erwarteter Einfluss

Variable	Beschreibung	Einfluss	Dyn./Stat.	Auflösung (max)	Daten
Haushaltstypen			D	-	VZ
submodel	Junger Single (bis 35 J.)				
submodel	Mittlerer Single (35 bis 65 J.)		D	-	VZ
submodel	Älterer Single (65+ J.)		D	-	VZ
submodel	Junges Paar (bis 35 J.)		D	-	VZ
submodel	Mittleres Paar (35 bis 65 J.)		D	-	VZ
submodel	Älteres Paar (65+ J.)		D	-	VZ
submodel	Familie mit Kindern (Kinder bis 18J., Eltern altersunabhängig)		D	-	VZ
submodel	Familie mit Kindern (Kinder älter 18J., Eltern altersunabhängig)		D	-	VZ
submodel	Einelternfamilie (Kinder bis 18J., Eltern altersunabhängig)		D	-	VZ
submodel	Einelternfamilie (Kinder bis 18J., Eltern altersunabhängig)		D	-	VZ
submodel	Wohngemeinschaft und Kollektivhaushalte		D	-	VZ
submodel	Niedriges Einkommen		D	-	VZ
submodel	Mittleres Einkommen		D	-	VZ
submodel	Hohes Einkommen		D	-	VZ
submodel	Nachfragesegmente 1-9		D	-	FPRE
Wohneinheit					
RU_PRICE	Mietpreis/Kaufpreis relativ zu HH-Einkommen	-	D		Wohneinheit VZ
Voriger Wohnort und soziales Netzwerk					
HH_LOG_DIST_PREVLOC	Distanz vorheriger Wohnort	-	D	m	-
Urbane Morphologie					
LB_RAUMTYP01	Gemeindetyp/Raumtyp ist ein Zentrum (BFS-Typ 1)	o	S	Gem.	Gemeindetyp
LB_LAKEVIEW	Durchschnittliche Seesicht	+	S	25m	FPRE
LB_LAKEACCESS	Seeanschluss	+	S	25m	Vector25
LB_NATUR_DIS	Distanz Grünraum	+	S	Zone	Vector25
LB_HOMOGENEITY	Anteil der Bauperiode welche am häufigsten auftritt	+	S	100m	GWR
LB_BUILT_-1945	Häufigste Bauperiode vor 1945 (Anteil)	+	S	100m	GWR
LB_BUILT_1960-80	Häufigste Bauperiode 1960-1980 (Anteil)	-	S	100m	GWR
LB_BUILT_1980-	Häufigste Bauperiode nach 1980 (Anteil)	+	S	100m	GWR
LB_IMAGE_RATING	Image des Quartiers	o	S	25m	FPRE
LB_NOISE_ROAD	Strassenlärm (durchschnitt Tagsüber)	-	S	25m	sonBASE
LB_NOISE_RAIL	Eisenbahnlärm	-	S	25m	sonBASE
LB_NOISE_FLIGHT	Fluglärm	-	S	25m	sonBASE
LB_NOISE_RATING	Index für Lärmsituation (Strasse, Eisenbahn & Flug)	-	S	25m	FPRE
LB_SUNSHINE	Sonnenindex Abendsonne	+	S	25m	FPRE
LB_SUNSHINE_RATING	Sonnenindex Morgens und Abends	+	S	25m	FPRE
Sozioökonomische Struktur					
LS_SERV-CO_DENS	Dichte an UN im Dienstleistungssektor	+	D	m	BZ
LS_RETAIL-CO_DENS	Dichte an UN im Einzelhandel	+	D	m	BZ
LS_GASTRO-CO_DENS	Dichte an UN im Bereich Gastronomie, Hotel				
LS_CENTRALITY	Zentrums Lage: Dichte an Zentrumsfunktionen in 2.5km	+	S	-	BZ
LS_PERS_DENS	Dichte an EW	+	D	100m	VZ
LS_WP-PERS_RATIO	Verhältnis Arbeitsplätze zu EW	+	D	100m	VZ, BZ
LS_SAME_HHTYPE	Anteil an ähnlichen HH (Alter, Grösse, Status, Herkunft,...)	+	D	100m	VZ
LS_UNEMPLOYED_RATIO	Anteil an nichterwerbstätigen Personen	-	D	100m	VZ
LS_FOREIGNERS	Anteil Pers mit Migrationshintergrund	-	D	100m	VZ
LS_CRIMES_RATIO	Kriminalitätsrate	-	S		GemeinGemeindestat.
LS_TAX_X_HI-INC	Steuerfuss der Gemeinde * HH mit hohem Einkommen	-	S		GemeinGemeindestat.
Points of interest					
LB_SWISSCENT_PT	Wegzeit zum urbanen Zentrum per MIV oder öV	-	D	Zone	NVPM
LB_AGGLOCENT_PT	Wegzeit zum lokalen Zentrum per MIV oder öV	-		Zone	NVPM
LP_HIGHWAY	Autobahnanschluss in Zone * MIV-Nutzer	+	S	Zone	FaLC
LP_STATION	Bahnanschluss in Zone * ÖV-Nutzer	+	S	Zone	FaLC
LP_GUETE	ÖV-Güteklasse	+	S	25m	Güteklasse
	Anzahl Hochschulen in Zone * Student	+	S	Zone	ARE

2.7 Wahrscheinlichkeiten

2.7.1 Umzugsentscheid

Die Umzugswahrscheinlichkeiten in FaLC wurden basierend auf Beige (2008) integriert und bilden die Umzugshäufigkeiten einzelner Altersklassen der Haushalte ab. Wie in Kapitel 2.2.2 berichtet, ist davon auszugehen, dass es neben dem Alter auch weitere Auslöser für einen Umzugsentscheid gibt. Auf Grundlage des Schweizer Haushaltspanel (SHP) werden diese Zusammenhänge im Folgenden näher untersucht.

Der Schweizer Haushaltspanel (FORS, 2015) ist eine Langzeitstudie über 15 Jahre, dass vom Schweizer Kompetenzzentrum Sozialwissenschaften FORS geleitet wird, durchgeführt. Das Projekt (FORS) ist vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanziert. In dieser Studie werden Haushalte jährlich zu ihrer Haushaltssituation befragt werden. Er ermöglicht es umziehende Haushalte zu identifizieren und Änderungen in der Zusammensetzung und Charakteristik der Haushalte zu erfassen. Es handelt sich allerdings um eine jährliche Stichprobe von 5000 Haushalten, welche nur bedingt als repräsentativ für die Schweizer Bevölkerung angesehen werden kann.

Aus Untersuchungen des FORS ist bekannt, dass Haushalte in stabilen, sich nicht ändernden Verhältnissen (Arbeitsplatz, Beziehung, Wohnort) eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, an der Erstbefragung und den Folgebefragungen teilzunehmen. Während die statistischen Kennwerte des SHP sich in etwa mit anderen Datensätzen gleichen (Tab. 3), fällt entsprechend auf, dass der SHP einen erhöhten Anteil an Eigentümern und eine relativ niedrige Quote an umziehenden Haushalten beinhaltet (Tab.4). Da die Abweichungen insgesamt in einem verträglichen Rahmen bleiben und keine alternativen Datensätze zugänglich, wird für die folgenden Analysen, trotz dieser Abweichungen, der SHP genutzt. Der erhöhte Anteil an Eigentümern ist dabei von Bedeutung, da Eigentümer und Mieter in den Modellen voneinander abgegrenzt werden.

Tab. 3 : Statistische Kennwerte des SHP im Vergleich zu Referenzdaten

	Median	Mean	S.D.	Referenzdaten Datensatz	Median
<i>Person</i>					
Alter (Person)	40	39	22	VZ 2000	39
<i>Haushalte</i>	Median	Mean	S.D.		
Alter (älteste Person Haushalt)	52	53	16	VZ 2000	48
Einkommen	96200	112000	100711	VZ 2000	114619
Anzahl Räume (Unterkunft)	4	4	1.5	VZ 2000	4
Anzahl Quadratmeter (Unterkunft)	110	126	177	VZ 2000	80
Monatliche Ausgabe (Miete)	1330	1420	662	VZ 2000	1341
Monatliche Ausgabe (Eigentum)	1500	1690	1567	--	
Änderung des Einkommens (10%-Klassen)	0	3.133	25.32	--	
Änderung der Haushaltsgrösse (Personen)	0	-0.013	0.39	--	

Tab. 4: Anzahl Beobachtungen im Schweizer Haushaltspanel

	Haushaltspanel		Referenzdaten	
	Anzahl	Anteil	Datensatz	Anteil
<i>Person</i>				
Männlich	81200	48.64%	VZ 2000	48.40%
Weiblich	85754	51.36%	VZ 2000	51.60%
<i>Haushalt</i>				
Umzug seit letztem Interview	4088	7.10%	VZ 2000	6.74%
Umzug im letzten Jahr	2746	4.80%	VZ 2000	6.74%
Eigentümer der Unterkunft	29444	47.00%	VZ 2000	33.90%
Mieter der Eigentümer wurde	922	1.92%	--	--
Eigentümer der Mieter wurde	481	1.00%	--	--
Wechsel Arbeitsstätte und Betriebes	2678	4.32%	--	--
Geburt eines Kindes	1169	1.88%	--	--
<i>Wohnort des Haushaltes (BFS-Typen)</i>				
Zentren (CEN)	17808	30.32%	VZ 2000	34.41%
Suburbane Gemeinden (SUB)	17980	30.61%	VZ 2000	28.03%
Einkommensstarke Gemeinden (RE)	2590	4.41%	VZ 2000	4.47%
Periurbane Gemeinden (PERI)	6207	10.57%	VZ 2000	9.12%
Touristische Gemeinden (TOUR)	1205	2.05%	VZ 2000	3.32%
Industrielle und tertiäre Gemeinden (IND)	4723	8.04%	VZ 2000	9.09%
Ländliche Pendlergemeinden (PEND)	3925	6.68%	VZ 2000	5.20%
Agrar-gemischte Gemeinden (MIX)	3715	6.32%	VZ 2000	5.52%
Agrarische Gemeinden (AGR)	587	1.00%	VZ 2000	0.84%
<i>Änderung der Haushaltsgrösse</i>				
< -2	96	0.18%		
-2	291	0.53%		
-1	2552	4.65%		
0	49353	90.01%		
1	2313	4.22%		
2	173	0.32%		
> 2	53	0.10%		

In Tabelle 5 werden die Umzugshäufigkeiten im Kontext einzelner Kennwerte des Haushaltes abgebildet. Wie erwartet, sind es vor allem junge Haushalte, welche einen Umzug tätigen. Auch ist ein Umzug häufig mit einer Änderung der Haushaltsgrösse verbunden. Die beobachteten Häufigkeiten legen nahe, dass es einen zusätzlichen Zusammenhang von Umzugsentscheid und Geburt eines Kindes, einem Arbeitsplatzwechsel und dem Betrag der Einkommensveränderung in einem Haushalt gibt: sie erhöhen jeweils die Wahrscheinlichkeit für einen Umzug.

Allerdings sind einige dieser Attribute miteinander korreliert, so dass die Häufigkeiten nicht losgelöst voneinander betrachtet werden sollten. Wie bereits erwähnt, ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass „stabile“ Haushalte übervertreten sind. Um dies im Modell zu berücksichtigen und auch kombinierte

Effekte der Variablen besser abbilden zu können, wurde die Wahrscheinlichkeit eines Umzugs mittels einer logistischen Regression in der Software „R“ modelliert. Aufbauend auf einem einfachen Modell, welches nur das Alter berücksichtigt, wurden sukzessive Modellerweiterungen, in Form von zusätzlichen Variablen, eingebunden und die Attribute nach Bedarf transformiert. Das finale Modell, d.h. qualitativ beste Modell, findet sich in Modell 1. In diesem Modell wird die Veränderung des Einkommens in 25%-Schritten gemessen und ein Arbeitsplatzwechsel als Wechsel von Betrieb und Stelle abgebildet, um die neue Lage eines Arbeitsplatzes zu integrieren. Zusätzlich wurde die Änderung der Haushaltsgrösse, die Geburt eines Kindes und die Eigentumsform vor dem Umzug in das Modell integriert. Die Vorzeichen der Schätzparameter haben den erwarteten Einfluss und sind hochsignifikant. Die Geburt eines Kindes fließt in zwei Parameter ein („Änderung der Haushaltsgrösse“ und „Geburt eines Kindes“) und erhöht somit die Wahrscheinlichkeit eines Umzuges.

Tab. 5: Anteile der umgezogenen Haushalte und Haushaltstypen

	Umzug getätigt? (Anteil)		Anzahl
	Nein	Ja	
<i>Alter</i>			
0-20	0.64	0.36	94
20-35	0.85	0.15	8130
35-50	0.95	0.05	20408
50-65	0.98	0.02	18911
>65	0.98	0.02	14452
<i>Geburt eines Kindes</i>			
Nein	0.95	0.05	60877
Ja	0.90	0.10	1169
<i>Einkommensveränderung (%)</i>			
[-100]	1.00	0.00	2
[-99,-50]	0.92	0.08	1210
[-49,0]	0.96	0.04	20248
[1,50]	0.96	0.04	20069
[51,100]	0.91	0.09	1919
[101,150]	0.85	0.15	578
[151,200]	0.88	0.12	224
[>200]	0.89	0.11	417
<i>Arbeitsplatzwechsel (neuer Betrieb)</i>			
Nein	0.96	0.04	55490
Ja	0.90	0.10	6556
<i>Änderung der Haushaltsgrösse</i>			
-3	0.73	0.27	96
-2	0.84	0.16	291
-1	0.93	0.07	2552
0	0.97	0.03	49350
1	0.84	0.16	2312
2	0.82	0.18	173
3	0.58	0.42	53

Mod.1: Logistische Regression zur Ermittlung der Wahrscheinlichkeit eines Umzugs

Variable	Beschreibung	Estimate	Std.Error	
Konstante		3.304	0.298	***
log(Age)	Alter des ältesten Haushaltsmitgliedes	-1.615	0.079	***
abs(DELTA_INCOME)	Betrag der Einkommenveränderung in 25% Klassen	0.004	0.001	***
abs(DELTA_HHSIZE)	Betrag der Änderung der Haushaltsgrösse in Personen	0.897	0.044	***
factor(NEW_BABY)1	Geburt eines neuen Kindes	-0.647	0.128	***
factor(JOBCHANGE)1	Mindestens ein Person des Haushaltes hat den Betrieb	0.292	0.062	***
WAS_OWNER	Haushalt war vor Umzug Eigentümer der Immobilie	-1.548	0.068	***

‘***’ Signifikanzniveau von 0.001

Die Area under Curve (AUC) ist ein Gütekriterium, dass zur Beurteilung der Vorhersagekraft logistischer Regressionen genutzt wird und einen Wertebereich von 0 bis 1 hat. Der Wert „1“ steht für ein Modell mit 100% Vorhersagekraft. Ab einem Wert von 0.8 gilt ein Modell als „gut“ – das Modell Mod.1 hat einen Wert von 0.79 und stellt somit ein akzeptables, jedoch kein besonders hochwertiges Modell dar. Als Test der Vorhersagekraft, wurde eine Prognose auf dem gleichen Datensatz wie die Schätzung durchgeführt. Es wäre von Vorteil getrennte Datensätze zur Schätzung und Prognose zu verwenden, jedoch lässt dies die geringe Anzahl an Beobachtungen nicht zu. Die prognostizierten Umzüge zeigen, dass der „Threshold“, d.h. der Wahrscheinlichkeitswert, bei welchem ein Haushalt als umziehender Haushalt gesehen wird, sehr tief gesetzt werden muss, um umziehende Haushalte vorherzusagen (0.05). Des Weiteren werden auch beim besten Modell ein erheblicher Teil der Haushalte falsch klassifiziert, so dass die Randsumme, d.h. die Gesamtzahl an umziehenden Haushalten nicht mit den Beobachtungen übereinstimmt.

Obwohl das Modell inhaltlich eine differenzierte Argumentation für den Umzugsentscheid liefert, führt es zu einer Unterschätzung der Anzahl von Umzügen. In der Simulation von FaLC beeinflussen hat dies negative Konsequenzen indem zu wenige Haushalte effektiv umziehen. Um dies zu vermeiden, wird empfohlen die modellierten Wahrscheinlichkeiten eines Umzuges, analog zu den Standortwahl-Modellen zu integrieren: Den Haushalten wird mittels Mod.1 ein Gewicht zugeordnet. Haushalte werden entsprechend diesem Gewicht zufällig ausgewählt, bis eine definierte Randsumme als Kontrollsumme erreicht wird. Dadurch werden vermehrt Haushalte mit einer hohen Wahrscheinlichkeit (laut dem Modell) für das Wohnstandortwahlmodell genutzt, jedoch die Gesamtzahl an umziehenden Haushalten nicht über- oder unterschätzt. Es wird vorgeschlagen die Gesamtanzahl an umziehenden Haushalten je Jahr als Randsumme zu nutzen und zusätzlich auch die Gesamtanzahl von Umzügen je Altersklasse auszuweisen.

2.7.2 Eigentumsform

Auch die Wahl der Wohneigentumsform wird mittels des SHP untersucht. Die Simulation von FaLC modelliert diese in Kombination mit dem Umzugsentscheid, d.h. ein Haushalt trifft erst den Entscheid umzuziehen und dann die Wahl, ob dies in Form von Wohneigentum oder als Mietverhältnis

stattfindet. Entsprechend dieser Entscheidung werden unterschiedliche Standortentscheide getroffen. Dies ist eine Vereinfachung der Realität, da es auch gegenläufige Entscheidungsprozesse geben dürfte, z.B. dass ein Haushalt entscheidet umzuziehen, weil er Zugang zu einer bestimmten Immobilie erhält (Erbe, Freundeskreis, etc). Da derartige Fälle in den Daten nicht identifiziert werden können, erscheint eine Vereinfachung zweckmässig.

Somit ist für die Modellierung nicht die Gesamtheit der Eigentumswechsel relevant, sondern die Wahl der Wohnform (Eigentum oder Miete). Es wird davon ausgegangen, dass ein Umzug den Wechsel in beide Formen ermöglicht.

Tabelle 7 gibt die Eigentumsform all jener Haushalte wieder, welche einen Umzug getätigt haben. Dabei werden die Haushalte nach einzelnen Merkmalen unterschieden. Da hier nur diejenigen Haushalte berücksichtigt werden, welche innerhalb eines Jahres einen Umzug getätigt haben, reduziert sich die Zahl der Beobachtungen erheblich. Aufgrund der zu hohen Anzahl an Eigentümern in den Daten des SHP, ist davon auszugehen, dass auch in diesem reduzierten Datensatz überdurchschnittlich viele Eigentümer vertreten sind. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass eine hohe Anzahl an Haushalten einen Wechsel der Eigentumsform berichten, ohne dass ein Umzug stattgefunden hat (Tab. 6). Auch wenn dies durch Wohnrecht und Kauf von Mietobjekten denkbar ist, scheint die Anzahl an Fällen doch unerwartet hoch. Eine Ursache hierfür konnte trotz Rücksprache mit FORS nicht ermittelt werden. Da ein alternativer Datensatz nicht zur Verfügung steht, wird trotz dieser Unsicherheit eine Untersuchung auf Basis des SHP durchgeführt.

Es fällt auf das junge und alte Haushalte, im Vergleich zu Haushalten im Alter von 35 bis 50 Jahren, vermehrt Mieter sind und dass die Geburt eines Kindes häufiger zum Erwerb von Eigentum führt. Weiterhin führen hohe Zunahmen des Einkommens zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit Eigentümer zu werden, während ein Wechsel der Arbeitsstelle vermehrt zu Mietverhältnissen führt - vermutlich bedingt durch die Notwendigkeit in kurzer Zeit eine Wohnmöglichkeit in der Nähe der neuen Arbeitsstelle zu finden. Die Veränderung der Haushaltsgrösse hat dagegen keinen konsistenten Einfluss auf die Eigentumsform.

Tab. 6: Umzug bei Wechsel der Eigentumsform

	Umzug getätigt?	
	Nein	Ja
Mieter wurde Eigentümer	0.66	0.34
kein Wechsel	0.96	0.04
Eigentümer wurde Mieter	0.50	0.50

Tab. 7: Eigentumsform nach Umzug und Haushaltsmerkmalen

	Miete	Eigentum	Anzahl
<i>Alter</i>			
0-20	1.00	0.00	5
20-35	0.86	0.14	703
35-50	0.61	0.39	808
50-65	0.63	0.37	350
>65	0.72	0.28	171
<i>Geburt eines Kindes</i>			
Nein	0.71	0.29	1954
Ja	0.66	0.34	83
<i>Einkommensveränderung (%)</i>			
[-100]	0.90	0.10	10
[-99,-50]	0.83	0.17	169
[-49,0]	0.67	0.33	1153
[1,50]	0.71	0.29	438
[51,100]	0.86	0.14	140
[101,150]	0.76	0.24	63
[151,200]	0.77	0.23	64
[>200]	NA	NA	0
<i>Arbeitsplatzwechsel</i>			
Nein	0.69	0.31	1629
Ja	0.80	0.20	408
<i>Änderung der Haushaltsgrösse</i>			
<-2	0.83	0.17	18
-2	0.90	0.10	40
-1	0.85	0.15	157
0	0.68	0.32	1458
1	0.76	0.24	324
2	0.82	0.18	22
>2	0.67	0.33	18

Um kombinierte Effekte der einzelnen Haushaltsmerkmale besser abbilden zu können, wurde auch hier die logistische Regression angewendet. Ausgehend von einem Referenzmodell, welches nur das Alter beinhaltet, wurden verschiedene Formulierungen für Einkommensverhältnisse, Haushaltsgrösse und die Geburt oder das Vorhandensein von Kindern in das Modell integriert.

Das finale Modell für Eigentümer wird in Modell 2 gezeigt. Die Area under Curve (AUC) dieses Modells hat einen Wert von 0.77 und weist damit ebenfalls eine akzeptable Güte aus. Wie beim Wohnstandortentscheid muss davon ausgegangen werden, dass die Gesamtzahl der prognostizierten Fälle sich nicht mit den beobachteten Randsummen deckt. Es wird daher empfohlen, wie beim

Wohnortentscheid, die mittels der Regressionsgleichung ermittelten Wahrscheinlichkeiten als Gewicht für die Auswahl eines Haushaltes zu benutzen, die Gesamtanzahl jedoch durch externe Vorgaben zu kontrollieren.

Mod. 2: Logistische Regression für Erwerb von Wohneigentum.

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

AIC: 2070

2.8 Datenbeschreibung

Für die Wohnstandortwahl wird nicht der Schweizer Haushaltspanel genutzt, sondern die Volkszählung für die Ebene der Verkehrszonen aufbereitet. Zur Vergleichbarkeit der Daten wird im Folgenden auf Details der Datenaufbereitung und der Inhalte eingegangen.

In einem ersten Schritt wurden die Zonen des nationalen Verkehrsmodells mit Attributen zur Standortbeschreibung - entsprechend vorgängiger Beschreibung (siehe Kapitel 2.6) - angereichert und die Haushaltsattribute aus der Volkszählung abgeleitet. Neben den beschreibenden Attributen aus der Literaturrecherche (Tabelle 2) wurden auch auf die Zonen aggregierte Daten, welche FPRE zur Mikrolagebeschreibung in einer 25m-Auflösung erstellt hat, hinzugefügt. Es wurde explizit darauf geachtet, dass sämtliche Daten das Modelljahr 2000 abbilden - bei Bedarf wurden die Mikrolageeigenschaften, hierzu neu prozessiert. Als Referenzsystem für räumliche Operationen und die Geokodierung wurde CH1903+ gewählt. Die Attribute wurden in Kapitel 2.6 bereits erklärt und in Tabelle 2 im Detail aufgeführt. Im Folgenden wird daher nur auf neu getroffene Definitionen und Annahmen bei der Prozessierung näher eingegangen.

2.8.1 Aufbereitung Haushalt

Die Haushalte (HH) wurden aus den Einzelpersonen der Volkszählung zusammengesetzt und entsprechend Kapitel 2.6 in disjunkte Lebensphasen klassiert. Dabei wurde auch die Grösse und die

Anzahl Kinder (unter 18 Jahren) registriert. Das Alter und die Ausbildung des HH werden durch die Referenzperson definiert. Neben der Klassierung der Lebensphasen wurde den Haushalten auch die FPPE-Nachfragesegmente zugewiesen, um die Lebensstile in die Wohnstandortwahl einbinden zu können. Zusätzlich wurden jedem Haushalt die Charakteristiken des Gebäudes und der Wohnung zugeordnet.

Das Einkommen der HH wird in FaLC auf Basis der Branche, Ausbildung, Haushaltskomposition und einigen weiteren Attribute simuliert. Diese Daten wurden über die Haushaltsidentifikationsnummer an die Volkszählung angehängt (zu Details der Einkommensmodelle siehe Beschrieb FaLC).

Die Nationalität eines Haushaltes wird durch die am häufigsten vertretene Nationalität im Haushalt definiert. Tabelle 8 gibt eine Übersicht über die Klassierung der Nationalitäten. Bei identischer Anzahl von Nationalitäten in einem Haushalt wurde die Reihenfolge in Tabelle 8 zur Bestimmung der Nationalität des Haushaltes gewählt.

Tab. 8: Klassierung der Nationalitäten eines Haushaltes

1. Schweiz
2. Deutschsprachige Nachbarn
3. Italienischsprachige Nachbarn
4. Französischsprachige Nachbarn
5. NW-Europa
6. SW-Europa
7. SO-Europa
8. O-Europa
9. Afrika
10. Nordamerika, Australien, Neuseeland
11. Lateinamerika
12. W-Asien
13. S-Asien
14. SO-Asien
15. O-Asien
16. Übrige Nationen

Ein Haushalt wird als umziehender Haushalt ausgewiesen, wenn mindestens einer der Haushaltsmitglieder einen neuen Wohnort aufweist ($P_WO5M > 01$ und $P_WO5M < 5$). Zuzüge aus dem Ausland wurden nicht berücksichtigt, da der vorherige Wohnort nicht verortet werden kann. Somit sind nur nationale Standortwechsel im Standortwahlmodell registriert.

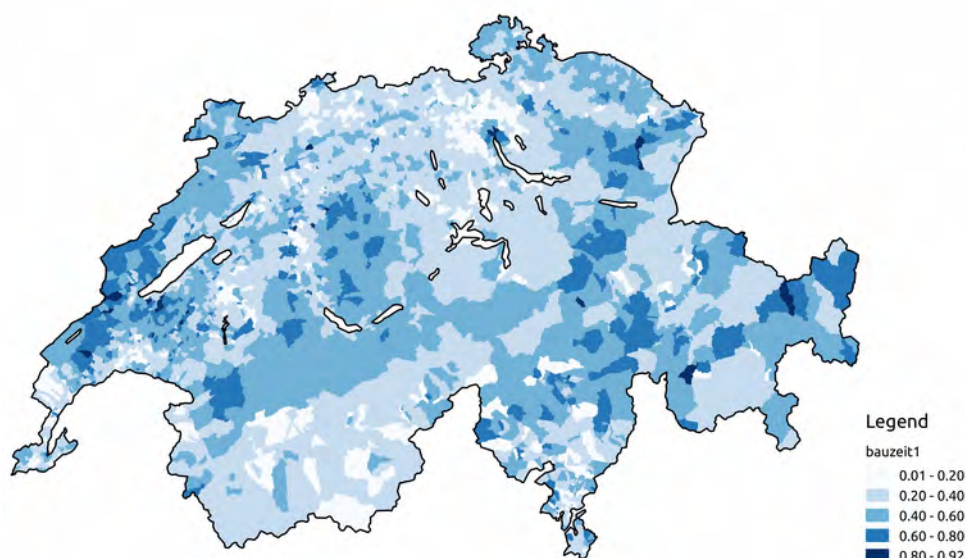
Es wird sowohl der Arbeitsort als auch der Wohnort für die ersten fünf Haushaltsmitglieder kodiert. Beide sind in der Volkszählung durch die Gemeindenummer gekennzeichnet. Für die räumliche Verortung und das Zuspätspielen von weiteren Attributen wurden Gemeindezusammenlegungen berücksichtigt und die Daten auf die Gemeindegrenzen von 2016 und mit detaillierten Gemeindegrenzen angereichert. Anschliessend wurden die Daten in einem Geoinformationssystem räumlich mit den Zonen verschnitten (Spatial Join).

2.8.2 Aufbereitung Zone

Im Haushaltswahlmodell werden die Zonen des Nationalen Verkehrsmodells als Standorte genutzt. Diese wurden aus FaLC übernommen, da hier bereits diverse Zonenmerkmale vorberechnet wurden, insbesondere die Erreichbarkeiten als distanzgewichtete Summe der Arbeitsplätze. Die Distanz zu den Zentren der Agglomerationen und die 5 Wirtschaftszentren der Schweiz (Basel, Bern, Genf, Lugano, Zürich) wurden vom ARE als eigener Datensatz geliefert und den Zonen zugefügt. Weitere Standortfaktoren wurden aus der Betriebszählung, der Volkszählung (VZ) und eigenen Daten (FPRE) verarbeitet.

In der VZ werden keine einzelnen Baujahre sondern Bauperioden für das Wohngebäude des Haushaltes ausgewiesen, welches als Wohnstandort genannt wurde. Diese Bauperioden werden zu drei Zeiträumen zusammengefasst, von welchen bekannt ist, dass sie einen Einfluss auf die Standortwahl haben: vor 1945, 1946-1959, 1960-1980 und nach 1980 (Neubauten). Für jede dieser Bauperioden wird der Anteil an Gebäuden aus dem Gesamtbestand der Wohngebäude bestimmt. Bedingt durch die Ausgangsdaten (Volkszählung), werden Zweitwohnungen nicht berücksichtigt. Es ist anzumerken, dass Zonen, welche wenige Gebäude beinhalten, einen hohen Anteil einer bestimmten Bauperiode aufweisen können. So haben beispielsweise das Berner Oberland, grosse Teile von Graubünden und des Jura einen hohen Anteil an Altbauten (vor 1945) auf (Abb.2).

Abb. 2: Anteil an Gebäuden vor 1945



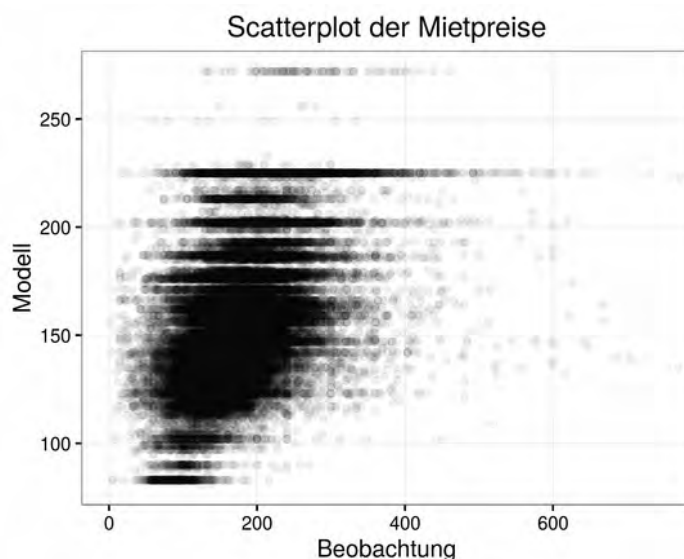
Weiterhin wurde aus der VZ die Anzahl an Personen, Haushalten sowie der Anteil an nicht erwerbstätigen Personen und Ausländern für jede Zone ermittelt. Als nicht erwerbstätige Person wurden Personen ohne Arbeitsort definiert, also auch Schüler und Hausfrauen. Der Anteil an Ausländern wurde für alle Klassen aus Tabelle 8 ermittelt.

Aus der Betriebszählung wurden die Dichte an Arbeitsplätzen und Unternehmen in den Branchen Retail (NOGA 47), Gastronomie und Hotel (NOGA 55, 56) und Dienstleistungsanbietern (NOGA_Sector 3) abgeleitet.

Neben den Gebäudeinformationen sind teilweise auch die Mietpreise in der VZ angegeben. Diese wurden genutzt um einen durchschnittlichen Mietpreis je Quadratmeter zu berechnen. Es zeigte sich jedoch, dass dabei qualitative Unterschiede der Wohnungen nicht berücksichtigt werden können und zu einer Verzerrung der Mietpreise in einer Zone führen - insbesondere wenn wenige Mietbeobachtungen in einer Gemeinde gegeben sind. Alternativ wurden daher die Quadratmeterpreise aus den standardisierten Objekten von FPRE abgeleitet, welche auch für die Miet- und Transaktionsindizes genutzt werden. In diesen werden Eigentumswohnungen und Einfamilienhäuser in hohem, mittleren und niedrigen Standard, sowie Mietwohnungen als Alt- und Neubau ausgewiesen. FPRE besitzt zu den Eigentumsobjekten Zeitreihen seit 1985, jedoch sind Mietabschlüsse nur seit 2008 vorhanden. Die Immobilienpreise im Mietsegment wurden daher, basierend auf der Preisentwicklung im Eigentumsmarkt, auf den Stand 2000 transformiert.

Einige MS-Regionen beinhalten nur wenige Mietabschlüsse und werden explizit aus den Zeitreihen ausgeschlossen. Diese MS-Regionen haben keinen funktionierenden Mietmarkt und könnten systematisch aus den Alternativensets des Mietmarktes ausgeschlossen werden. Um in der Simulation den Mietmarkt nicht räumlich abzugrenzen, werden die Mietpreise in diesen Regionen von den Eigentumspreisen abgeleitet: Der Preis eines Einfamilienhauses mittlerer Qualität in einer Ortschaft wird zum schweizerischen Durchschnittspreis ins Verhältnis gesetzt und dieses Verhältnis auf die Mietpreise für Altbau und Neubau übertragen. Es ist festzuhalten, dass die tatsächlichen Mietpreise von diesen bereinigten Mietpreisen unter Umständen substantiell abweichen können. Abbildung 3 zeigt einen Scatterplot der modellierten Mietpreise und der in der VZ genannten Mietpreise, in welchen die Korrelation bzw. die Streuung der Residuen zwischen diesen beiden Preisangaben sichtbar wird. Es ist zu beachten, dass die Mietpreise der VZ für umgezogene Haushalte die Jahre 1995 bis 2000 abbilden, während das Modell nur das Jahr 2000 abbildet - ein gewisse Streuung ist somit zu erwarten. Zusätzlich finden sich hier Mieten von Einzelzimmern, Genossenschaften und sonstigen Sonderfällen.

Abb. 3: Scatterplot der modellierten (Neubau) und realen Mietpreise (Volkszählung)



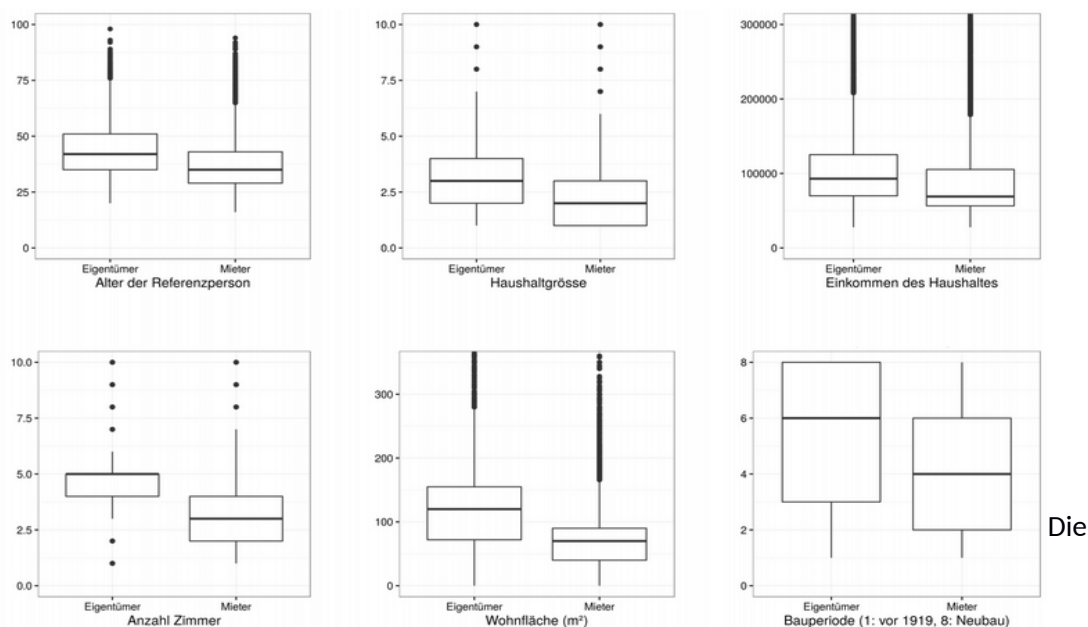
Die Eidgenössische Steuerverwaltung weist die Steuerbelastung durch Kantons-, Gemeinde und Kirchensteuern für ledige Haushalte, Verheiratete ohne Kinder und Verheiratete aus. Es werden einzelne Einkommensklassen in diesen Segmenten unterschieden. Für die Modelle wurde eine Vereinfachung durch Aggregation auf drei Einkommensniveaus vorgenommen:

Das BFS (BFS, 2013 REF) definiert die Mittelschicht zwischen 70% unterhalb und 150% oberhalb des Medianeinkommens. Der Bericht des Bundesrates für 2000-2002 gibt als Mittelwert ein Haushaltseinkommen von 9'100 CHF an, was 109'000CHF Jahreseinkommen entspricht. Da kein Median angegeben wird, muss in diesem Fall vereinfachend dieser Mittelwert genutzt werden. Demnach sind Haushalte mit einem Einkommen unter 6'400 CHF (76'300 CHF Jahreseinkommen) als niedrig verdienend, Haushalte mit einem Einkommen über 13'600 CHF (163'500CHF Jahreseinkommen) als hoch verdienend zu bezeichnen. Für die Klassierung wurden einheitliche Einkommensklassen nach diesen Grenzwerten gewählt – die Referenzwerte wurden mit einer Abweichung von 20'000 CHF von diesem Schwellenwert definiert und sind gerundet: ein niedriges Einkommen hat somit einen Referenzwert von 60'000CHF, ein mittleres Einkommen von 100'000 CHF und ein hohes Einkommen von 200'000CHF. Regionale Unterschiede werden dabei nicht berücksichtigt.

2.8.3 Mieter und Käufer

Eine räumliche Abbildung von Mietern und Eigentümern im Raum Zürich zeigt, dass Mieter an zentraleren Lagen wohnen als Eigentümer (Abb. 6). Dadurch bedingt unterscheiden sich die Standortattribute systematisch hinsichtlich des Raumtypes, der Bauperiode, der Dichte an Personen und Unternehmen und der Erschliessungsgüte (Abb. 5). Daneben ist jedoch auch festzustellen, dass sich die Wohneinheiten selbst unterscheiden - Eigentumsobjekte sind häufig Einfamilienhäuser und haben eine höhere Anzahl an Zimmern und im Allgemeinen auch mehr Wohnfläche (Abb. 4).

Abb. 4: Boxplots der Haushaltseigenschaften von Mietern und Eigentümern (umziehende HH)



Ähnlichkeit der Alternativen bildet einen Konflikt mit einer der Grundannahmen des MNL-Modells: die Unabhängigkeit der Alternativen (IIA). Indem getrennte Modelle für Mieter und Eigentümer geschätzt werden, wird diesem Umstand Rechnung getragen.

Daneben wurde bereits vorgängig auf die Unterschiede in der Haushaltsstruktur von Mietern und Eigentümern eingegangen (siehe Kapitel Error: Reference source not found). Haushalte, die Eigentümer sind oder werden, haben im Durchschnitt ein höheres Alter, ein höheres Einkommen – auch bedingt durch einen höheren Ausbildungsabschluss – und meist mehr Haushaltsmitglieder (Abb. 4). Des Weiteren ist bekannt, dass sich Eigentümer deutlich länger an einen Standort binden als Mieter und damit langfristig denken. Es ist daher davon auszugehen, dass sich auch das Standortwahlverhalten unterscheidet. Zusätzlich sind die meisten Käufer von Immobilien vorher Mieter gewesen und die unterschiedlichen Angebote dieser zwei Segmente müssten sich als Präferenz in der Standortwahl abbilden, d.h. es sollte bei Käufern eine Abwanderung aus Kernstädten festzustellen sein.

Abb. 5: Boxplots der Standorteigenschaften von Mietern und Eigentümern (umziehende HH)

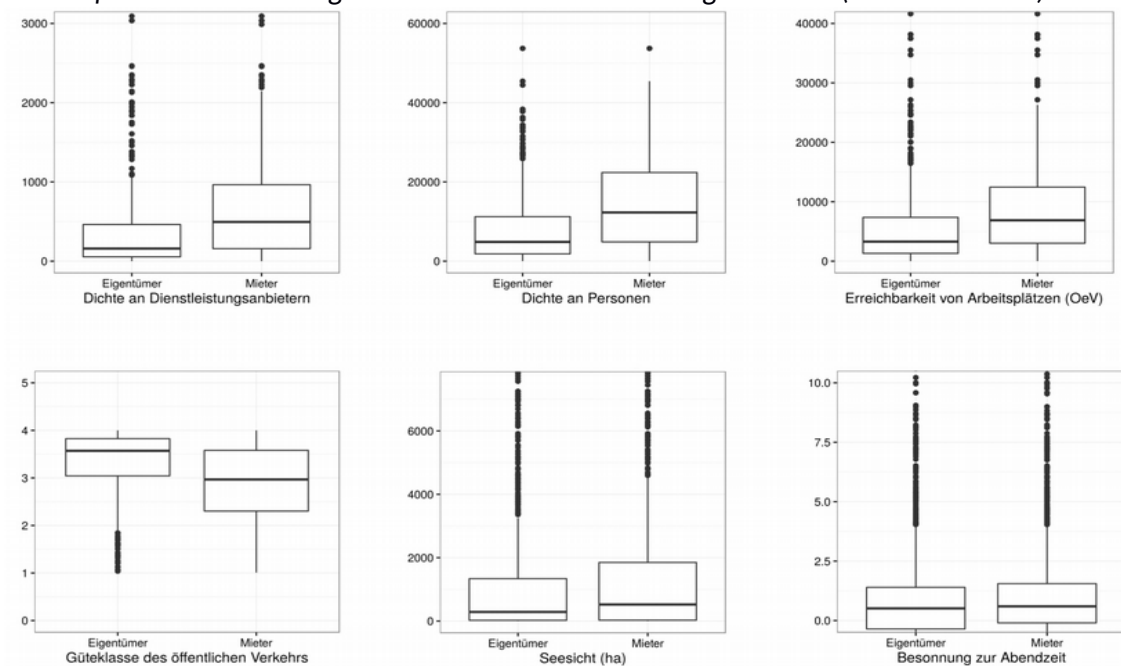
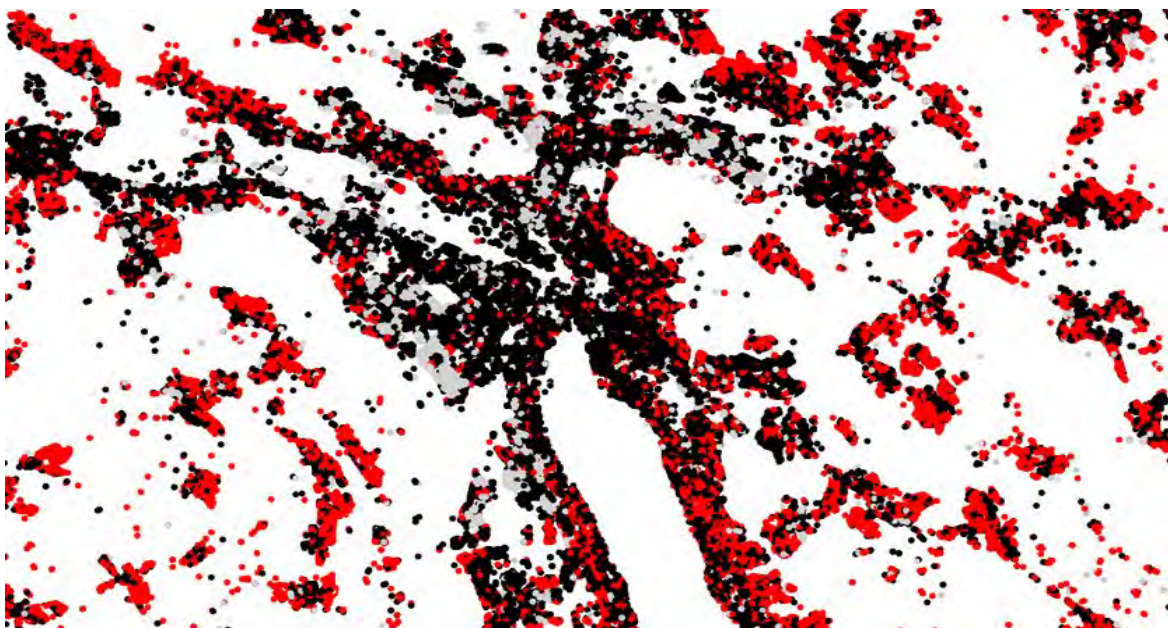


Abb 6: Räumliche Verteilung von Mietern (schwarz) und Eigentümern (rot) im Raum Zürich (Quelle: BFS VZ 2000, Vertrag: 150596)

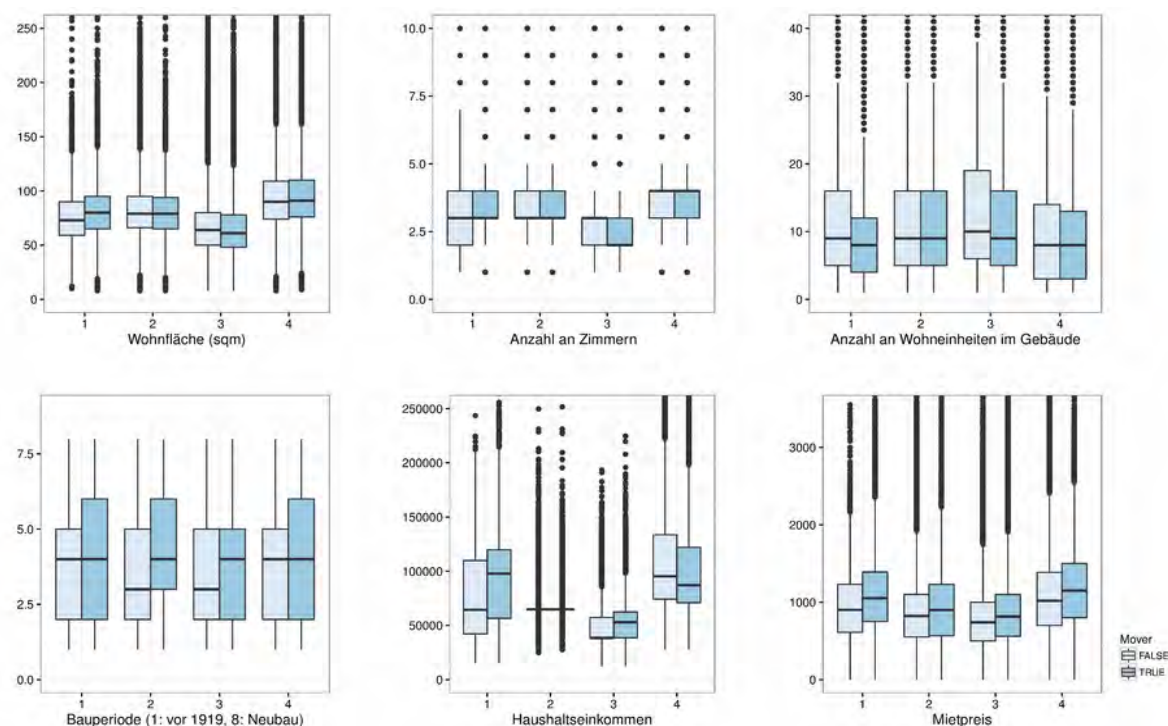


2.8.4 Soziodemographische Gruppen

Neben den Eigentumsformen werden die Modelle nach Lebensphasen unterschieden. Im Folgenden werden Unterschiede der Standortattribute zwischen den einzelnen sozialen Gruppen näher untersucht. Allgemeine Erwartungen zu den Einflüssen in den Modellen wurden bereits in Kapitel 2.5 beschrieben.

Abb. 7: Boxplots der Haushalts und Gebäudeeigenschaften von Mietern

(Quelle: BFS VZ 2000, Vertrag: 150596)



1: Junger Haushalt (<35 Jahre); 2: Senioren Haushalt (>65 Jahre); 3: Single; 4: Familie

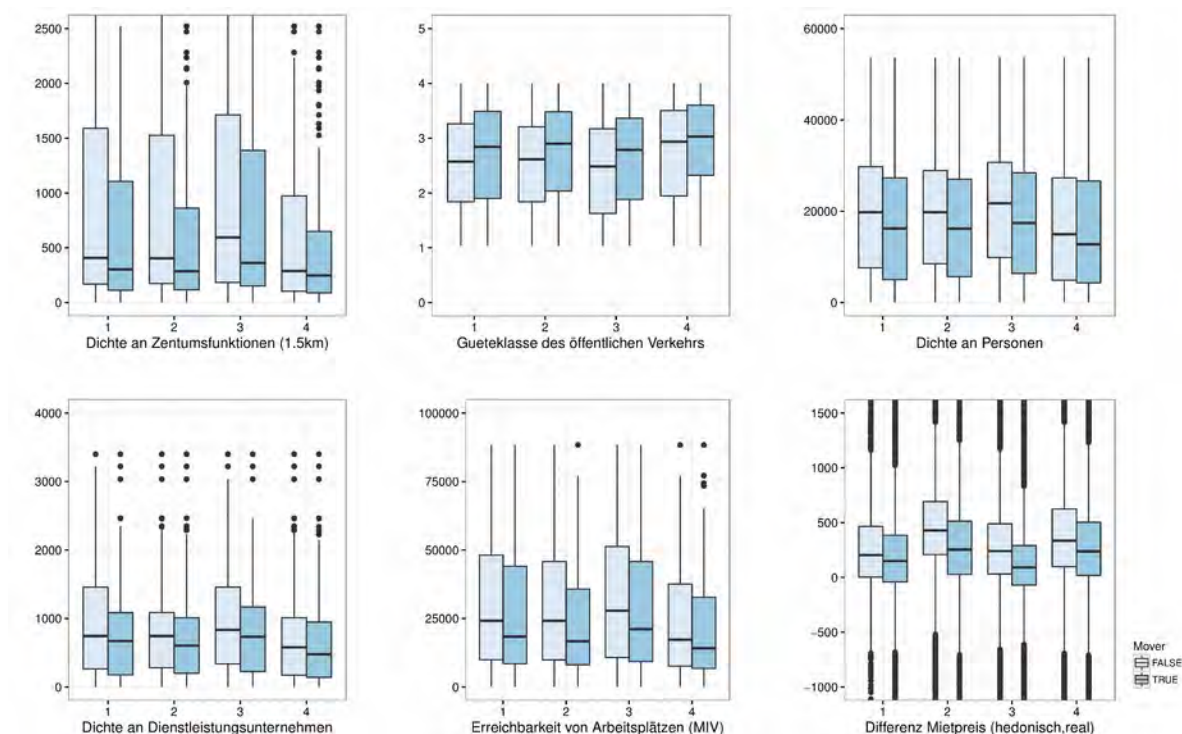
Es zeigt sich, dass bedingt durch die Haushaltsgrösse, das Einkommen bei Familien am höchsten ist und bei Singles am niedrigsten. Vermögenswerte werden im Einkommensmodell nicht abgebildet, so dass Senioren ein standardisiertes Einkommen haben – die zusätzliche Streuung resultiert von anderen Haushaltsmitgliedern. Interessanterweise haben junge Haushalte, welche umziehen, ein deutlich höheres Einkommen als nicht umziehende Haushalte. Weiterhin zeigt sich, dass umgezogene Haushalte mehr Miete bezahlen als nicht umziehende – dies kann eine bessere Lage und höheren Wohnstandard, aber auch eine allgemeine Mietpreisentwicklung als Ursache haben. Der Vergleich mit den modellierten Mietpreisen legt letzteres nahe.

Die Haushaltsgrösse ist per Definition unterschiedlich und bei Familien am höchsten. Neben Familien beanspruchen jedoch auch Senioren mehr Zimmer und mehr Wohnfläche als alle anderen Lebensphasen. Es zahlen aber nur Familien hierfür auch mehr Miete – Senioren zahlen gar weniger als junge Haushalte. Ein Vergleich zu den modellierten Mietpreisen zeigt, dass Senioren im Allgemeinen weniger zahlen als für den Standort üblich ist. Dies könnte auf eine bessere gesellschaftliche und örtliche Vernetzung hinweisen und den damit verbundenen Zugang zu Immobilien, welche nicht über die gängigen Immobilienportale gehandelt werden, sondern „unter der Hand“ weggehen. Zusätzlich liegt die Vermutung nahe, dass Senioren weniger Wert auf einen hohen Standard legen.

Den Erwartungen entsprechend zeigt sich, dass Singles im Vergleich zu anderen soziodemografischen Gruppen bei der Miete eher nach urbanen Wohnstandorten suchen, Familien nach weniger urbanen. Dies spiegelt sich in der Dichte der Personen und Unternehmen, aber auch in der Zentralität und Erschliessungsgüte wider. Es ist jedoch festzustellen, dass alle betrachteten Gruppen weniger zentral wohnen, als diejenige, welche nicht umgezogen sind. Dies kann als Ursache ein allgemeiner Anstieg

des Preisniveaus bei Mieten haben (welcher jedoch im Zeitraum 1995-2000 nicht beobachtet wurde), oder dass die Haushalte den Standard der Wohnung stärker gewichten als die Lage (siehe Bauperiode und Mietpreis). Die soziale Struktur in ihrer Umgebung unterscheidet sich zwischen den Gruppen nicht wesentlich - sowohl bezüglich des Alters als auch bezüglich des Status.

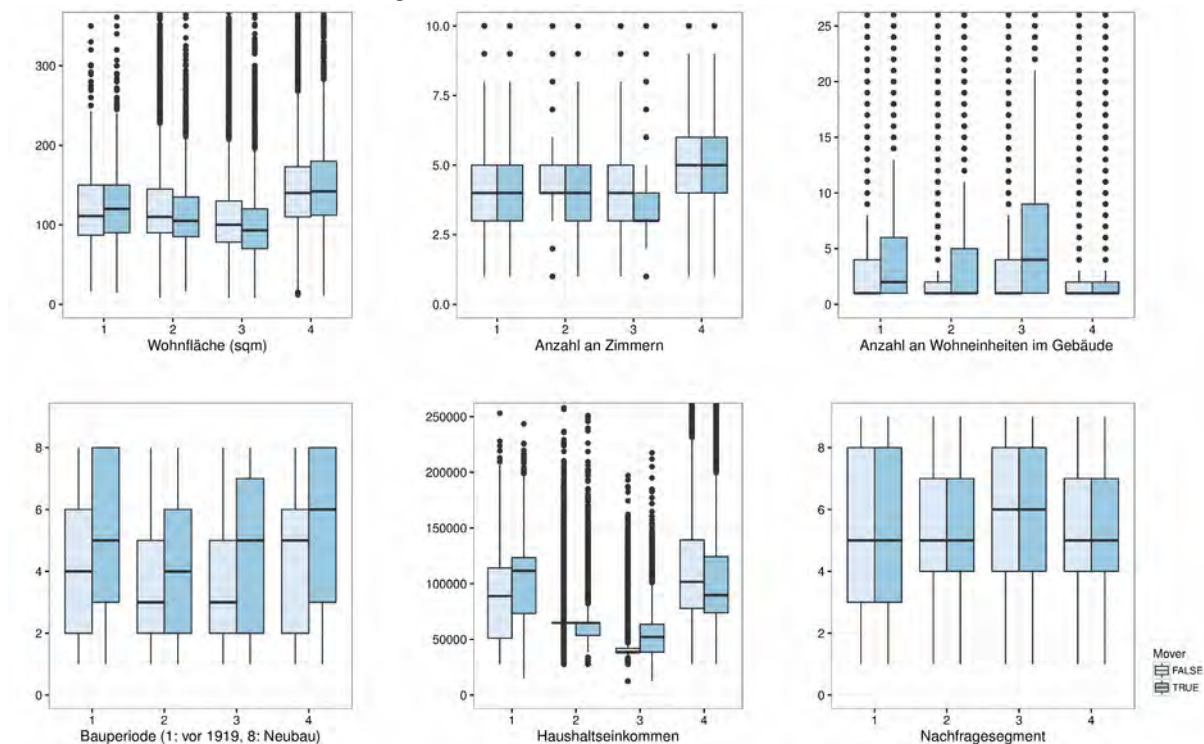
Abb. 8: Boxplots der Standorteigenschaften von Mietern (Quelle: BFS VZ 2000, Vertrag: 150596)



1: Junger Haushalt (<35 Jahre); 2: Senioren Haushalt (>65 Jahre); 3: Single; 4: Familie

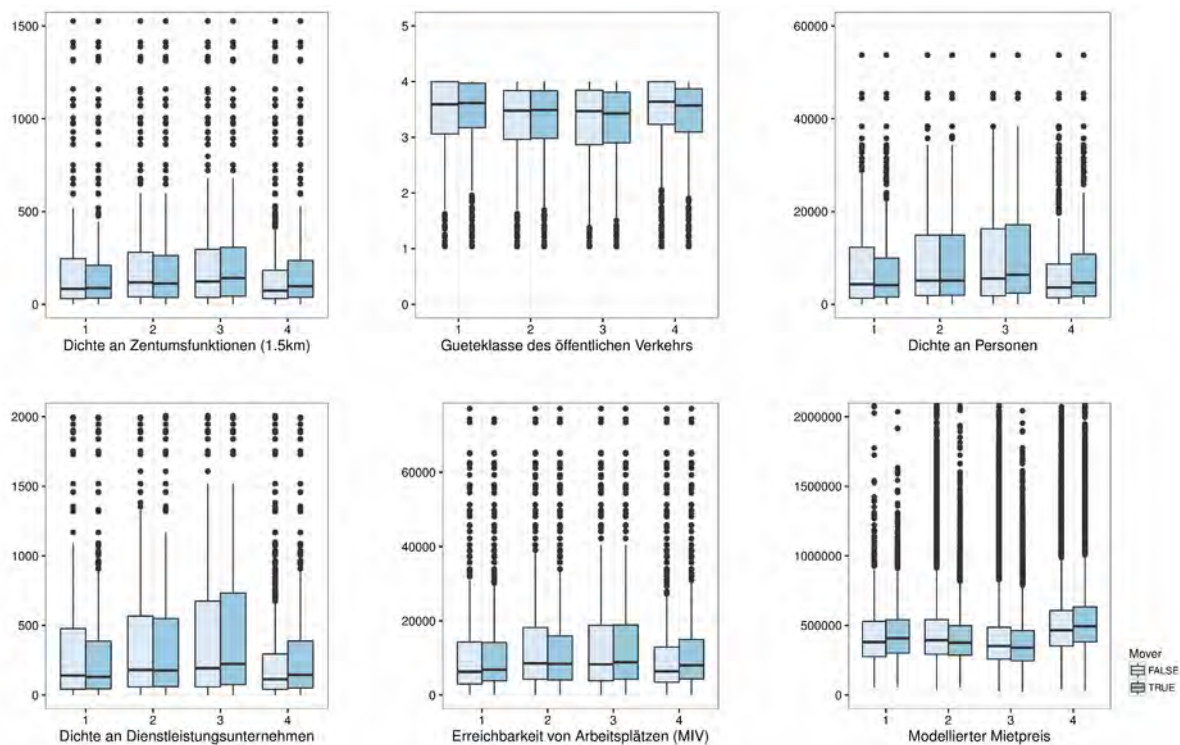
Im Gegensatz zu den Mietern zeigt sich bei den Eigentümern ein anderes Bild. Senioren wohnen als Eigentümer in älteren Gebäuden als die anderen Haushaltstypen, dafür jedoch mit mehr Zimmern, weniger Wohnfläche und in zentraler Lage - dies sowohl bezüglich der Anzahl an Haushalten und Unternehmen als auch bezüglich der Erschliessungsgüte. Insgesamt wird ersichtlich, dass umziehende Haushalte in jüngeren Bauperioden wohnen als nicht umziehende. Singles zeigen eine grössere Präferenz für Mehrfamilienhäuser und urbane Gebiete. Dabei sind die Standorte von Singles - laut der modellierten Preise - jedoch nicht die teuersten. Familien leben dagegen weniger urban. Interessanterweise sind es jedoch junge Haushalte die, wenn sie Eigentum erwerben, am wenigsten urban wohnen. Dies zeigt entweder durch Lebensstil geprägte unterschiedliche und unerwartete Präferenzen, vermutlich jedoch eher eine höhere Preissensitivität.

Abb. 9: Boxplots der Haushalts und Gebäudeeigenschaften von Eigentümern
(Quelle: BFS VZ 2000, Vertrag: 150596)



1: Junger Haushalt (<35 Jahre); 2: Senioren Haushalt (>65 Jahre); 3: Single; 4: Familie

Abb. 10: Boxplots der Standorteigenschaften von Eigentümern (Quelle: BFS VZ 2000, Vertrag: 150596)



1: Junger Haushalt (<35 Jahre); 2: Senioren Haushalt (>65 Jahre); 3: Single; 4: Familie

Unter Umständen führt jedoch insbesondere bei jungen Haushalten der Bezug von geerbten Immobilien bzw. die Weitergabe von Immobilien innerhalb der Familie, zu Beobachtungen welche nicht den typischen Präferenzen der Lebensphase entsprechen. Mit den gegebenen Daten lässt sich dies nicht weiter untersuchen. Auch bei den Eigentümern zeigen sich keine Unterschiede in der sozialen Struktur der Umgebung – weder bezüglich des Alters noch bezüglich der sozialen Schicht. Weiterhin wird deutlich, dass sich umziehende Haushalte wenig von nicht umziehenden Haushalten unterscheiden: die Verteilung hinsichtlich der Standorte und Wohnungseigenschaften sind sich sehr ähnlich und zeigen die langfristige Orientierung beim Immobilienkauf.

2.8.5 Standorteigenschaften

Die Untersuchung der Standorteigenschaften zeigt Korrelationen zwischen einzelnen Attributen, welche einen Einfluss auf das Modell haben könnten. Dies betrifft insbesondere die Dichtemasse von Personen, Arbeitsplätzen und zentrumsrelevanten Funktionen sowie Erreichbarkeiten. Andere Attribute sind mit derartigen urbanen Eigenschaften korreliert, ohne einen direkten kausalen Zusammenhang zu haben. Beispielsweise ist der Anteil an ausländischen Haushalten in städtischen Gebieten meist höher als in ländlichen Räumen. Dies stellt jedoch nicht eine höhere Präferenz für Urbanitätsmasse, wie die Erreichbarkeit dar, sondern basiert auf der (internationalen) Ausstrahlung der Wirtschaftskraft von urbanen Räumen, welche u.a. durch den Standort von internationalen Unternehmen definiert ist. Bei den meisten Attributen sind die Korrelationen unproblematisch, jedoch ist bei der Modellentwicklung die Abhängigkeit der Attribute, insbesondere der Dichtemasse zu beobachten.

Tabelle 9 gibt einen deskriptiven Beschrieb aller Standorteigenschaften, welche laut Literatur von Bedeutung sind und in den Modellen zur Anwendung kamen.

Tab. 8: Pearson-Korrelation der Zonen-Attribute (auf zwei Nachkommastellen gekürzt)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 LA_MIVACC_CAR	1.00	0.69	0.14	0.23	0.36	0.47	-0.73	0.46	0.26	0.77	0.14	0.48	0.53	0.68	0.56	0.65	0.66	0.16
2 LA_PTACC_CAR	0.69	1.00	0.10	0.12	0.34	0.28	-0.54	0.31	0.29	0.58	0.12	0.36	0.50	0.57	0.54	0.62	0.63	0.20
3 LS_LEISURE_DENS	0.14	0.10	1.00	-0.01	0.22	0.04	-0.25	0.21	0.25	0.15	0.15	0.37	0.23	0.21	0.19	0.19	0.18	0.16
4 LB_MIKROLAGE	0.23	0.12	-0.01	1.00	-0.07	0.16	-0.24	0.04	-0.05	0.22	0.00	0.11	0.10	0.15	0.14	0.17	0.15	-0.11
5 LB_NOISE_RAIL	0.36	0.34	0.22	-0.07	1.00	0.43	-0.33	0.33	0.38	0.24	0.12	0.39	0.19	0.28	0.22	0.24	0.24	0.04
6 LB_NOISE_ROAD	0.47	0.28	0.04	0.16	0.43	1.00	-0.36	0.33	0.18	0.31	0.01	0.34	0.11	0.26	0.20	0.22	0.22	-0.01
7 LP_GUETE	-0.73	-0.54	-0.25	-0.24	-0.33	-0.36	1.00	-0.42	-0.39	-0.75	-0.21	-0.56	-0.62	-0.72	-0.66	-0.70	-0.69	-0.25
8 LP_HIGHWAY	0.46	0.31	0.21	0.04	0.33	0.33	-0.42	1.00	0.26	0.34	0.15	0.40	0.32	0.44	0.34	0.38	0.37	0.13
9 LP_STATION	0.26	0.29	0.25	-0.05	0.38	0.18	-0.39	0.26	1.00	0.21	0.11	0.39	0.32	0.38	0.31	0.33	0.31	0.14
10 LS_CENTRALITY	0.77	0.58	0.15	0.22	0.24	0.31	-0.75	0.34	0.21	1.00	0.20	0.45	0.68	0.61	0.68	0.71	0.72	0.27
11 LS_CRIMES_RATIO	0.14	0.12	0.15	0.00	0.12	0.01	-0.21	0.15	0.11	0.20	1.00	0.24	0.17	0.14	0.17	0.18	0.18	0.14
12 LS_FOREIGNERS	0.48	0.36	0.37	0.11	0.39	0.34	-0.56	0.40	0.39	0.45	0.24	1.00	0.47	0.52	0.44	0.45	0.44	0.16
13 LS_GASTRO-CO_DENS	0.53	0.50	0.23	0.10	0.19	0.11	-0.62	0.32	0.32	0.68	0.17	0.47	1.00	0.73	0.92	0.90	0.91	0.42
14 LS_PERS_DENS	0.68	0.57	0.21	0.15	0.28	0.26	-0.72	0.44	0.38	0.61	0.14	0.52	0.73	1.00	0.74	0.83	0.80	0.11
15 LS_RETAIL-CO_DENS	0.56	0.54	0.19	0.14	0.22	0.20	-0.66	0.34	0.31	0.68	0.17	0.44	0.92	0.74	1.00	0.95	0.96	0.44
16 LS_SERV-CO_DENS	0.65	0.62	0.19	0.17	0.24	0.22	-0.70	0.38	0.33	0.71	0.18	0.45	0.90	0.83	0.95	1.00	0.99	0.39
17 LS_SERV-WP_DENS	0.66	0.63	0.18	0.15	0.24	0.22	-0.69	0.37	0.31	0.72	0.18	0.44	0.91	0.80	0.96	0.99	1.00	0.42
18 LS_WP-PERS_RATIO	0.16	0.20	0.16	-0.11	0.04	-0.01	-0.25	0.13	0.14	0.27	0.14	0.16	0.42	0.11	0.44	0.39	0.42	1.00

Pearson-Korrelation kleiner -0.7 oder grösser 0.7 (Basis: 5-stellige Pearson-Korrelation)

Tab. 9: Deskriptive Kennwerte der Standorteigenschaften

(Quelle: BFS Volkszählung 2000, Vertragsnummer: 150596)

	Median	S.D.	Mean
HH_DIST_WORK (no log!)	4.66	16.21	9.67
HH_LOG_DIST_PREVLOC	3.19	26.85	12.11
LA_MIVACC_CAR	4067.87	8535.67	6374.74
LA_PTACC_NOCAR	982.63	7093.80	2852.92
RU_PRICE (ewg_mid, no log)	4.33	13.41	7.05
RU_PRICE (mwg_new, no_log)	0.22	0.68	0.36
-income	71810.00	44037.63	84460.00
-ewg_mid	3235.50	655.02	3249.82
-mwg_new	166.00	29.68	169.67
-flaeche	88.00	170.85	126.50
LB_RAUMTYP01		<i>dummy</i>	
LB_LAKEVIEW	365.89	3196.94	1739.53
LB_LAKEACCESS		<i>dummy</i>	
LB_NATUR_DIS	167.08	213.80	217.82
LB_HOMOGENEITY		<i>Interaction: range[0,1]</i>	
LB_BUILT_-1945	0.33	0.16	0.35
LB_BUILT_1960-80	0.24	0.09	0.25
LB_BUILT_1980-	0.11	0.04	0.12
LB_IMAGE_RATING	2.94	0.44	3.00
LB_NOISE_ROAD	45.60	7.64	44.09
LB_NOISE_RAIL	10.21	10.14	11.36
LB_NOISE_FLIGHT	0.00	10.99	3.09
LB_NOISE_RATING	3.48	0.55	3.40
LB_SUNSHINE	0.56	2.33	0.44
LB_SUNSHINE_RATING	3.87	0.72	3.71
LB_SWISSCENT_MIV	33.94	23.78	38.55
LB_SWISSCENT_PT	67.59	44.91	75.97
LB_AGGLOCENT_MIV	13.24	8.11	14.38
LB_AGGLOCENT_PT	25.55	21.66	30.00
LS_SERV-CO_DENS	248.00	657.84	516.01
LS_SERV-CO_DENS_X_WORKER		<i>dummy</i>	
LS_RETAIL-CO_DENS	43.00	122.29	88.38
LS_GASTRO-CO_DENS	19.00	52.60	38.83
LS_CENTRALITY	165.82	679.08	401.05
LS_PERS_DENS	6891.00	10784.15	10929.64
LS_WP-PERS_RATIO	0.27	0.19	0.31
LS_SAME_HHTYPE		<i>Interaction: range[0,1]</i>	
LS_UNEMPLOYED_RATIO	0.48	0.04	0.48
LS_FOREIGNERS		<i>Interaction: range[0,1]</i>	
LS_FOREIGNERS_X_FOREIGN		<i>dummy</i>	
LS_CRIMES_RATIO	57.80	62.61	77.35
LS_TAX_X_HI-INC	17.59	2.48	16.90
LP_HIGHWAY, LP_HIGHWAY_X_CARUSER		<i>dummy</i>	
LP_STATION, LP_STATION_X_PTUSER		<i>dummy</i>	
LP_GUETE	3.30	0.75	3.15

2.9 Entscheidungsmodelle I

2.9.1 Modellaufbau

Die Schätzung der Modelle wurde in BIOGEME durchgeführt, einer Open-Source Software welche an der EPFL entwickelt wird. Der Alternativensatz wurde in der freien Software R zusammengestellt. Als räumliche Auflösung werden die Verkehrszonen des NVPM genutzt. Da beim „random sampling“ die Zusammensetzung der Alternativen nicht bekannt ist, werden haushalts- oder alternativenspezifische Attribute innerhalb der Modellschätzung von BIOGEME berechnet. Dies gilt beispielsweise für die Distanz einer Alternative zum vorherigen Wohnort eines Haushaltes oder sämtlichen Interaktionstermen mit Haushaltseigenschaften.

Aus der Literatur zur Wohnstandortwahl ist bekannt, dass sich junge Haushalte, Singles, Senioren und Familien in ihren Präferenzen bei der Standortwahl unterscheiden (Typendefinition 1). Haushalte können jedoch auch mehreren dieser Gruppen angehören, z.B. ein junger Single-Haushalt, so dass eine Simulation in diesen Teilgruppen nicht möglich ist. Alternativ wurden daher disjunkte Teilgruppen definiert, welche in der Simulation angewendet werden können (Typendefinition 2). Zur Reduktion der Rechenzeit wurde eine erste Modellentwicklung auf oben genannter Typendefinition 1 durchgeführt und später auf den disjunkten Gruppen verfeinert. Folgende disjunkte Klassierung der Haushalte wurde für die abschliessende Modelldefinition gewählt:

1. Junger Single (bis 35 J.)
2. Mittlerer Single (35 bis 65 J.)
3. Älterer Single (65+ J.)
4. Junges Paar (bis 35 J.)
5. Mittleres Paar (35 bis 65 J.)
6. Älteres Paar (65+ J.)
8. Familie mit Kindern (Kinder bis 18 J., Eltern altersunabhängig)
9. Familie mit Kindern (Kinder älter 18 J., Eltern altersunabhängig)
10. Einelternfamilie (Kinder bis 18 J., Eltern altersunabhängig)
11. Einelternfamilie (Kinder älter 18 J., Eltern altersunabhängig)
12. Wohngemeinschaft und Kollektivhaushalte

Zusätzlich wurde über die Nachfragesegmente von FPPE und SOTOMO eine alternative Definition von Haushaltstypen eingeführt, welche Lebensstil und sozialen Status unterscheiden (Typendefinition 3). Um den Berechnungsaufwand in Grenzen zu halten, findet sich in dieser Definition keine Unterscheidung nach Lebensphasen – auch wenn diese zur Verfügung stand.

Es wurde für jeden dieser Haushaltstypen ein Alternativensatz erstellt, welches je 5000 zufällig gewählte Beobachtungen zu Mietern und Eigentümern beinhaltet. Neben der gewählten Alternative beinhalten diese Alternativensätze 50 zufällig gewählte Alternativen. Die Alternativensätze beinhalten somit genug Beobachtungen um stabile Schätzergebnisse für Modelle mit vielen Variablen zu liefern, sind jedoch auch performant genug, um in vernünftigem Zeitaufwand eine grosse Anzahl von Modellen schätzen zu können. Die Schätzergebnisse in Modell 3 zeigen exemplarisch an einem

Basismodell von Mietern und Eigentümern auf, dass der Einfluss der Parameter, für die signifikanten Parameter nicht von der Anzahl an Alternativen abhängt.

Mod. 3: Vergleich der Modelle mit unterschiedliche grossen Alternativensets

Name	Mieter				Eigentümer			
	50 Alternativen		100 Alternativen		50 Alternativen		100 Alternativen	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-1.9	-47.29	-1.9	-47.12	-2.05	-49.38	-2.05	-49.72
HH_LOG_DIST_WORK	-2.01	-50.92	-2.1	-50.44	-1.94	-41.12	-2.02	-41.22
LA_MIVACC_CAR	0.247	5.08	0.183	3.7	-0.185	-3.98	-0.241	-5.01
LA_PTACC_NOCAR	0.428	8.91	0.397	8.67	0.0884	1.71	0.0898	1.72
RU_PRICE	-0.0579	-0.05	0.208	0.16	-0.812	-3.02	-0.479	-1.77
Adjusted rho-square:	0.853		0.857		0.852		0.855	

Von einem Basismodell ausgehend, welches nur die Erreichbarkeiten und den Preis beinhaltet, wurden für jedes Alternativenset sukzessive Modellerweiterungen durchgeführt. Analog zu früheren Arbeiten (Schirmer et al. 2013) wurden Modelle mit Attributen zur soziodemografischen Umgebung, der gebauten Struktur und den Points of Interests geschätzt, welche später zu einem Modell mit möglichst konsistenten und unkorrelierten Variablen zusammengeführt wurde. Da die zu erwartenden Einflüsse der Variablen im Literaturteil bereits ausführlich erklärt wurden, wird an dieser Stelle nur in Kürze erneut darauf eingegangen.

Jedes Modell wurde aufgrund der Vorzeichen der geschätzten Parameter, der Modellgüte (Adjusted rho-square) und der Konsistenz der Parameter über die einzelnen Modellerweiterungen beurteilt. Zusätzlich wurden die einzelnen Modellerweiterungen mit dem Likelihood-Test validiert. Die Modellentwicklung nutzt für die einzelnen Teilmodelle die gleichen Modelldefinitionen – Variablen mit einer hohen Signifikanz sollten jedoch das richtige Vorzeichen aufweisen.

Die Modellergebnisse jeder Modellerweiterung werden als Übersicht in einer Tabelle gezeigt. Diese Tabelle beinhaltet den Wert des geschätzten Parameters (Value) und den Wert des T-Test für jedes Teilmodell. T-Werte welche im Betrag über 1.5 liegen werden grau hervorgehoben – diese sind mit einem Signifikanzniveau von 15% relevant, wenn auch noch nicht hochsignifikant. Ein T-Wert von über 1.96, bzw. unter -1,96 gibt ein Signifikanzniveau von unter 5% an. Zusätzlich wird eine Farbkodierung eingeführt, welche den Einfluss der Parameter in der Nutzenfunktion qualitativ beurteilt. Grün, wenn die grau hervorgehobenen T-Werte über alle Teilmodelle hinweg den Erwartungen entsprechen, gelb, wenn einige Teilmodelle den Erwartungen entsprechen und rot, wenn alle relevanten Parameter ein Vorzeichen haben, das nicht den Erwartungen entspricht.

2.9.2 Basismodell

Das Basismodell beinhaltet nur die allgemeinen und haushaltsspezifischen Erreichbarkeiten und eine Preisvariable. Die Distanz zum früheren Wohnort (HH_LOG_DIST_PREVLOC) wird als logarithmierte Summe der euklidischen Distanzen zum vorherigen Wohnort aller Haushaltsmitglieder modelliert.

Aus der Literatur ist bekannt, dass diese Distanz von allen Haushalten negativ bewertet wird, da sich u.a. die sozialen Netzwerke stark um einen Wohnort ausbilden, d.h. die Distanz zum früheren Wohnort stellt auch die Distanz zum sozialen Netzwerk dar.

Analog hierzu wird die Distanz zum Arbeitsort (LA_LOG_DIST_WORK) als die logarithmierte Summe der Distanzen aller Erwerbstätigen modelliert. Vorhergehende Arbeiten (Schirmer et al. 2013) haben gezeigt, dass alle Erwerbstätigen des Haushaltes zu erfassen sind, eine weiterführende Gewichtung nach Arbeitsprozenten jedoch nicht zuträglich für das Modell ist. Die Distanz zum Arbeitsort sollte negativ in die Standortwahl eingehen.

Die Erreichbarkeit per Individualverkehr (LA_MIVACC_CAR) und öffentlichen Verkehr (LA_PTACC_NOCAR) bildet die distanzgewichtete Summe aller Arbeitsplätze ab und ist vorhergehend bereits in FaLC integriert worden. Da beide Erreichbarkeiten stark miteinander korrelieren, können sie nicht gleichzeitig in das Standortwahlmodell integriert werden. Sie werden daher im Basismodells als Interaktionsterm formuliert - das von der Referenzperson angegebene Transportmittel für den Weg zur Arbeit dient dabei als Proxy für die Verfügbarkeit eines Autos (PKW). Pendelt die Referenzperson per PW, wird LA_MIVACC_CAR in der Schätzung verwendet, sonst LA_PTACC_NOCAR.

Entsprechend der Literaturrecherche wird der Mietpreis einer Immobilie mit dem Einkommen ins Verhältnis gesetzt. Da die Miete und der Kaufpreis je Zone als Quadratmeterpreis modelliert ist, wird dieser Preis mit der tatsächlich durch den Haushalt bewohnten Fläche und dem simulierten Einkommen modelliert ($\text{Preis} * \text{Fläche} / \text{Einkommen}$). Da der Immobilienkauf von vielen anderen Faktoren als dem Einkommen abhängt (Vorbezug Pensionskasse, sonstiges Vermögen, Erbschaft), kann hier nur eine Annäherung an den Kaufpreis stattfinden: hier wird ein mittleres Einfamilienhaus als Referenzwert genommen und nicht mit dem Einkommen interagiert. Der Preis sollte in beiden Fällen einen negativen Einfluss auf die Standortwahl haben.

Miete

Es fällt auf, dass das Basismodell für Mieter bereits eine sehr hohe Modellqualität aufweist. Es stellt sich heraus, dass es besonders die Distanz zum früheren Wohnort (HH_LOG_DIST_PREVLOC) ist, welche für die hohe Modellgüte verantwortlich ist: Haushalte bleiben also lokal verankert. In der Simulation von FaLC kann dies durch eine lag-Variable modelliert werden.

Alle Vorzeichen, ausser dem Mietpreis bei der Teilgruppe der „Senioren“, zeigen den erwarteten Einfluss und sind über alle Gruppen hinweg hochsignifikant. Haushalte bewerten die Erreichbarkeiten positiv und die Distanz zum Arbeitsplatz negativ. Der Mietpreis ist jedoch teilweise von niedriger Signifikanz und für Senioren gar von positivem Einfluss. Dies weist auf ein Endogenitätsproblem hin: der Preis ist mit dem Fehlerterm des Modells korreliert und bildet die Qualität von Standort und Wohneinheit ab, ohne dass diese im Modell durch andere Attribute abgebildet sind. Wenn ein Modell diese Attribute nicht getrennt ausweist, kann es passieren, dass der Preis ein positives Vorzeichen hat, d.h. der Haushalt bewertet attraktive Standorte und attraktive Wohneinheiten mit vergleichsweise hohen Mieten, positiv. Das Basismodell ist somit für die Simulation nicht ideal, sondern benötigt zusätzliche Variablen um den Standort zu beschreiben.

In der weiteren Entwicklung wurden alternative Formulierungen für die Distanz zur Arbeit und die Distanz zum früheren Wohnort getestet, welche den abnehmenden Effekt der Distanz abbilden

können. 1. wurde die Distanz als Exponentialfunktion formuliert $\text{DIST}=\exp(-X/10)$, 2. wurde sie als nichtlineare Funktion $\text{DIST}=\beta \cdot X^\eta$ formuliert, wobei X die euklidische Distanz darstellt. Keine dieser Modellerweiterungen führte jedoch zu einem besseren Ergebnis, als die Logarithmierung. Die Ergebnisse dieses Modells finden sich in Modell 4.

Mod. 4: Referenzmodell für das Mietsegment

Name	all		family		old		single		young	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-1.90	-47.29	-2.08	-43.97	-2.31	-45.72	-1.84	-48.12	-1.91	-48.74
HH_LOG_DIST_WORK	-2.01	-50.92	-2.25	-45.08	-1.62	-39.47	-1.98	-51.71	-2.13	-52.50
LA_MIVACC_CAR	0.25	5.08	0.16	2.99	0.37	5.49	0.33	6.58	0.37	7.41
LA_PTACC_NOCAR	0.43	8.91	0.47	7.75	0.51	7.98	0.65	13.11	0.62	12.83
RU_PRICE	-0.06	-0.05	-5.05	-3.30	7.04	5.08	-0.30	-0.23	-2.69	-1.88
Adjusted rho-square:	0.85		0.89		0.89		0.86		0.85	

Eigentum

Die Modelle der Wohnstandortwahl von Eigentümern zeigen eine ähnlich hohe Modellgüte wie bei den Mietern. Es fällt auf, dass der Einfluss des Preises hier meist negativ ist und eine höhere Signifikanz hat, jedoch weist die Erreichbarkeit per Individualfahrzeug einen unerwarteten, negativen Einfluss auf.

Dies liegt unter Umständen an der Angebotsseite von Wohneigentum und der Wohneinheiten, auf welche bereits in Kapitel Error: Reference source not found hingewiesen wurde. Sowohl Mieter als auch Eigentümer versuchen attraktive Wohneinheiten zu finden – ein negativer Einfluss der Erreichbarkeit widerspricht demnach der Erwartung. Es ist jedoch von einer Präferenz für Neubauten oder renovierten Altbauten auszugehen. Für Mieter finden sich diese auch in innerstädtischen Lagen – Eigentümer werden hier jedoch seltener fündig, insbesondere wenn es um den Erwerb eines Einfamilienhauses geht: Es gibt wenig freie Bauflächen an zentralen Lagen und Neubau sowie Ersatzneubau führt häufig zu einer Verdichtung und Bau von Mehrfamilienhäusern (Stockwerkeigentum und Renditeliegenschaften). In innerstädtischen Lagen mit hoher Erreichbarkeit sind somit deutlich mehr Mietobjekte vorzufinden als Eigentumsobjekte, während neue Eigentumsobjekte vermehrt in Randlagen oder in der Agglomeration von Zentren entstehen. Die niedrigere Signifikanz und der deutlich niedrigere Einfluss von Kaufpreis und Erreichbarkeit bei Singles und jungen Haushalten – welche eine Präferenz für urbane Lagen haben sollten und damit an Stockwerkeigentum gebunden sind – bestätigt dies.³

Ein Mieter der zum Eigentümer wird, reduziert somit in den meisten Fällen seine Erreichbarkeit – sofern er nicht auf eine hohe Erreichbarkeit per OeV angewiesen ist und entsprechend einen höheren

³ Da die Attribute der Modelle nicht standardisiert sind ist ein Vergleich der Variablen nur über das Verhältnis von Variablen möglich. Hierzu ist die Distanz zum vorherigen Wohnort gut geeignet, da sie in allen Modellen hochsignifikant ist und den Erwartungen entspricht, also in diesem Fall LA_MIVACC_CAR/HH_LOG_DIST_PREVLOC.

Kaufpreis bezahlt oder den Wohnstandard reduziert. Die Unterscheidung der Erreichbarkeiten per MIV und OeV (LA_MIVACC_CAR und LA_PTACC_NOCAR) bildet diesen Effekt ab, weshalb letztere weiterhin positiv bewertet wird.

Die Ergebnisse des Referenzmodells für Eigentümer sind in Modell 5 abgebildet.

Mod. 5: Referenzmodell für das Eigentumssegment

Name	all		family		old		single		young	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-2.05	-49.38	-2.22	-43.15	-3.19	-44.32	-1.78	-55.1	-2.1	-52.86
HH_LOG_DIST_WORK	-1.94	-41.12	-2.25	-36.11	-1.41	-31.47	-1.71	-52.67	-1.97	-49.41
LA_MIVACC_CAR	-0.185	-3.98	-0.116	-1.92	-0.113	-1.66	-0.0515	-1.28	-0.078	-1.78
LA_PTACC_NOCAR	0.0884	1.71	0.241	3.89	0.223	3.23	0.259	5.35	0.171	3.46
RU_PRICE	-0.812	-3.02	-1.88	-6.01	0.895	2.94	-0.0104	-0.04	-1.15	-4.04
Adjusted rho-square:	0.852		0.898		0.89		0.82		0.843	

2.9.3 Sozioökonomische Umgebung

Miete

Das Einbringen der sozioökonomischen Attribute verbessert das Modell laut Likelihood-Test signifikant, führt jedoch auch dazu, dass sich die Vorzeichen und die T-Werte einiger Variablen aus dem Basismodell ändern. Der Mietpreis ist für Senioren nun nicht mehr signifikant positiv, hat eine höhere Signifikanz bei Singles und einen grösseren Einfluss über alle Teilgruppen – das Einbringen von zusätzlichen Standortfaktoren reduziert das Endogenitätsproblem also. Jedoch weist die Erreichbarkeit per MIV (LA_LOG_MIVACC_CAR) nun einen weniger signifikanten Einfluss auf und zeigt nur noch für junge Haushalte und Senioren den erwarteten positiven Einfluss. Die Attraktivität von urbanen Gebieten scheint also in diesem Fall durch andere Attributen abgebildet zu werden. Die Erreichbarkeit per OeV bleibt dagegen bei allen positiv bewertet.

Die meisten Variablen haben den erwarteten Einfluss und weisen eine hohe Signifikanz aus - Unterschiede im Signifikanzniveau zwischen den einzelnen sozialen Gruppen treten jedoch erwartungsgemäss auf und sollten die Präferenzen abbilden, welche im Literaturteil aufgezeigt wurden. So suchen alle Haushalte (ausser Familien) eine Umgebung zu Haushalten mit ähnlichem Alter (LS_SAME_HHTYPE ist für Familien negativ, jedoch bei niedriger Signifikanz). Senioren bevorzugen Gebiete mit einer hohen Dichte an Dienstleistungsunternehmen und junge Haushalte sowie Singles suchen ein hohes Verhältnis von Arbeitsplätzen zu Einwohnern (Stadtzentren, Wirtschaftszentren aber auch Industriestandorte). Die Anzahl an nicht erwerbstätigen Personen beinhaltet Arbeitslose, aber auch Senioren, Kinder und Hausfrauen/-männer und bildet damit einen Proxy für Haushaltsformen in der Umgebung. Nicht unerwartet suchen Familien und Senioren daher Gebiete mit einer hohen Dichte an Nichterwerbstätigen, während Singles und junge Haushalte diese meiden.

Die Einwohnerdichte (LS_PERS_DENS) wird auf unerwartete Weise von allen Teilgruppen bevorzugt, die Dichte an Verkaufseinrichtungen in einer Zone (LS_RETAIL_DENS) wird im Allgemeinen geschätzt und nur von Senioren, negativ bewertet, welche dafür als einzige positiv auf die Dichte von gastronomischen Einrichtungen reagieren. Wohngebiete mit einer guten Versorgung wirken somit attraktiv auf alle Teilgruppen.

Haushalte tendieren mit hoher Zuverlässigkeit dazu, sich in den Regionen der Schweiz niederzulassen, in welcher die Hauptsprache der Haushaltssprache entspricht - sofern es diese gibt. Weiterhin ist zu beobachten, dass ausländische Haushalte sich bevorzugt in Gebieten mit vielen anderen Ausländern niederlassen – als Ausländer wurden entsprechend Löchl et al. (2010) Süd-Ost-Europäer und Ost-Europäer modelliert.

Auch wenn das Steuerniveau durchweg einen negativen Einfluss hat, überrascht das niedrige Signifikanzniveau. Dies kann folgende Ursachen haben:

- Das abgebildete Steuerniveau kombiniert kantonale und Gemeindesteuern. Aus einer Befragung bei umziehenden Haushalten in Zürich (Statistisches Amt des Kanton Zürich 2013), ist jedoch bekannt, dass die Wahrnehmung des Steuerniveaus bei einem Grossteil der Bevölkerung nicht die Realität abbildet und v.a. interkantonale Unterschiede nicht bekannt sind. Aus diesem Grund wurden nur einkommensstarke Haushalte berücksichtigt, bei welchen davon ausgegangen werden kann, dass ein Experte für die Steueroptimierung zu Rate gezogen wurde.
- Entsprechend der Klassierung des BFS, wurde ein Einkommen von 200'000 CHF als hohes Einkommen definiert. Es ist jedoch zu erwarten, dass eine Steueroptimierung durch den Wohnsitz in dieser Einkommensklasse noch wenig Einfluss hat. Im Gegenzug werden jedoch Spitzenverdiener mit einem Einkommen von über 500'000 CHF in einem Einkommensmodell nur unzureichend erfasst und Vermögenswerte und -gewinne nicht abgebildet.

Da das Vorzeichen den Erwartungen entspricht, wurde diese Variable in der weiteren Modellentwicklung mit berücksichtigt.

Einige Variablen haben über alle sozialen Gruppen hinweg einen unerwarteten Einfluss und müssen aufgrund fehlender Erklärung, zum Teil trotz hoher Signifikanz, aus dem Modell entfernt werden. Dies gilt insbesondere für den Index an Urbanität (LS_CENTRALITY), welcher einen negativen Einfluss hat und mit den Erreichbarkeitsmassen korreliert, aber auch für die Dichte an Ausländern. Die Dichte an Ausländern fliesst in allen Teilmodellen positiv in die Nutzenfunktion ein, was nicht den vorgängigen Erwartungen entspricht. Dies beruht auf der Korrelation mit urbanen Phänomenen, entbehrt jedoch einer kausalen Erklärung. Gebiete mit vielen Ausländern sind meist wirtschaftliche Zentren und damit die Gebiete welche durch andere Masse, wie z.B. eine hohe Erreichbarkeit und Angebotsdichte (Arbeitsplätze, Versorgung) charakterisiert werden. Es wird daher empfohlen dieses Attribut nicht zu benutzen.

Die Anzahl an Arbeitsplätzen im Dienstleistungssektor ist für Erwerbstätige nicht von höherer Bedeutung als für nichtarbeitende Haushalte und braucht demnach nicht separat ausgewiesen zu werden.

Das finale Modell mit sozioökonomischen Attributen findet sich in Modell 6.

Mod. 6: Modell zur Abbildung der sozioökonomische Dimension im Mietsegment

Name	all		family		old		single		young	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-1.85	-45.10	-2.02	-40.92	-2.24	-42.04	-1.76	-45.20	-1.87	-46.41
HH_LOG_DIST_WORK	-1.97	-49.14	-2.20	-42.26	-1.54	-35.74	-1.94	-47.81	-2.10	-50.19
LA_MIVACC_CAR	-0.02	-0.39	-0.13	-2.10	0.02	0.25	-0.04	-0.74	0.07	1.19
LA_PTACC_NOCAR	0.21	4.15	0.23	3.58	0.18	2.81	0.33	6.14	0.38	7.35
LS_CRIMES_RATIO	0.00	-1.05	0.00	-1.70	0.00	0.97	0.00	0.69	0.00	-0.49
LS_FOREIGNERS_X_FOR.	9.23	5.03	13.40	10.00	5.72	1.94	10.50	4.82	11.20	8.03
LS_GASTRO-CO_DENS	-0.01	-4.48	-0.01	-2.43	0.00	0.18	-0.01	-5.69	-0.02	-7.43
LS_PERS_DENS	0.00	9.98	0.00	7.75	0.00	8.13	0.00	11.21	0.00	5.98
LS_RETAIL-CO_DENS	0.00	3.80	0.01	4.11	0.00	-0.57	0.01	5.09	0.01	7.15
LS_SAME_HHTYPE	4.12	3.18	-0.01	-0.01	1.66	1.86	2.36	1.87	2.21	2.04
LS_SAME_LANGUAGE	1.13	5.00	0.94	3.77	1.36	6.08	1.13	5.34	1.11	5.14
LS_SERV-CO_DENS	0.00	-3.27	0.00	-2.81	0.00	1.98	0.00	-2.34	0.00	-0.80
LS_TAX_X_HI-INC	-0.21	-1.09	-0.10	-0.82	-0.01	-0.04	0.00	0.00	0.00	-0.01
LS_UNEMPLOYED_RATIO	-1.02	-1.10	2.78	2.44	7.11	6.47	-1.37	-1.38	-1.76	-1.90
LS_WP-PERS_RATIO	1.04	3.80	-0.40	-1.29	-0.09	-0.33	0.24	0.87	0.03	0.10
RU_PRICE	-1.86	-1.37	-6.12	-3.79	-1.05	-0.68	-4.77	-3.26	-5.33	-3.37
Adjusted rho-square:	0.86		0.90		0.91		0.87		0.85	

Eigentum

Der Einfluss der Distanz zum Arbeitsplatz und zum vorherigen Wohnort auf die Standortwahl ändert sich durch Hinzufügen von sozioökonomischen Attributen nicht. Wie im Basismodell zeigt sich für alle sozialen Gruppen ein negativer Einfluss für die Erreichbarkeit per Auto (LA_MIVACC_CAR), die Erreichbarkeit per OeV bleibt dagegen positiv.

Ansonsten ähneln die Ergebnisse stark denen des Mietmodells: Die negative Zentralität eines Standortes, sowie der positive Einfluss der Dichte an Ausländern haben keine kausale Erklärung und arbeitende Haushalte zeigen bezüglich der Dichte an Dienstleistungsunternehmen keine anderen Präferenzen. Diese Attribute werden bei der weiteren Modellentwicklung daher nicht mehr berücksichtigt.

Im Unterschied zum Mietmodell reagieren Ausländer weniger signifikant auf die Dichte an ausländischen Haushalten (LS_FOREIGNERS_X_FOREIGN), Senioren reagieren gar mit einem negativen Einfluss. Er wird bei der weiteren Modellbearbeitung genauer beobachtet.

Weiterhin fällt auf, dass junge Haushalte bezüglich einiger Standortattribute ein unterschiedliches Verhalten aufweisen, Die Dichte an Unternehmen (LS_SERV-CO-DENS), das Verhältnis von Arbeitsplätzen zu Einwohnern (LS_WP-PERS_RATIO), und der Anteil an gleichaltrigen Haushalten (LS_SAME_HHTYPE) zeigt sich hier mit negativem Einfluss oder auf niedrigem Signifikanzniveau.

Auch in dieser Modellerweiterung weist der Immobilienpreis nun einen negativen Einfluss über alle Teilmodelle hinweg - wenn auch immer noch mit niedrigem Signifikanzniveau bei Senioren. Das Endogenitätsproblem wird also reduziert.

Mod 7: Modell zur Abbildung der sozioökonomischen Dimension im Eigentumssegment

Name	all		family		old		single		young	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-2.02	-47.89	-2.18	-41.43	-3.1	-43.42	-1.74	-52.52	-2.06	-50.57
HH_LOG_DIST_WORK	-1.91	-39.56	-2.18	-34.12	-1.38	-29.74	-1.68	-50.3	-1.95	-46.92
LA_MIVACC_CAR	-0.206	-3.93	-0.176	-2.62	-0.231	-3.32	-0.197	-4.38	-0.225	-4.53
LA_PTACC_NOCAR	0.085	1.54	0.176	2.66	0.0696	0.97	0.12	2.34	0.062	1.16
LS_CRIMES_RATIO_GN	-0.002	-2.51	-0.001	-1.19	-0.001	-0.89	-0.001	-2.46	-0.002	-3.44
LS_GASTRO-CO_DENS	3.49	1.09	0.246	0.06	-9.45	-1.62	4.08	1.34	11.3	4.39
LS_PERS_DENS	-0.003	-0.9	-0.01	-2.49	0.0119	4.26	0.0004	0.18	0.0014	0.43
LS_RETAIL-CO_DENS	5E-05	5.23	6E-05	5.46	8E-05	8.58	7E-05	8.59	1E-04	10.27
LS_RETAIL-CO_DENS	0.004	2.41	0.0108	5.38	-0.006	-3.81	0.004	3.42	0.0062	3.92
LS_SAME_HHTYPE	-0.486	-0.28	0.147	0.06	2.69	3.57	1.38	1.02	-2.38	-2.29
LS_SAME_LANGUAGE	1.88	7.78	1.52	5.65	1.19	6.4	1.02	6.21	1.41	7.21
LS_SERV-CO_DENS	-0.001	-3.86	-0.002	-5.26	0	-1.49	-0.001	-5.23	-0.002	-7.09
LS_TAX_X_HI-INC	7E-06	0.15	9E-06	0.32	3E-07	0.02	-0.241	-0.24	-0.169	-0.62
LS_UNEMPLOYED_RATIO	1.92	2.11	4.82	4.3	6.32	6.24	1.03	1.26	-1.13	-1.31
LS_WP-PERS_RATIO	0.33	1.13	-0.487	-1.27	1.62	5.23	0.176	0.7	0.367	1.19
RU_PRICE	-0.807	-2.84	-1.9	-5.48	-0.159	-0.48	-0.307	-1.15	-1.38	-4.6
Adjusted rho-square:	0.854		0.902		0.897		0.825		0.848	

2.9.4 Points of Interest

Da viele Points of Interest (POI) in Form sozioökonomische Attribute abgebildet werden können (z.B. die Dichte an Verkaufseinrichtungen) wurden in dieser Modellerweiterung nur diejenigen POI genutzt welche als tatsächliche „Punktaten“ vorliegen. Diese betreffen alle die Verkehrsinfrastruktur: das Vorhandensein eines Autobahnanschlusses bzw. Bahnhofs und die aus den Haltestellen abgeleiteten Güteklassen in einer Zone (häufigste Güteklasse in einer Zone als Kategorien von 1 bis 5 – wobei die beste Klasse 1 ist). Es ist davon auszugehen, dass es eine allgemeine Präferenz für eine hohe verkehrstechnische Erschliessung am Wohnstandort gibt, jedoch dürfte es zusätzliche Unterschiede zwischen Haushalte geben welche den öffentlichen Verkehr nutzen und denen die ein PW nutzen.

Miete

Wie zu erwarten fließt das Vorhandensein eines Autobahnanschlusses (LP_HIGHWAY) und eines Bahnhofs (LP_STATION) auf hohem Signifikanzniveau positiv in die Standortbeurteilung ein. Die durchschnittliche Güteklasse hat keinen signifikanten Einfluss, oder unterscheidet sich für die Zonen nicht hinreichend. Zonen die gar keine Güteklasse besitzen werden jedoch auf hohem Signifikanzniveau gemieden. Haushalte suchen demnach eine gewisse Grunderschliessung, weshalb empfohlen wird diese Attributdefinition zu nutzen. Eine Unterscheidung von PW-Nutzern und OeV-Nutzern ist nur für letztere eine Modellverbesserung – sie werten das Vorhandensein eines Bahnhofs besonders positiv.

Es fällt auf, dass sich mit dem Einbringen dieser Attribute in das Standortwahlmodell, der Einfluss der Erreichbarkeiten ändert: wie bereits bei den sozioökonomischen Modellen erhält die Erreichbarkeit per MIV (LA_MIVACC_CAR) nun ein negatives Vorzeichen und die Signifikanz der beiden Erreichbarkeitsvariablen reduziert sich über alle sozialen Gruppen markant.

Das finale Modell unter Einbindung von Points of Interests findet sich in Modell 8.

Mod 8: Modell zur Abbildung der Point of Interest im Mietsegment

Name	all		family		old		single	young		
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-1.87	-45.55	-2.07	-41.96	-2.26	-43.41	-1.79	-46.23	-1.89	-47.25
HH_LOG_DIST_WORK	-2.01	-49.2	-2.25	-43.33	-1.58	-37.35	-1.97	-48.82	-2.13	-50.54
LA_MIVACC_CAR	-0.122	-2.19	-0.269	-4.29	-0.0957	-1.3	-0.0888	-1.56	-0.0232	-0.41
LA_PTACC_NOCAR	0.0798	1.38	0.124	1.72	0.0928	1.28	0.326	5.37	0.28	4.83
LP_GUETE	-0.282	-6.5	-0.333	-6.54	-0.139	-2.73	-0.254	-5.11	-0.327	-6.96
LP_HIGHWAY	0.52	7.14	0.711	8.44	0.902	10.28	0.61	8.28	0.593	8.41
LP_STATION	0.713	9.33	0.718	8.29	0.883	9.19	0.903	11.26	0.682	9.22
LP_STATION_X_PTUSER	0.658	2.39	0.386	1.28	0.583	1.98	0.126	0.61	0.544	1.97
RU_PRICE	-1.88	-1.47	-7.15	-4.62	3.45	2.42	-2.22	-1.69	-4.4	-3.01
Adjusted rho-square:	0.86		0.895		0.902		0.864		0.854	

Eigentum

Die Modelle zum Wohneigentum zeigen, analog zum Mietmodell, die erwarteten Einflüsse für die neu zugefügten Attribute. Die zusätzliche Unterscheidung des Nutzens eines Autobahnanschlusses für PW-Nutzer trägt in diesem Modell zwar das erwartete (positive) Vorzeichen, jedoch mit einer geringen Signifikanz. Es wird daher in der Modellerweiterung nicht integriert, auch um die Vergleichbarkeit mit dem Mietmodell zu erhalten.

Die Erreichbarkeit MIV behält für PW-Nutzer den negativen Einfluss der bereits im Basismodell zu beobachten war. Das Signifikanzniveau wird, wie bereits im sozioökonomischen Modell beobachtet, durch die zugefügten Variablen gar erhöht. Dagegen verliert die Erreichbarkeit per OeV stark an Signifikanz und wechselt, aufgrund von Korrelationen mit anderen Attributen, in einigen Teilmodellen das Vorzeichen. Da die Erreichbarkeitsmasse in der Simulation von FaLC jedoch eine tragende Rolle spielen, werden beide Masse weiter in den Modellerweiterungen genutzt und der Einfluss im Modell beobachtet. Die Güteklasse zeigt sich auch hier mit signifikant negativem Einfluss, wenn nicht erschlossene Gebiete modelliert werden.

Die Basis für die Modellerweiterungen ist damit bei Eigentümern, wie auch bei Mietern die gleiche - es wird einzig die getrennte Modellierung des Autobahnanschlusses für PW-Nutzer aus dem Modell ausgeschlossen. Das finale Modell findet sich in Modell 9.

Mod 9: Modell zur Abbildung der Point of Interest im Eigentumssegment

Name	all		family		old		single		young	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-2.04	-48.61	-2.2	-42.24	-3.18	-43.71	-1.76	-53.76	-2.1	-51.74
HH_LOG_DIST_WORK	-1.95	-40.63	-2.23	-35.32	-1.39	-30.66	-1.71	-51.17	-1.98	-48.13
LA_MIVACC_CAR	-0.388	-7.41	-0.405	-5.95	-0.393	-5.47	-0.331	-7.3	-0.363	-7.31
LA_PTACC_NOCAR	-0.131	-2.08	0.014	0.19	-0.0987	-1.16	-0.0284	-0.47	-0.0807	-1.33
LP_GUETE	-0.231	-6.95	-0.283	-6.59	-0.255	-5.78	-0.228	-6.6	-0.274	-8.1
LP_HIGHWAY	0.181	2.5	0.41	4.62	0.505	6.07	0.497	7.5	0.388	5.45
LP_STATION	0.42	5.98	0.405	4.71	0.624	7.24	0.49	7.44	0.55	7.9
LP_STATION_X_PTUSER	0.768	1.61	0.512	0.92	0.653	1.51	0.636	1.6	0.269	0.82
RU_PRICE	-1.12	-4.09	-2.27	-6.84	0.163	0.52	-0.335	-1.29	-1.52	-5.24
Adjusted rho-square:										
	0.855		0.901		0.895		0.826		0.848	

2.9.5 Morphologische Struktur

Die Alternativensets beinhalten eine hohe Anzahl an morphologischen Charakteristiken. Neben den relevanten Attributen aus der Literaturrecherche werden auch Mikrolageeigenschaften abgebildet, welche von FPRE prozessiert wurden. Einzelne Lageeigenschaften werden in Teilratings mit einer Klassierung von 1 bis 5 versehen und zu einer Mikrolage zusammengefasst (siehe Immobilien Almanach 2016, Fahrländer Partner AG): LB_MIKROLAGE bildet diesen Index Beurteilung der gesamten Mikrolage für Wohneigentum, LB_IMAGE_RATING ein Teilrating, das das Prestige der Wohneigentumlage beurteilt, LB_LEISURE_RATING das Freizeitangebot, LB_NOISE_RATING die Lärmbelastung über verschiedene Verkehrsträger hinweg, LB_SUNSHINE_RATING die Besonnungsintensität über das Jahr und LB_VIEW_RATING die zu erwartende Aussicht.

Die Alternativensets bilden die Aggregationsstufe von Zonen ab. Einige Attribute sind jedoch nur im Kontext der unmittelbaren Umgebung der Wohneinheit von Bedeutung. So hängt die Besonnung einer Wohnung, neben der Umgebung, auch stark von der Wohneinheit ab und lässt sich nur bedingt für eine Zone abbilden. Neben der Besonnung ist davon auszugehen, dass auch der Lärm ein lokales Phänomen darstellt und sich mitunter stark zwischen benachbarten Standorten unterscheiden kann - Topographie und Gebäudemasse können z.B. einen grossen Einfluss auf bodennahe Lärmquellen haben. Die Lärmdatenbank des Bundesamtes für Umwelt (SonBase) modelliert den Strassen- und Eisenbahnlärm daher auf einer sehr hohen Auflösung von 10mx10m. Weniger ausgeprägt dürften lokale Einflüsse auf den Fluglärm sein, welcher sich damit auf dem Niveau von Verkehrszonen besser abbilden lässt. Es sei jedoch auch darauf hingewiesen, dass alle Lärmdaten das Jahr 2015 abbilden. Dies kann bei der Flughafenregion Zürich einen Einfluss haben, da sich inzwischen die Flugrouten geändert haben, Datensätze zu älteren Zeitpunkten sind jedoch nicht verfügbar.

Aus dem Verkehrsmodell hat das ARE zusätzlich die Reisezeiten zu den 5 wirtschaftlichen Zentren der Schweiz und zu den Kernstädten der Agglomerationen zur Verfügung gestellt - jeweils nach MIV und OeV unterschieden (LB_SWISSCENT_MIV, LB_SWISSCENT_PT, LB_AGGLOCENT_MIV, LB_AGGLOCENT_PT). Da die Reisezeit (T) zum nächsten Zentrum per MIV und OeV miteinander korreliert, ist letztere als Exponentialfunktion im Modell abgebildet: $x = \exp(T_{MIV}/T_{OeV})$, mit $T_{MIV} < T_{OeV}$.

Miete

Auch die Integration der morphologischen Standortbeschreibung sorgt für eine Modellverbesserung, Jedoch zeigt sich, dass nicht alle Mikrolageeigenschaften auf Zonen aggregiert werden können.

Entsprechend der Erwartungen haben Haushalte eine Präferenz für Wohngebiete mit einem hohen Anteil von Wohngebäuden welche vor 1945 (Altbau) oder nach 1980 (Neubauten) gebaut wurden, wobei eine hohe Homogenität als negativ beurteilt wird. In Bezug auf die Homogenität muss darauf hingewiesen werden, dass diese in Zonen mit einer niedrigen Anzahl an Wohngebäuden häufig höher ist, was insbesondere ländliche Räume betrifft.

Die Nähe zur Natur, zum See und die Seesicht werden erwartungsgemäss positiv bewertet (LB_NATUR_DIS, LB_LAKEVIEW, LB_LAKEACCESS), während die gleichzeitige Einbindung der Besonnungsintensität und des allgemeiner formulierten Besonnungs-Teilrating keinen Vorteil für das Modell hat: es wird nur für wenige Gruppen ein hohes Signifikanzniveau erreicht - teilweise gar mit negativem Vorzeichen. Die Weiterentwicklung zeigt, dass auch die Einbindung eines einzelnen Attributs zur Besonnung keine grosse Verbesserung der Modellqualität bringt und diese eine wohnungsspezifische Eigenschaft darstellt.

Die Modellergebnisse suggerieren eine Präferenz für Bahnlärm (!) für alle sozialen Gruppen ausser Senioren. Dies legt nahe, dass der auf Zonen aggregierte Bahnlärm in den Modellen als Proxy für die Nähe zu Bahnhöfen wirkt, also ein Erreichbarkeitsmass darstellt. Der Strassenlärm entspricht der vorgängigen Beobachtung aus dem Literaturteil: im Allgemeinen reagieren Haushalte negativ darauf, nur Singles akzeptieren diesen zugunsten von urbanen Standorten. Jedoch überrascht das niedrige Signifikanzniveau, welches ebenfalls auf ein Aggregationsproblem hinweisen könnte. Wie zu erwarten hat auch der Fluglärm einen negativen Einfluss auf den Wohnstandort, einzig junge Personen reagieren nicht negativ darauf. Das Teilrating zum Lärm bewährt sich in dem Modell jedoch nicht – es wird in der Modellentwicklung nicht weiter berücksichtigt.

Auch die weiteren Teilratings zeigen nur bedingt einen Mehrwert für das Wohnstandortwahlmodell, da sie zwar partiell von hoher Signifikanz sind, jedoch häufig von unerwartetem Einfluss. In der weiteren Modellentwicklung werden diese aufgrund der fehlenden Erklärungskraft nicht mehr berücksichtigt (LB_IMAGE_RATING, LB_LEISURE_RATING, LB_SUNSHINE_RATING, LB_NOISE_RATING, LB_VIEW_RATING). Die Gesamtbeurteilung der Mikrolage entspricht dagegen den vorgängigen Annahmen – alle sozialen Gruppen ausser den Senioren reagieren positiv auf eine gute Mikrolage. Da eine hohe Mikrolagekategorie schlechter ist als eine niedrige, ist der negative Einfluss der Variable eine positive Beurteilung der Mikrolage.

Durch das Hinzufügen von neuen Erreichbarkeitsmassen verliert die Erreichbarkeit per MIV (LA_MIVACC_CAR) bei den meisten Teilmodellen an Signifikanz, bleibt jedoch positiv und verbessert weiterhin die Modellgüte. Die Reisezeit per PW zum nächsten Zentrum (LB_SWISSCENT_MIV) beinhaltet keine Unterscheidung von PW-Nutzern und OeV-Nutzern, fliesst jedoch wider Erwarten positiv in die Nutzengleichung ein. Aufgrund des hohen Signifikanzniveaus und der signifikanten Verbesserung der Modellgüte aller Teilmodelle, wird diese Variable in der Modellentwicklung trotzdem weitergenutzt und deren Einfluss beobachtet. Die Distanz zum nächsten Zentrum per OeV (LB_SWISSCENT_PT) zeigt sich dagegen mit dem erwarteten negativen Einfluss und ebenfalls hochsignifikant. Auch die Reisezeit zum Zentrum der Agglomeration wird allgemein als negativ empfunden – nur Singles werten diese positiv. Neben diesen Erreichbarkeitsmassen zeigt sich mit

LB_RAUMTYP01 eine hohe Präferenz für Zentrumszonen, welche von allen sozialen Gruppen geteilt wird. Die Gesamtheit dieser Variablen spiegelt ein Phänomen wider, welches bereits in der deskriptiven Beschreibung zum Ausdruck kam. Haushalte bleiben lokal verortet, ziehen jedoch in weniger erreichbare Gebiete (Stadtflucht) mit einer Präferenz für gute OeV-Lagen. Die Lageeigenschaften lassen sich weniger gut von Preiseffekten trennen, weshalb für den Mietpreis weiterhin ein Endogenitätsproblem vorliegt.

Mod 10: Modell zur Abbildung der Morphologie im Mietsegment

Name	all		family		old		single		young	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-1.9	-45.77	-2.09	-41.93	-2.3	-42.5	-1.8	-45.88	-1.91	-47.45
HH_LOG_DIST_WORK	-2.05	-48.03	-2.29	-42.77	-1.65	-36.58	-2.01	-48.21	-2.17	-49.99
LA_MIVACC_CAR	0.0721	1.11	0.0098	0.13	0.147	1.84	0.0809	1.22	0.199	3.08
LA_PTACC_NOCAR	0.295	5.28	0.35	5.11	0.351	4.98	0.457	8	0.476	8.51
LB_AGGLOCENT_MIV	-0.0065	-0.85	-0.0085	-1.02	-0.0309	-3.55	-0.0063	-0.83	-0.0135	-1.86
LB_AGGLOCENT_PT	-0.0015	-1.3	-0.0041	-2.74	-0.0018	-2.07	0.0001	4.47	-3E-05	-0.15
LB_BUILT_1945	0.403	0.97	0.648	1.4	2.5	4.81	1.17	2.8	1.43	3.57
LB_BUILT_1980-	1.04	1.24	2.81	3	7.33	7.23	4.04	4.77	3.71	4.68
LB_HOMOGENEITY	-1.75	-4.05	-3.07	-6.34	-3.54	-6.46	-2.29	-5.18	-2.51	-6.08
LB_LAKEACCESS	0.566	7.47	0.586	6.81	0.649	6.93	0.492	6.54	0.482	6.79
LB_LAKEVIEW	9E-05	5.82	4E-05	1.85	3E-05	1.47	8E-05	4.78	8E-05	5.43
LB_MIKROLAGE	-0.211	-1.22	-0.54	-2.73	0.428	2.07	-0.0229	-0.13	-0.0305	-0.18
LB_NATUR_DIS	0	-1.79	0	-1.78	-0.0014	-5.66	-0.0009	-4.78	0.0001	0.53
LB_NOISE_FLIGHT	-0.0032	-1.07	-0.0074	-2.16	-0.0034	-0.83	-0.0062	-2	0.002	0.72
LB_NOISE_RAIL	0.0162	4.63	0.011	2.77	0.0021	0.46	0.0085	2.43	0.0106	3.2
LB_NOISE_ROAD	-0.0033	-0.55	-0.0136	-1.93	0	-0.05	0.008	1.26	-0.0032	-0.53
LB_RAUMTYP01	0.47	3.91	0.814	6.21	1.53	11.59	0.861	7.36	0.439	3.82
LB_SUNSHINE	0.0029	0.22	0.0152	0.97	-0.0098	-0.61	-0.0105	-0.74	0.0214	1.55
LB_SWISSCENT_MIV	0.0113	3.35	0.011	2.79	0.0247	7.51	0.0085	2.44	0.0148	4.39
LB_SWISSCENT_PT	-0.0243	-3.49	-0.0165	-2.2	-0.0152	-1.77	-0.0434	-5.74	-0.0247	-4.01
RU_PRICE	-0.634	-0.45	-3.29	-1.93	4.64	2.95	-1.64	-1.08	-2.87	-1.74
Adjusted rho-square:	0.859		0.894		0.907		0.865		0.853	

Eigentum

Auch im Eigentumsmodell bleibt der Einfluss der Variablen des Basismodells weitestgehend unverändert - einzig das Teilmodell für Singles zeigt nun ein positives Vorzeichen für die Erreichbarkeit per MIV (LA_MIVACC_CAR). Wie im Mietmodell sinkt das Signifikanzniveau der Erreichbarkeit und weist auf Korrelationen zwischen den verschiedenen Erreichbarkeitsmassen hin. Die Reisezeit per PW und OeV zur nächsten Kernstadt (LB_SWISSCENT_MIV, LB_SWISSCENT_PT) hat den gleichen Einfluss wie im Mietmodell. Die Reisezeit per MIV und OeV zum Zentrum der Agglomeration hat für Eigentümer jedoch eine niedrigere Bedeutung als für Mieter und wird teilweise gar positiv bewertet. Obwohl diese ein niedriges Signifikanzniveau haben werden sie zur Vergleichbarkeit mit den Mietmodellen in der Modellentwicklung weitergeführt.

Auch Eigentümer zeigen eine klare Präferenz für inhomogene Bauzeiten, Nähe zur Natur, einem See und Seesicht (LB_HOMOGENEITY, LB_NATUR_DIS, LB_LAKEVIEW, LB_LAKEACCESS). Gebiete mit einem hohen Anteil an Gebäuden vor 1945 werden jedoch gemieden – dies gar auf einem hohen Konfidenzniveau (LB_BUILT_-1945). Neubaugebiete werden von Senioren und Singles besonders geschätzt, von jungen Haushalten nur mit einem niedrigen Vertrauensniveau (LB_BUILT_1980-). Auch drückt sich die unterschiedliche Angebotsstruktur von Miete und Eigentum aus, da Neubauten in innerstädtischer Lage seltener vorzufinden sind und vor allem Stockwerkeigentum darstellen. Stockwerkeigentum ist jedoch für Familien weniger interessant.

Wie beim Mietmodell zeigt sich, dass Wohnzonen im Fluglärm einheitlich von allen sozialen Gruppen gemieden werden und Bahnlärm als Proxy für Bahnhofsnähe positiv in die Nutzenfunktion einfließt. Auf Strassenlärm wird dagegen signifikanter reagiert als bei Mietobjekten – dies lässt sich unter Umständen auch auf die langfristige Bindung eines Haushaltes und den angestrebten hohen Wiederverkaufswert eines Gebäudes zurückführen.

Die Teilratings sind auch in für das Modellieren der Wohnstandortwahl von Eigentümern nicht von Vorteil und werden in der Weiterentwicklung aus dem Modell entfernt. Abschliessend bleibt festzustellen, dass auch beim Eigentum ein Dummy für die Zentrumszonen (LB_RAUMTYP_01) von allen sozialen Gruppen als positiv bewertet wird - erneut mit einem hohen Vertrauensniveau.

Mod 11: Modell zur Abbildung der Morphologie im Eigentumssegment

Name	all		family		old		single		young	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-2.09	-47.48	-2.22	-40.5	-3.17	-43.37	-1.8	-52.38	-2.13	-50.62
HH_LOG_DIST_WORK	-2.08	-39.49	-2.33	-33.59	-1.56	-31.06	-1.76	-48.56	-2.05	-46.48
LA_MIVACC_CAR	-0.0388	-0.63	-0.157	-1.96	-0.0087	-0.11	0.0543	1	-0.0729	-1.22
LA_PTACC_NOCAR	0.197	3.28	0.235	3.24	0.207	2.69	0.305	5.55	0.187	3.22
LB_AGGLOCENT_MIV	0.0154	2.3	-0.0034	-0.39	-0.0064	-0.94	0.0059	1	0.0101	1.55
LB_AGGLOCENT_PT	-8E-06	-0.06	0.0001	1.58	-0.0007	-1.02	0	-0.51	-0.0016	-1.91
LB_BUILT_-1945	-1.09	-2.73	-2.36	-4.76	0.662	1.41	-1	-2.72	-1.27	-3.17
LB_BUILT_1980-	-0.321	-0.41	-0.702	-0.7	5.37	5.87	2.44	3.34	1.06	1.37
LB_HOMOGENEITY	-2.21	-5.26	-1.48	-2.95	-2.42	-4.91	-1.17	-2.95	-2.37	-5.67
LB_LAKEACCESS	0.528	7.33	0.513	5.89	0.597	6.5	0.67	9.51	0.517	7.31
LB_LAKEVIEW	4E-05	2.46	2E-05	1.19	5E-05	2.36	7E-05	4.43	8E-05	5.19
LB_MIKROLAGE	-0.156	-0.91	-0.649	-2.88	-0.201	-0.98	-0.0316	-0.2	-0.688	-4.04
LB_NATUR_DIS	-0.0007	-3.16	-0.0009	-2.62	-0.0009	-3.64	-0.0008	-3.67	-8E-05	-0.39
LB_NOISE_FLIGHT	-0.0118	-3.38	-0.0272	-5.65	-0.0155	-3.13	-0.0123	-4.01	-0.0204	-5.57
LB_NOISE_RAIL	0.007	1.93	0.0034	0.76	0.0017	0.37	0.0132	4.08	-1E-04	-0.03
LB_NOISE_ROAD	-0.0132	-2.3	-0.0044	-0.59	-0.0135	-2.21	-0.0191	-3.63	-0.0051	-0.93
LB_RAUMTYP01	0.328	2.48	0.65	4.57	0.907	6.73	0.706	6.41	0.491	4.03
LB_SUNSHINE	0.0092	0.71	0.0195	1.17	-0.0111	-0.79	0	-0.03	0.0136	1.1
LB_SWISSCENT_MIV	0.0276	9.16	0.0246	6.04	0.0338	12.84	0.0241	9.78	0.0179	6.31
LB_SWISSCENT_PT	0	-0.02	-0.0166	-2.12	-0.0189	-2.29	-7E-05	-0.01	-0.0137	-2.53
RU_PRICE	-0.563	-1.79	-1.6	-4.03	1.53	4.3	0.338	1.16	-0.866	-2.66

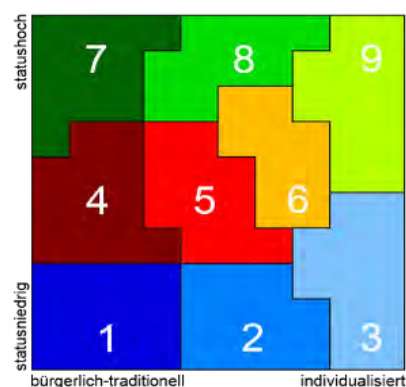
Adjusted rho-square: 0.86 0.905 0.902 0.832 0.853

2.10 Entscheidungsmodelle II

Die Modellerweiterungen wurden mit den Alternativensets zu disjunkten soziodemographischen Gruppen (siehe Kapitel Error: Reference source not found) durchgeführt und evaluiert. Neben diesen werden die Wohnstandortmodelle aber auch auf den Nachfragesegmenten (NaSe) von FPRE und SOTOMO abgebildet, welche die Dimension Status und Lebensstil abbilden (Abb.11).

Abb 11: Nachfragesegmente im Wohnungsmarkt

- 1: Ländlich-Traditionelle (9.1%)
- 2: Moderne Arbeiter (13.7%)
- 3: Improvisierte Alternative (11.2%)
- 4: Klassischer Mittelstand (14.4%)
- 5: Aufgeschlossene Mitte (17.2%)
- 6: Etablierte Alternative (8.9%)
- 7: Bürgerliche Oberschicht (8.3%)
- 8: Bildungsorientierte Oberschicht (9.3%)
- 9: Urbane Avantgarde (7.9%)



Es wurden 7 Modellanpassungen vorgenommen, welche sich hinsichtlich der Art und Anzahl der eingebundenen Attribute unterscheiden. Jede dieser Entwicklungsschritte wurde auf den 18 Teilmodellen angewendet und bezüglich der Einflüsse und Stabilität der Attribute ausgewertet. Zur Vereinfachung werden im Folgenden die Hauptschlüsse beschrieben und nur die finalen Modelle als Tabelle gezeigt. Zur vereinfachten Übersicht wird diese Tabelle in Symbolform wiedergegeben: Die Art der Symbole gibt den Einfluss wieder (+/-) die Anzahl an Symbolen das Signifikanzniveau (3 Symbole 5%; 2 Symbole 15%; 1 Symbol unter 15%).

Zur Kontrolle wurde auch auf diesen Alternativensets das Basismodell geschätzt (Mod.12, Mod.13). Dieses Mietmodell weist hinsichtlich Vorzeichen und Signifikanz der Distanz zum Arbeitsplatz und zum vorherigen Wohnort, sowie der Erreichbarkeit per OeV eine hohe Konsistenz mit den Ergebnissen in Kapitel Error: Reference source not found auf. Die Erreichbarkeit per MIV verliert dagegen etwas an Signifikanz. Der vormals positive Einfluss des Preises bei Senioren ist auch hier festzustellen - Haushalte mittleren Alters und hohen Alters weisen demnach ein Endogenitätsproblem auf. Die Modellgüte ist auch hier ausgesprochen hoch.

Mod 12: Basismodell für Miete auf disjunkten soziodemografischen Gruppen

Name		Comm.	Fam.	You.C	You.S	Mid C.	Mid S.	Old C.	Old S.	S.Par.
HH_LOG_DIST_PREVLOC		---	---	---	---	---	---	---	---	---
HH_LOG_DIST_WORK		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LA_MIVACC_CAR		+++	+++	+++	+++	+	+++	+	-	+++
LA_PTACC_NOCAR		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
RU_PRICE		+++	---	---	-	+++	+++	+++	+++	-
Adjusted rho-square:		0.887	0.888	0.852	0.851	0.837	0.863	0.867	0.817	0.894

Im Gegensatz zu den Teilmodellen auf sozialen Gruppen weisen die Mietmodelle der Nachfragesegmente (Mod. 13) bei allen Attributen ein hohes Signifikanzniveau auf (Ausnahme ist der Mietpreis bei Nachfragesegment 3). Es fällt auf, dass nur die Oberschichtigen Haushalte (NaSe 7,8,9) einen positiven Einfluss vom Preis in der Nutzenfunktionen haben. Diese Beobachtung wirkt weniger widersprüchlich, als bei den soziodemographischen Gruppen: das Einkommen bei Oberschichtigen Haushalten lässt sich schlechter abbilden, da Vermögenswerte nicht integriert sind. Mit Ausnahmen von NaSe 7, liegt die Modellgüte damit auch auf dem Niveau der Vergleichsmodelle mit sozialen Gruppen, bzw. darüber. Die Modelle auf Basis der NaSe haben jedoch eine höhere Qualität und Erklärungskraft.

Mod 13: Basismodell für Miete auf disjunkten Nachfragesegmenten

Name		NaSe 1	NaSe 2	NaSe 3	NaS 4	NaSe 5	NaSe 6	NaSe 7	NaSe 8	NaSe 9
HH_LOG_DIST_PREVLOC		---	---	---	---	---	---	---	---	---
HH_LOG_DIST_WORK		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LA_MIVACC_CAR		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LA_PTACC_NOCAR		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
RU_PRICE		---	---	+	---	---	--	+++	+++	+++
Adjusted rho-square:		0.907	0.907	0.882	0.873	0.864	0.84	0.793	0.827	0.855

Auch die Eigentumsmodelle zeigen hinsichtlich der Distanz zum vorherigen Wohnort und der Distanz zum Arbeitsplatz konsistente Ergebnisse zu Kapitel Error: Reference source not found. Die Erreichbarkeit per PW ist jedoch im Vergleich zu diesen nicht mehr durchgängig von signifikant negativem Einfluss und zeigt für Singles sogar den erwarteten positiven Einfluss (junger Single). Der Preis zeigt sich auch hier für Senioren positiv und ist in einigen Teilmodellen von niedriger Signifikanz (Endogenitätsproblem). Die Modellgüte bleibt unverändert hoch.

Mod 14: Basismodell für Eigentümer auf disjunkten soziodemografischen Gruppen

Name		Comm.	Fam.	You.C	You.S	Mid C.	Mid S.	Old C.	Old S.	S.Par.
HH_LOG_DIST_PREVLOC		---	---	---	---	---	---	---	---	---
HH_LOG_DIST_WORK		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LA_MIVACC_CAR		-	--	--	++	---	---	+	-	--
LA_PTACC_NOCAR		+++	+++	+++	+++	+	+++	+++	-	+++
RU_PRICE		---	---	---	-	---	-	+++	+++	---
Adjusted rho-square:		0.884	0.898	0.846	0.83	0.838	0.797	0.804	0.775	0.871

Auf den Nachfragesegmenten abgebildet zeigen auch die Eigentumsmodelle eine höhere Modellgüte als bei den sozialen Gruppen (Mod. 15) - zusätzlich lassen sich die Beobachtungen auch hier besser erklären: Die Erreichbarkeit per OeV (LA_PTACC_CAR) ist für traditionell eingestellte Haushalte (Nase 1,4,7) nicht signifikant und für moderne Haushalte (Nase 3,6,9) hochsignifikant - nur NaSe 6 fällt aus diesem Schema. Auch bei den Eigentumsmodellen reagiert die Oberschicht (NaSe 7,8,9) weniger sensibel oder gar positiv auf den Preis in einer Zone.

In der weiteren Modellbearbeitung werden die Variablen aus den einzelnen räumlichen Wahrnehmungsdimensionen kombiniert und um Korrelationseffekte bereinigt.

Mod 15: Basismodell für Eigentümer auf disjunkten Nachfragesegmenten

Name		NaSe 1	NaSe 2	NaSe 3	NaS 4	NaSe 5	NaSe 6	NaSe 7	NaSe 8	NaSe 9
HH_LOG_DIST_PREVLOC		---	---	---	---	---	---	---	---	---
HH_LOG_DIST_WORK		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LA_MIVACC_CAR		---	---	---	---	-	-	--	---	+
LA_PTACC_NOCAR		+	+++	+++	+	+++	+	+	+++	+++
RU_PRICE		---	---	---	---	---	---	+++	+	---
Adjusted rho-square:		0.898	0.899	0.865	0.864	0.876	0.85	0.814	0.832	0.84

2.10.1 Mietmodelle Lebensphase

Durch Hinzufügen der räumlichen Attribute ändert sich der Einfluss der Erreichbarkeit per MIV und hat nun auch in diesen Modellen einen negativen Einfluss - über alle Gruppen hinweg und bei hoher Signifikanz. Haushalte mit einem PW profitieren demnach auch in den ländlichen Gebieten von einer hohen Erreichbarkeit und sind von der räumlichen Lage unabhängiger bzw. sie gewichten andere Aspekte des Standortes stärker (Selbstselektion). Da die Erreichbarkeit in einem engen Zusammenhang zum Preisniveau steht, erlaubt dies dem Haushalt andere Standortfaktoren und Wohnungseigenschaften in Bezug auf den Preis zu optimieren. Die Verfügbarkeit des PW ermöglicht somit eine grössere Auswahl an Standorten und eine Unabhängigkeit des OeV.

Neben dieser Variable zeigt überraschenderweise auch die Reisezeit zum nächsten Zentrum per PW (LB_SWISSCENT_MIV) einen positiven Einfluss, obwohl diese im Modell nicht auf PW-Nutzer eingeschränkt ist: es gibt also laut Modell einen allgemeinen Trend von den Zentren wegzuziehen, jedoch in Gebiete mit einer guten OeV-Erschliessung (LB_SWISSCENT_PT is negativ).

Auch die Reisezeit per PW zum Zentrum der Agglomeration weist in vielen Teilmodellen ein positives Vorzeichen auf. Alte Paare weisen zusätzlich einen positiven Einfluss von hoher Reisezeit per OeV auf. Da beiden Variablen meist keine signifikanten Ergebnisse liefern und zusätzlich nicht den Erwartungen entsprechen, werden sie in der Modellfortschreibung nicht weiter genutzt.

Daneben zeigen sich LB_GUETE, LB_STATION, LB_HIGHWAY und LB_RAUMTYP01 sehr konsistent und von positivem Einfluss in den Modellen. Dies suggeriert, dass nicht ländliche, abgelegene Gemeinden bevorzugt werden, sondern gut erschlossene Wohngebiete. Die Altersstruktur einer Zone hat dagegen wenig Einfluss (LS_HH_TYPE) – es findet also keine altersbedingte Segregation statt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Gebäudetyp (Einfamilienhaus versus Mehrfamilienhaus) von grösserer Relevanz wäre. Dieser kann jedoch auf dem Niveau einer Zone nicht abgebildet werden.

Die Erreichbarkeit per OeV verliert an Signifikanz und ist vor allem für Singles in jungen und mittleren Jahren von Bedeutung. Dies sind auch die Gruppen die zu Wohngebieten mit einem hohen Anteil an Altbauten (Baujahr vor 1945) tendieren – was den Wirtschaftsräumen den Zentren entspricht. Der Anteil an alten Gebäuden in einer Zone gibt jedoch im Allgemeinen keinen grossen Mehrwert für die Modelle und wird in den späteren Modellen nicht weiter genutzt. Anders verhält es sich bei Neubauten: Familien, alte und junge Paare reagieren als einzige nicht signifikant auf Neubaugebiete.

Die Homogenität von Baugebieten wird dagegen in den meisten sozialen Gruppen auf signifikantem Niveau abgelehnt.

Der Bezug zur Natur und der Aussicht entspricht den vorgängigen Beobachtungen (morphologische Struktur): Nähe zur Natur, zum Gewässer und Seesicht werden von den meisten sozialen Gruppen mit hohem Konfidenzniveau positiv bewertet - einzig Singles mittleren Alters fallen aus diesem Schema. Die Nutzung dieser Attribute erscheint somit vorteilhaft für die Wohnstandortwahlmodelle, obwohl sie in FaLC nicht fortgeschrieben werden können. Die Variablen zu Lärm zeigen dagegen ein differenziertes Bild. Nur der Fluglärm wird konsistent abgelehnt, Bahnlärm wird sogar meist positiv beurteilt - wenn auch durchgängig auf niedrigem Vertrauensniveau. Dies unterstreicht die bereits geäußerte Vermutung, dass es sich hier um ein Erreichbarkeitsmass handelt, in etwa „Nähe zum Bahnhof“. Der Strassenlärm (LB_NOISE_ROAD) zeigte sich bereits vorher auf niedrigem Signifikanzniveau. Er wird auch in dieser hier nicht durchgängig negativ bewertet - und verändert in den einzelnen Modellanpassungen das Vorzeichen. Er hat somit keinen konsistenten Einfluss auf die Modelle und es wird davon abgeraten diese beiden Attribute in den Modellen auf Zonenniveau zu benutzen.

Wie bereits bei den vorigen Modellen zu erkennen, messen einige Attribute ähnliche Phänomene, insbesondere die Dimension der Urbanität. Neben den Erreichbarkeitsmassen sind dies Attribute wie die Dichte an Einwohnern (LB_PERS_DENS), Dienstleistungsunternehmen (LB_SERV_DENS), Ausländern (LS_FOREIGNERS), Retailern (LS_RETAIL-CO_DENS) und das Verhältnis von Arbeitsplätzen zu Einwohnern (LS_WP_PERS_RATIO). Auch wenn die Korrelation der einzelnen Attribute nicht sehr hoch ist, würde eine Faktorenanalyse oder Hauptkomponentenanalyse es ermöglichen voneinander unabhängige Attribute zu erzeugen und als Variablen im Modell zu benutzen. Jedoch lassen sich diese Faktoren nicht in die Simulation integrieren. Daher wurde in den Modellerweiterungen verschiedene Formulierungen getestet, um ein Minimum an beschreibenden Attributen mit maximalem Effekt einzubinden, welche sich über die verschiedenen Modelle möglichst konsistent verhält. Das Verhältnis von Arbeitsplätzen und Einwohnern in einer Zone ist ein solches Mass (LS_WP-PERS_RATIO) zeigt jedoch wenig Aussagekraft. Es wurde als unkorreliertes Mass für Arbeitsplatzdichte integriert, zeigt aber schlecht interpretierbare räumliche Verteilungen und kann auch in den Modellen keinen Mehrwert erzeugen. Auch die Dichte an Gastronomieeinrichtungen (LS_GASTRO_DENS) zeigt nicht für alle Gruppen den erwarteten Einfluss. Demnach reagieren nur Senioren, die als Singles leben, positiv auf Gastronomische Einrichtungen in der Nähe Ihrer Wohnung - alle anderen Haushalte meiden diese oder reagieren nicht signifikant (Haushalte mittleren Alters). Eine alternative Formulierung umfasst neben den Gastronomiebetrieben auch andere Freizeiteinrichtungen. Diese Variable (LS_LEISURE_DENS) hat ein deutlich höheres Konfidenzniveau und wird von allen sozialen Gruppen gemieden. Die Dichte an Haushalten (LP_PERS_DENS) wird dagegen konsistent von allen Haushalten positiv bewertet. Die Dichte an Dienstleistungsunternehmen (LS_SERV_DENS) zeigt sich korreliert mit der Erreichbarkeit per OeV - wenn diese nicht im Modell integriert ist, hat LS_SERV_DENS einen signifikanten, positiven Einfluss, sonst variiert der Einfluss und zeigt den erwarteten Unterschied zwischen den sozialen Gruppen - junge Singles bevorzugen diese, in mittleren Jahren gibt es keinen signifikanten Einfluss und Paare, Familien und Senioren meiden diese. Die Dichte an Retailern (LS_RETAIL_CO_DENS) ist wird dagegen von allen positiv bewertet - eine alternative Formulierung über die durchschnittliche Distanz zum

nächsten Retailer in einer Zone, reduziert zwar die Korrelation zu LS_SERV_DENS, brachte keine besseren Ergebnisse.

Neben den Erreichbarkeiten wurde alternativ ein Modell geschätzt welches die Raumtypendefinition des BFS nutzt. Dieses Modell bindet die Raumtypen über Dummyvariablen ein und stellt damit eine diskrete Differenzierung der Raumstruktur dar. Die Ergebnisse zeigen eine identische Modellgüte, jedoch eine grössere Varianz zwischen den sozialen Gruppen.

Das finale Modell findet sich in Modell 16 und Modell 17.

2.10.2 Mietmodelle Nachfragesegmente

Als Alternative zu den disjunkten sozialen Gruppen, wurden alle Modellerweiterungen auch auf den Nachfragesegmenten von FPRE und SOTOMO modelliert. Diese Modelle weisen auch hier eine vergleichbare Modellgüte zu den lebensphasenbasierten Modellen auf – die meisten Teilmodelle haben eine höhere Modellgüte, nur die Bürgerliche Oberschicht (NaSe 7) eine niedrigere. Es wird erwartet, dass die Unterscheidung nach Nachfragesegmenten die Selbstselektion der Lebensstile und damit verbundene Unterschiede in der Standortwahl besser abbilden kann. Vereinfacht gesagt sollten bürgerlich-traditionelle Haushalte demnach Eigenheime in ländlichen Gebiete bevorzugen, während individualisierte Haushalte Stockwerkeigentum in zentralen Lagen schätzen. Zusätzlich ist von unterschiedlichen Standortpräferenzen in der Dimension des Status auszugehen.

Die integrierten Attribute zeigen bezüglich Einfluss und Signifikanz in den einzelnen Modellerweiterungen sehr ähnliche Beobachtungen wie bei den Lebensphasen auf, die die getroffenen Entscheidungen bezüglich der Attributauswahl bestätigen. Die Erreichbarkeit per PW wird von allen negativ bewertet, diejenige per OeV wird von traditionellen Haushalten weniger geschätzt als von modernen. Ein Bahnhof, sowie Autobahnanschluss in der Wohnzone wird von allen positiv bewertet. Auch hier geht die Reisezeit per MIV zur nächsten Kernstadt positiv in die Nutzenfunktion ein und entspricht, entgegen der Reisezeit per OeV, damit nicht den Erwartungen. Die Nähe zur Natur und See werden geschätzt und die Dichte an Personen und Retail wird ebenfalls als positiv empfunden. Leichte Unterschiede zum soziodemografischen Modell zeigen sich in der Dichte an Freizeiteinrichtungen, welche auf signifikantem Niveau von allen Gruppen gemieden wird, und in der Dichte an Dienstleistungsunternehmen – hier haben moderne Haushalte eine weniger signifikante Abneigung, bzw. es findet sich in der Oberschicht gar ein positiver Einfluss.

Eine Unterscheidung der Bauperioden in einem Quartier bringt für Altbauten (Baujahr vor 1945) keinen signifikanten Mehrwert, zeigt jedoch bei individualisierten Haushalten eine Präferenz für „alte Gebiete“, welche von traditionellen Haushalten abgelehnt werden. Dies repräsentiert vermutlich auch die Zentralität eines Standortes, da „alte Gebiete“ Kernstädte oder sehr abgelegene Standorte sind. Dagegen bewerten alle NaSe Neubaugebiete positiv.

Die Variable SAME_HHTYPE definiert in diesem Modell nicht den Anteil an gleichaltrigen Haushalten, sondern den Anteil an Haushalten aus dem gleichen Nachfragesegment. Trotzdem zeigt sich dieses Attribut auch hier nicht von signifikantem positiven Einfluss, sondern für die Oberschicht gar negativ – die These, dass sich Haushalte nach Alter, Lebensstil oder sozialer Schicht gruppieren, ohne dass es sonstige erklärende Attribute gibt, muss daher für die Schweiz verworfen werden.

Auffallend ist jedoch, dass der alternative Ansatz statt der Erreichbarkeiten die BFS-Raumtypen zu nutzen, bei diesen NaSe-Modellen ein deutlich höheres Signifikanzniveau erreicht als bei denen auf Lebensphasen. Gerade in der Unter- und Mittelschicht findet eine gute Abgrenzung von individualisierten und bürgerlich-traditionellen Haushalten statt.

Die Ergebnisse der letzten Modellerweiterung finden sich in Modell 18 und Modell 19.

Mod 16: Wohnstandortwahlmodell für Mieter mit Erreichbarkeiten

Name		Comm.	Fam.	You.C	You.S	Mid C.	Mid S.	Old C.	Old S.	S.Par.
HH_LOG_DIST_PREVLOC		---	---	---	---	---	---	---	---	---
HH_LOG_DIST_WORK		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LA_MIVACC_CAR		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LA_PTACC_NOCAR		+++	++	+++	+++	-	+++	+	+	+
LB_BUILT_1980-		+++	+	-	+++	+++	+++	+	+++	+++
LB_HOMOGENEITY		+++	---	---	-	--	---	--	---	---
LB_LAKEACCESS		+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_LAKEVIEW		+	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_NATUR_DIS		---	-	-	-	---	+	---	---	-
LB_NOISE_FLIGHT		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LB_RAUMTYP01		+++	-	-	++	+++	-	-	+++	+
LB_SWISSCENT_MIV		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	++
LB_SWISSCENT_PT		---	-	---	---	-	-	---	-	-
LP_GUETE		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LP_HIGHWAY		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LP_STATION		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
IGN		+++	+++	+++	+++	+	+++	+++	+	+++
LS_LEISURE_DENS		--	---	---	---	---	---	---	-	---
LS_PERS_DENS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_RETAIL-CO_DENS		--	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SAME_LANGUAGE		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SERV-CO_DENS		+++	---	---	+	-	-	-	---	---
RU_PRICE		---	---	---	---	-	+	-	+	---
Adjusted rho-square:		0.916	0.903	0.87	0.868	0.883	0.879	0.88	0.873	0.908

Mod 17: Wohnstandortwahlmodell für Mieter mit Raumtypen des BFS

Name		Comm.	Fam.	You.C	You.S	Mid C.	Mid S.	Old C.	Old S.	S.Par.
HH_LOG_DIST_PREVLOC		---	---	---	---	---	---	---	---	---
HH_LOG_DIST_WORK		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LB_BUILT_1980-		+	-	-	+	+++	++	+	+++	+
LB_HOMOGENEITY		+++	---	---	+	--	---	-	---	---
LB_LAKEACCESS		+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_LAKEVIEW		+	+	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++
LB_NATUR_DIS		---	-	-	-	---	+	---	---	-
LB_NOISE_FLIGHT		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LB_RAUMTYP01		+++	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_RAUMTYP02		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_RAUMTYP03		+	-	+	+++	+	+++	+++	+++	+++
LB_RAUMTYP04		+++	+	+	+++	-	+++	+++	-	++
LB_RAUMTYP06		++	++	+++	+++	+++	+++	+++	++	+++
LB_SWISSCENT_MIV		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_SWISSCENT_PT		-	-	---	-	-	-	-	-	+
LP_GUETE		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LP_HIGHWAY		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+++	++
LP_STATION		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
IGN		+++	+++	+++	+++	+	+++	+++	+	+++
LS_LEISURE_DENS		--	---	---	---	---	---	---	-	---
LS_PERS_DENS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_RETAIL-CO_DENS		---	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SAME_LANGUAGE		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SERV-CO_DENS		+++	--	--	+	-	-	-	---	--
RU_PRICE		--	---	---	---	-	-	-	+	---
Adjusted rho-square:		0.916	0.903	0.871	0.868	0.883	0.879	0.88	0.873	0.908

Mod 18: Wohnstandortwahlmodell für Mieter mit Erreichbarkeiten (Nachfragesegmente)

Name		NaSe 1	NaSe 2	NaSe 3	NaS 4	NaSe 5	NaSe 6	NaSe 7	NaSe 8	NaSe 9
HH_LOG_DIST_PREVLOC		---	---	---	---	---	---	---	---	---
HH_LOG_DIST_WORK		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LA_MIVACC_CAR		---	---	---	--	---	---	+	-	---
LA_PTACC_NOCAR		++	+	++	-	+	+++	+	+++	+++
LB_BUILT_1980-		++	+++	+++	+++	++	+	++	+++	+
LB_HOMOGENEITY		---	---	-	---	---	---	---	---	--
LB_LAKEACCESS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_LAKEVIEW		--	+++	++	-	++	+++	+++	+++	+++
LB_NATUR_DIS		---	+	+	-	-	-	-	---	-
LB_NOISE_FLIGHT		-	-	---	---	--	---	---	---	---
LB_RAUMTYP01		-	+	+++	---	-	-	---	+	+++
LB_SWISSCENT_MIV		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_SWISSCENT_PT		-	-	---	-	---	---	---	---	---
LP_GUETE		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LP_HIGHWAY		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LP_STATION		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
IGN		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	++
LS_LEISURE_DENS		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LS_PERS_DENS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+	+++
LS_RETAIL-CO_DENS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
LS_SAME_LANGUAGE		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SERV-CO_DENS		---	-	-	---	---	---	-	+	+++
RU_PRICE		---	---	---	---	---	---	+	-	---
Adjusted rho-square:		0.911	0.922	0.901	0.907	0.88	0.859	0.816	0.848	0.874

Mod 19: Wohnstandortwahlmodell für Mieter mit Raumtypen des BFS(Nachfragesegmente)

Name		NaSe 1	NaSe 2	NaSe 3	NaS 4	NaSe 5	NaSe 6	NaSe 7	NaSe 8	NaSe 9
HH_LOG_DIST_PREVLOC		---	---	---	---	---	---	---	---	---
HH_LOG_DIST_WORK		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LB_BUILT_1980-		++	+++	+++	+++	+	-	-	+	-
LB_HOMOGENEITY		---	---	+	---	---	--	---	---	-
LB_LAKEACCESS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_LAKEVIEW		-	+++	+	+	++	+++	+++	+++	+++
LB_NATUR_DIS		---	-	+	-	-	--	-	---	-
LB_NOISE_FLIGHT		-	-	---	---	---	---	---	---	---
LB_RAUMTYP01		-	+++	+++	-	-	+++	-	+++	+++
LB_RAUMTYP02		+	+++	+++	++	+	+++	+++	+++	+++
LB_RAUMTYP03		---	-	+++	-	---	+++	+++	+++	+++
LB_RAUMTYP04		---	+	+++	-	-	+++	+++	+++	+++
LB_RAUMTYP06		+	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_SWISSCENT_MIV		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_SWISSCENT_PT		-	-	---	-	---	---	---	---	---
LP_GUETE		---	---	---	---	--	---	---	--	---
LP_HIGHWAY		+++	+++	++	+++	+++	+	+++	+++	+++
LP_STATION		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_FOREIGNERS_X_FOR.		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	++
LS_LEISURE_DENS		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LS_PERS_DENS		+++	++	+++	+++	+++	+++	-	+	+++
LS_RETAIL-CO_DENS		+++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++	-
LS_SAME_LANGUAGE		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SERV-CO_DENS		---	-	+	---	---	---	-	++	+++
RU_PRICE		---	---	---	---	---	---	-	---	---
Adjusted rho-square:		0.911	0.922	0.901	0.886	0.879	0.86	0.817	0.85	0.876

2.10.3 Eigentumsmodelle Lebensphase

Der Vergleich der Eigentumsmodelle mit den Mietmodellen legt nahe, dass sich das Standortwahlverhalten von Eigentümern und Mietern nicht grundlegend unterscheidet, bzw. dass sich die Phänomene der Modelle durch Aggregation auf Zonen ähneln. Die Modellgüte liegt für alle Teilmodelle etwas unter denen der Mietmodelle, aber trotzdem auf sehr hohem Niveau.

So werden die Erreichbarkeitsmasse wie die Güteklasse (definiert entsprechend , bzw), der Autobahnanschluss und der Bahnanschluss allesamt als positiv gewertet und zeigen ein konsistentes und signifikantes Verhalten über die einzelnen Modellentwicklungen. Auch die Beobachtung zu Personendichte und Retailerdichte, sowie zur Dichte an Freizeiteinrichtungen und Dienstleistungsunternehmen deckt sich mit den vorgängig beschriebenen Mietmodellen – erstere werden gesucht, letztere abgelehnt. Die Variable zur Dichte an Dienstleistungsunternehmen zeigt etwas unterschiedliche Signifikanzniveau auf und wechselt im Teilmodell von jungen Singles und von Wohngemeinschaften das Vorzeichen – dies jedoch nur bei niedriger Signifikanz.

Auch hier behält die Erreichbarkeit per MIV (LA_MIVACC_CAR) ihren negativen Einfluss und verliert die Erreichbarkeit per OeV (LA_PTACC_NOCAR) an Signifikanz – sie hat nun teilweise ebenfalls einen signifikant negativen Einfluss auf die Standortwahl. Die Reisezeit in das Zentrum der Agglomeration hat auch in diesem Modell nur geringen Mehrwert für die Modellgüte und entbehrt aufgrund des positiven Einflusses einer Erklärung.

Der Bezug zur Natur – über die Distanz zur Natur, Nähe zum See und die Seesicht abgebildet hat den erwarteten positiven Einfluss sofern er signifikant ist. Seesicht wird jedoch nur von Haushalten mittleren und gehobenen Alters signifikant positiv gewertet. Fluglärm wird erwartungsgemäss als negativ wahrgenommen, die anderen Lärmeinflüsse haben jedoch auch hier widersprüchliche Einflüsse und sollten nicht in einem Modell auf Zonenniveau integriert werden.

Insgesamt fällt auf, dass Eigentümer im Vergleich zu Mietern ein höheres Signifikanzniveau bezüglich der Preisvariable aufweisen, jedoch weniger signifikant auf Standortattribute reagieren. So zeigen sich die Raumtypen und die Personendichte im Mietmodell hochsignifikant, aber in den Eigentumsmodellen teils nur von einer mässigen oder niedrigen Signifikanz. Auch der Einfluss der Reisezeit zu den Zentren weist Unterschiede in der Signifikanz oder gar im Einfluss auf. Diese Unterschiede sind vermutlich auch auf die unterschiedlichen Verteilungen von Eigentum und Mietobjekten zurückzuführen.

Weitere Unterschiede zum Mietmodell finden sich in der Präferenz für Neubaugebiete während die Homogenität vom Baualter auch hier von allen Gruppen abgelehnt wird. Es lässt sich damit darauf schliessen, dass Mieter dem Standort ein höheres Gewicht beimessen als Eigentümer. Daneben zeugen Neubaugebiete von einem höheren Angebot von Eigentumsobjekten. Innerhalb dieser räumlichen Abgrenzung zeigen sich jedoch ähnliche Präferenzen der Haushalte.

Die finalen Modellergebnisse finden sich in Mod. 20 und Mod. 21.

2.10.4 Eigentumsmodelle Nachfragesegmente

Auch bei den Eigentumsmodellen wurden die Modelle nicht nur auf soziodemografischen Gruppen, sondern zusätzlich auf den Nachfragesegmenten des Wohnmarktes geschätzt. Die Modellgüte von

Nachfragesegmenten und soziodemografischen Gruppen zeigt sich auch hier vergleichbar, wenn nicht gar besser. Die vorgängig bereits sehr stabilen Variablen, haben einen signifikanten Einfluss und erfahren keine Änderung des Vorzeichens. Dies gilt für die Distanz zu früheren Orten, Distanz zu Arbeitsplatz, Erreichbarkeit per Auto, Homogenität des Quartiers, Seezugang, Fluglärm, Distanz zum nächsten Zentrum, Güteklasse (definiert entsprechend , bzw), Autobahnanschluss, Bahnhof, Dichte an Freizeiteinrichtungen, Dichte an Retailern sowie den gleichen Sprachraum.

Die Dichte an Dienstleistungsunternehmen ist dagegen nun in allen Teilmodellen, also auch für die ober-schichtigen Haushalte von negativem Einfluss. Während der Raumtyp01 bei den Lebensphasen nur unterschiedliche Signifikanz aufweist, jedoch überall positiv ist, zeigen sich bei den Wohnstandortwahlmodellen der Nachfragesegmente unterschiedliche Einflüsse, d.h. unterschiedliche Vorzeichen, bei gleichzeitig hoher Signifikanz. Traditionelle Haushalte meiden demnach die Kerngebiete, moderne Haushalte präferieren diese. Dieses Phänomen zeigt sich in der Ober- und Unterschicht, sofern die Erreichbarkeiten im Modell integriert sind. Wenn keine Erreichbarkeiten eingebunden sind, sondern die Raumtypen des BFS, findet sich diese Präferenz in allen Schichten, womit letztere ein besseres Ergebnis bringen. Ein ähnliches Phänomen findet sich bei der Personendichte - individualisierte Haushalte präferieren diese mehr als traditionell eingestellte. Dies entspricht den Erwartungen und bildet räumliche Verhaltensmuster ab, welche sich in den soziodemografischen Teilmodellen weniger stark herauskristallisierten. In diesem Kontext scheint das Modell mit Nachfragesegmenten eine stärkere Erklärungskraft zu haben.

Der Einfluss der Erreichbarkeit per OeV ist weniger signifikant als in den Teilmodellen der Lebensphasen. Dafür zeigt die Reisezeit zur nächsten Kernstadt (LB_SWISSCENT_PT) für mehr Teilgruppen den, zu erwartenden, negativen Einfluss. Dabei zeigt sich eine leichte Präferenz von individualisierten Haushalten für eine hohe Erreichbarkeit per OeV. Die Oberschicht grenzt sich, durch eine Präferenz für Seesicht, deutlich von der Unterschicht ab. Ein weiterer Unterschied fällt bezüglich der Nähe zu Ausländern auf: Ausländer der Unterschicht suchen Gebiete mit einem hohen Ausländeranteil, die ober-schichtigen Ausländer zeigen hier keinen signifikanten Einfluss, bzw. einen negativen Trend.

Die Variable für den Kaufpreis ist für die bürgerliche Oberschicht (Mod 19) und die bildungsorientierte (Mod 17 und 18) Oberschicht (Nase 07 und 08) positiv, was nahelegt, dass es sich hier u.a. um die Senioren-Haushalte handelt, welche bereits in den soziodemografischen Modellen einen positiven Einfluss des Preises zeigen. Wie bereits besprochen ist der tatsächliche Preis den diese Gruppe bezahlt jedoch unter dem modellierten Preis. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass in diesen Gruppen das Einkommen unterschätzt wird, da Vermögen nicht abgebildet wird.

Zusammenfassend lässt sich somit sagen, dass die Nachfragesegmente eine alternative, etwas bessere Erklärung für die räumlichen Präferenzen liefern und allgemein eine höhere Signifikanz der Einflüsse abbildet. Jedoch lieferte auch der lebensphasenbasierte Ansatz Modelle von hoher Modellgüte, welche eine Differenzierung des Verhaltens über die Teilmodelle beinhaltet.

Die Ergebnisse der letzten Modellerweiterung finden sich in Modell 22 und Modell 23.

Mod 20: Wohnstandortwahlmodell für Eigentümer mit Erreichbarkeiten

Name		Comm.	Fam.	You.C	You.S	Mid C.	Mid S.	Old C.	Old S.	S.Par.
HH_LOG_DIST_PREVLOC		---	---	---	---	---	---	---	---	---
HH_LOG_DIST_WORK		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LA_MIVACC_CAR		---	---	---	---	---	---	-	---	---
LA_PTACC_NOCAR		+	+++	+++	+++	--	+	+	-	+
LB_BUILT_1980-		+++	-	+++	+++	+	+++	+++	+++	+
LB_HOMOGENEITY		---	---	---	---	---	---	---	-	---
LB_LAKEACCESS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_LAKEVIEW		+	-	+	-	+++	+++	+	+	+++
LB_NATUR_DIS		--	-	---	+	-	---	---	-	-
LB_NOISE_FLIGHT		---	---	---	---	---	---	---	---	-
LB_RAUMTYP01		+++	+	++	-	+	-	+++	+++	--
LB_SWISSCENT_MIV		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_SWISSCENT_PT		+	-	--	---	--	++	+++	+++	+
LP_GUETE		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LP_HIGHWAY		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+
LP_STATION		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
IGN		+++	+	+++	++	++	+	++	++	+++
LS_LEISURE_DENS		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LS_PERS_DENS		+++	+++	+	+++	+++	+	+++	+++	+++
LS_RETAIL-CO_DENS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SAME_LANGUAGE		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SERV-CO_DENS		-	---	---	-	---	-	-	-	---
RU_PRICE		---	---	---	---	---	---	+	+	---
Adjusted rho-square:		0.897	0.909	0.868	0.854	0.855	0.816	0.838	0.814	0.885

Mod 21: Wohnstandortwahlmodell für Eigentümer mit Raumtypen des BFS

Name		Comm.	Fam.	You.C	You.S	Mid C.	Mid S.	Old C.	Old S.	S.Par.
HH_LOG_DIST_PREVLOC		---	---	---	---	---	---	---	---	---
HH_LOG_DIST_WORK		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LB_BUILT_1980-		++	-	+++	+++	-	+++	+++	+++	-
LB_HOMOGENEITY		---	---	---	---	---	---	---	-	---
LB_LAKEACCESS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_LAKEVIEW		+	-	++	-	+++	+++	+	+	+++
LB_NATUR_DIS		--	-	---	+	-	---	---	-	-
LB_NOISE_FLIGHT		---	---	---	---	---	---	---	---	-
LB_RAUMTYP01		+++	+	+	+	++	+	+++	+++	-
LB_RAUMTYP02		+++	-	--	+	+++	+++	+++	+++	+++
LB_RAUMTYP03		+	+	---	-	-	+++	+++	+	+
LB_RAUMTYP04		+	-	+	+	+++	+++	+	+	++
LB_RAUMTYP06		+	-	-	+	++	+++	++	+++	+
LB_SWISSCENT_MIV		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_SWISSCENT_PT		+	+	-	-	-	+++	+++	+++	+
LP_GUETE		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LP_HIGHWAY		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	-
LP_STATION		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_FOREIGNERS_X_FOR.		+++	+	+++	++	+	+	++	++	+++
LS_LEISURE_DENS		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LS_PERS_DENS		+++	++	+	+++	++	+	+++	+++	+++
LS_RETAIL-CO_DENS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SAME_LANGUAGE		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SERV-CO_DENS		-	---	---	-	---	-	+	-	---
RU_PRICE		---	---	---	---	---	---	-	-	---
Adjusted rho-square:		0.896	0.909	0.867	0.853	0.854	0.815	0.839	0.814	0.885

Mod 22: Wohnstandortwahlmodell für Eigentümer mit Erreichbarkeiten (Nachfragesegmente)

Name		NaSe 1	NaSe 2	NaSe 3	NaS 4	NaSe 5	NaSe 6	NaSe 7	NaSe 8	NaSe 9
HH_LOG_DIST_PREVLOC		---	---	---	---	---	---	---	---	---
HH_LOG_DIST_WORK		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LA_MIVACC_CAR		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LA_PTACC_NOCAR		+	-	+++	-	++	-	+	+	+++
LB_BUILT_1980-		+	+++	++	-	+	--	+++	++	+
LB_HOMOGENEITY		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LB_LAKEACCESS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_LAKEVIEW		---	---	+	+	++	+++	+++	+++	+++
LB_NATUR_DIS		+	-	-	+	+	-	+	-	--
LB_NOISE_FLIGHT		-	---	--	---	---	---	---	---	---
LB_RAUMTYP01		---	-	+	---	---	---	-	+	+++
LB_SWISSCENT_MIV		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_SWISSCENT_PT		+	-	-	+	+++	-	-	---	---
LP_GUETE		-	---	---	-	---	--	-	-	---
LP_HIGHWAY		+++	+++	+	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LP_STATION		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
IGN		+++	+++	+++	++	+	-	+	-	-
LS_LEISURE_DENS		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LS_PERS_DENS		+	+++	+++	+++	++	+	-	+	+++
LS_RETAIL-CO_DENS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SAME_LANGUAGE		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SERV-CO_DENS		---	---	---	---	---	---	---	-	--
RU_PRICE		---	---	---	---	---	---	+++	+	---
Adjusted rho-square:		0.907	0.914	0.881	0.877	0.887	0.865	0.833	0.847	0.855

Mod 23: Wohnstandortwahlmodell für Eigentümer mit Raumtypen des BFS(Nachfragesegmente)

Name		NaSe 1	NaSe 2	NaSe 3	NaS 4	NaSe 5	NaSe 6	NaSe 7	NaSe 8	NaSe 9
HH_LOG_DIST_PREVLOC		---	---	---	---	---	---	---	---	---
HH_LOG_DIST_WORK		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LB_BUILT_1980-		+	+++	+	-	+	---	+	-	-
LB_HOMOGENEITY		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LB_LAKEACCESS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_LAKEVIEW		--	--	+	+	++	++	+++	+++	+++
LB_NATUR_DIS		+	-	-	+	++	-	+	--	--
LB_NOISE_FLIGHT		-	---	---	---	---	---	---	---	---
LB_RAUMTYP01		---	-	+++	---	-	+	++	+++	+++
LB_RAUMTYP02		--	-	+++	+	+++	+++	+++	+++	+++
LB_RAUMTYP03		---	---	-	---	+	+++	+++	+++	+++
LB_RAUMTYP04		---	+	+++	+	+++	+++	+++	+++	+++
LB_RAUMTYP06		+	-	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_SWISSCENT_MIV		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LB_SWISSCENT_PT		++	+	+	+++	+++	+	+	-	--
LP_GUETE		---	---	---	---	---	---	---	-	---
LP_HIGHWAY		+++	+++	+	+++	+++	+++	+++	+++	++
LP_STATION		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_FOREIGNERS_X_FOR.		+++	+++	+++	++	+	-	+	-	-
LS_LEISURE_DENS		---	---	---	---	---	---	---	---	---
LS_PERS_DENS		+	+++	+++	+++	+++	+	--	+	+++
LS_RETAIL-CO_DENS		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SAME_LANGUAGE		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
LS_SERV-CO_DENS		---	---	--	---	---	---	---	-	-
RU_PRICE		---	---	---	---	---	---	+	--	---
Adjusted rho-square:		0.908	0.914	0.88	0.878	0.888	0.865	0.834	0.848	0.856

2.11 Zusammenfassung und Diskussion

Die Ergebnisse der Modellentwicklung lassen die Annahme zu, dass eine zonenbasierte Abbildung der Wohnstandortwahl in FaLC zulässig und für Szenarienanalysen zuträglich ist. Für die Modellentwicklung wurde ein Basismodell entwickelt, welches um einzelne räumliche Dimensionen erweitert wurde und abschliessend in ein Gesamtmodell überführt wird. Die einzelnen Modelle wurden auf Alternativensets mit disjunkten soziodemografischen Gruppen und auf Alternativensets mit disjunkten Nachfragesegmenten angewendet, verfeinert und verglichen.

Es zeigt sich, dass bereits das Basismodell eine sehr hohe Erklärungskraft beinhaltet welche v.a. aus der Distanz zum vorherigen Standort des Haushaltes abzuleiten ist: Haushalte bleiben im Allgemeinen lokal verortet und pflegen ihr soziales Netzwerk. Der unzureichende räumliche Beschrieb in diesen

Modellen führt jedoch zu einem positiven Einfluss der Preisvariable und zeigt ein Endogenitätsproblem auf.

Die einzelnen räumlichen Dimensionen beinhalten unterschiedlich viele Variablen zum Beschrieb eines Standortes und lassen sich damit nicht direkt miteinander vergleichen. Es kann jedoch verallgemeinert gesagt werden, dass die morphologische Struktur und die Points of Interests die erwarteten Präferenzen der Haushaltstypen besser abbilden als die sozioökonomische Struktur eines Standortes – dies betrifft sowohl die Vorzeichen der Variablen als auch das erreichte Signifikanzniveau. Im Kontext einer Simulation in FaLC sind es jedoch v.a. sozioökonomische Attribute welche simuliert und fortgeschrieben werden.

Das Kombinieren der räumlichen Dimensionen führt erwartungsgemäss zu einer Schwächung des Modells, da die Variablen Teilkorrelationen beinhalten. Über Modellreihen wurde evaluiert, welche Standortfaktoren einen signifikanten und konsistenten, d.h. gleichbleibenden Einfluss in der Wohnstandortwahl aufweisen und einen Mehrwert für die Modellgüte aufweisen – diese Variablen wurden in der weiteren Modellentwicklung genutzt.

Bei der anschliessenden Modelldefinition wurde ersichtlich, dass einige raumbeschreibende Attribute auf dem aggregierten Zonenniveau wenig zuträglich sind – dies gilt insbesondere für den Eisenbahnlärm und den Strassenlärm, welcher im Modell als Erreichbarkeitsmasse einer Zone wirken. Es zeigt sich eine hohe Übereinstimmung und Ähnlichkeit in den Einflüssen der Variablen über alle Teilmodelle, sowie in den Miet- und Eigentumsmodellen. Wenn genug Standortattribute abgebildet werden, ist die Erreichbarkeit per MIV für Nutzer des PW von negativen Einfluss, teilweise auch die Erreichbarkeit per OeV (für Nutzer des OeV). Dies erscheint auf den ersten Blick widersprüchlich. Jedoch ist der Einfluss dieser Variable verhältnismässig gering – es dominiert in der Nutzenfunktion die Nähe zum Arbeitsplatz und früheren Wohnort. Gleichzeitig bilden andere Attribute die Urbanität eines Wohnortes ab. Haushalte optimieren somit ihren Wohnort weniger im Kontext der allgemeinen Arbeitsplatzerreichbarkeit, als vielmehr aufgrund ihrer persönlichen Bezugspunkte und der Wohnqualität. Eine alternative Modelldefinition beinhaltet daher keine Erreichbarkeiten sondern den Raumtyp der Gemeinde. Dieses Modell lässt sich unter Umständen schwerer in die Simulation einbinden, bildet jedoch soziodemografische und lebensstilgeprägte Präferenzen besser ab.

Daneben zeigen sich strukturbedingte Unterschiede zwischen dem Mietmarkt und dem Angebotsmarkt, welche einen Einfluss auf die Modellergebnisse haben. Das vorgeschlagene Wohnstandortmodell beruht auf realen Entscheidungen der Haushalte, welche in der Volkszählung vorzufinden sind (Revealed Preference) und bildet diese auf einem Zonenniveau ab. Es kann damit den Entscheidungsprozess nicht gänzlich abbilden. Dies betrifft insbesondere die Angebotsstruktur von Mietobjekten und Kaufobjekten: Es konnte dargelegt werden, dass sich die angebotenen Immobilien für Mieter und Eigentümer räumlich unterscheiden – erstere sind in zentraleren Lagen besser vertreten und in einigen ländlichen Räumen kaum vorzufinden. Die Wohneinheit stellt für Haushalte jedoch ein wichtiges Kriterium bei der Standortwahl dar. Die Präferenz für eine bestimmte Wohnform definiert damit unter Umständen auch die verfügbaren Standorte. Als Konsequenz ist die Entscheidung Mieter oder Eigentümer zu werden auch eine räumliche Eingrenzung. Der beobachtete Umzug in der Volkszählung bildet damit nicht zwingend räumliche Präferenzen ab, und ist insbesondere dann problematisch für ein Wohnstandortwahlmodell, wenn exogene, nicht abgebildete Effekte, wie das Preisniveau von Miet- und Eigentumsobjekten, die Weitergabe von Immobilien innerhalb der Familie oder die Präferenz für einen bestimmten Gebäudetyp den

Standortentscheid dominieren. Trotz oder vielleicht auch wegen dieser Einschränkungen finden sich auch in den Modellen von Mietern und Eigentümern räumliche Unterschiede. Eigentümer haben eine höhere Preissensitivität und gewichten Erreichbarkeitsattribute weniger hoch und weniger signifikant. Als Konsequenz bildet das Wohnstandortmodell aggregierte Effekte von Angebots- und Standortwahl ab – da es kein separates RealEstate-Angebotsmodell in FaLC gibt, erscheint dies zum aktuellen Zeitpunkt jedoch auch angebracht.

Um unterschiedliche Präferenzen in der Dimension Lebensstil und Status abbilden zu können, welche eng mit der Selbstselektion von Haushalten verbunden ist, wurden die Wohnstandortmodelle auch auf den Nachfragesegmenten von FPRE und SOTOMO geschätzt. Es zeigt sich, dass diese Modelle eine ähnliche Modellgüte aufweisen, jedoch eine bessere räumliche Differenzierung der Teilsegmente erlauben, insbesondere durch unterschiedliche Vorzeichen bei den Erreichbarkeitsvariablen auf der Dimension des Lebensstils. Da es derzeit nicht vorgesehen ist die Nachfragesegmente in die synthetische Population von FaLC zu integrieren, können die soziodemographischen Teilmodelle angewendet werden.

2.12 Empfehlung zu Weiterentwicklungen (Future Research)

Konzeptbedingt wurde bei diesem Wohnstandortmodell der Fokus auf Attribute gelegt, welche in der Simulation von FaLC fortgeschrieben werden. Die Pearson-Korrelation zwischen den einzelnen Variablen wurde vorgängig geprüft und bis auf genannte Ausnahmen als unproblematisch eingeschätzt. Die Beobachtung in den Modellerweiterungen lässt Grund zur Annahme, dass die Kombination mehrerer Attribute in Korrelation zu anderen stehen (Multivariate Korrelation). Diese wurde durch Ausgrenzen oder Transformieren von Attributen in der Modellentwicklung eingegrenzt. Ein alternatives Konzept für ein Wohnstandortmodell wäre es, raumbeschreibende Dimensionen über eine Faktoranalyse oder eine Hauptkomponentenanalyse zu definieren und diese im Modell zu integrieren. Diese würden z.B. die Urbanität, Vernetzung oder Funktionalität eines Standortes auf unabhängigen Koordinatenachsen beschreiben. Diese unabhängigen Attribute würden sich demnach weniger beeinflussen, lassen sich jedoch mit den Charakteristiken der Simulation von FaLC nur unzureichend, d.h. uneinheitlich fortschreiben – weshalb im vorliegenden Projekt davon abgesehen werden musste.

Räumliche Differenzen zwischen einzelnen Regionen konnten in diesem Projekt nicht näher evaluiert werden. Insbesondere betrifft dies strukturelle Unterschiede in den Wohneinheiten. So wurde der Sprachraum als eine Variable im Modell integriert, bildet unter Umständen jedoch eine Ähnlichkeit von Alternativen ab, welche in einem Nested-Logit Modell abgebildet werden könnten. Dies würde insbesondere dann von Vorteil sein, wenn es hinsichtlich der Wohneinheiten strukturelle Unterschiede zwischen den Sprachregionen gibt.

Die Standortwahl, die Umzugswahrscheinlichkeiten und der Eigentumsentscheid werden im genannten Modell voneinander unabhängig sequentiell behandelt. Weiterführende Studien sollten diese Reihenfolge anhand geeigneter Daten nochmals untersuchen. Es ist mit den gegebenen Daten nicht nachzuvollziehen, ob der Wunsch Eigentum zu besitzen nicht direkt mit der Standortwahl

gekoppelt ist und in einem gemeinsamen Modell modelliert werden könnte. Zudem beinhalten die Grundlagendaten keine Informationen zur eigentlichen Standortsuche, wie z.B. die Ursache und Länge der Standortsuche, sowie die letzten Eigentumsverhältnisse welche unter Umständen einen Einfluss auf die Wohnstandortwahl haben können. So ist bekannt, dass ein kurzes Zeitfenster für die Standortsuche zu einem suboptimalen Standortwahlentscheid führen kann, der zu einer neuen Standortwahl ohne Zeitdruck führt. Andererseits ist ein Wechsel von Miet- zu Eigentumsverhältnissen und umgekehrt mit einer andern Struktur der Alternativen verbunden. Zu guter Letzt sind auch interne Haushaltsentscheide mit der gegebenen Datenlage nur bedingt zu modellieren.

2.13 Details Modellergebnisse

Mod 16: Wohnstandortwahlmodell für Mieter mit Erreichbarkeiten

Sheet22

Name	Community		Family		Young Couple		Young Single		Mid Couple		Mid Single		Old Couple		Old Single		Single Parent	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-2.23	-31.88	-2.06	-39.33	-2.28	-39.98	-1.79	-44.38	-2.17	-55.42	-1.76	-42.79	-2	-41.02	-2.01	-59.24	-1.97	-38.73
HH_LOG_DIST_WORK	-2.29	-35.66	-2.27	-40.38	-2.67	-42.45	-2.09	-47.61	-1.54	-20.6	-1.94	-44.77	-2.22	-40.05	-1.86	-19.6	-2.01	-38.43
LA_MIVACC_CAR	-0.201	-2.37	-0.373	-4.89	-0.244	-3.61	-0.213	-3.25	-0.618	-5.09	-0.208	-3.04	-0.274	-4.07	-0.627	-4.39	-0.293	-3.83
LA_PTACC_NOCAR	0.148	2.09	0.111	1.54	0.223	3.76	0.281	4.71	-0.14	-1.14	0.211	3.37	0.0829	1.38	0.113	0.66	0.0911	1.29
LB_BUILT_1980-	2.46	2.64	0.111	0.13	-0.101	-0.14	1.73	2.36	4.83	5.86	2.44	3.16	0.91	1.22	3.41	4.24	2.56	2.98
LB_HOMOGENEITY	1.01	2.67	-1.77	-4.78	-1.52	-4.82	-0.371	-1.17	-0.6	-1.74	-1.12	-3.3	-0.56	-1.68	-0.876	-2.66	-1.15	-2.99
LB_LAKEACCESS	0.101	1.08	0.406	4.45	0.417	5.46	0.305	3.93	0.345	3.88	0.528	6.27	0.456	5.59	0.4	4.69	0.399	4.39
LB_LAKEVIEW	9.7E-06	0.46	6.1E-06	0.32	3.9E-05	2.42	4E-05	2.56	5.2E-05	3.44	6.6E-05	4.02	6.2E-05	3.79	3E-05	1.98	5.4E-05	3.17
LB_NATUR_DIS	-0.00046	-2.05	-0.00016	-0.56	-9E-05	-0.4	-0.0002	-0.95	-0.00072	-2.97	0.00022	1.12	-0.00073	-3.36	-0.00109	-4.83	-1E-04	-0.35
LB_NOISE_FLIGHT	-0.00772	-2.09	-0.00708	-2.09	-0.0191	-6.18	-0.0073	-2.49	-0.016	-3.84	-0.0091	-3.01	-0.0129	-4.2	-0.0139	-3.6	-0.0114	-2.99
LB_RAUMTYP01	0.424	3.21	-0.0844	-0.58	-0.127	-1.01	0.229	1.94	0.656	5.85	-0.0469	-0.38	-0.0267	-0.21	0.697	6.61	0.0923	0.66
LB_SWISSCENT_MIV	0.0124	2.42	0.0117	2.62	0.0206	4.96	0.014	3.72	0.0148	4.99	0.0184	4.85	0.0194	4.82	0.00841	2.83	0.00874	1.87
LB_SWISSCENT_PT	-0.0087	-2.11	-0.00256	-0.77	-0.00848	-2.98	-0.00596	-2.06	-0.00204	-0.73	-0.0041	-1.36	-0.00642	-2.15	-0.00379	-1.34	-0.00166	-0.5
LP_GUETE	-0.362	-4.91	-0.264	-4.96	-0.129	-3.14	-0.295	-5.92	-0.228	-4.03	-0.149	-2.95	-0.196	-4.15	-0.236	-3.9	-0.249	-4.47
LP_HIGHWAY	0.705	6.6	0.399	4.35	0.384	4.96	0.513	6.44	0.543	6.15	0.343	4.15	0.263	3.15	0.43	5.04	0.37	4
LP_STATION	0.406	3.69	0.437	4.94	0.446	5.85	0.469	6.06	0.385	4.17	0.417	5.12	0.476	5.86	0.559	6.14	0.521	5.75
LS_FOREIGNERS_X_FOREIGN	5.57	2.74	13.1	9.53	8.18	4.81	6.49	2.93	4.12	1.15	5.49	2.83	8.5	4.63	6.34	1.45	9.18	4.32
LS_LEISURE_DENS	-0.0189	-1.7	-0.0923	-6.41	-0.0789	-6.21	-0.055	-4.94	-0.0295	-2.41	-0.0452	-3.89	-0.0591	-4.46	-0.00426	-0.38	-0.0842	-5.92
LS_PERS_DENS	7.7E-05	11.31	3.3E-05	3.67	3.6E-05	5.03	2.4E-05	3.64	7.3E-05	11.22	4.9E-05	7.05	3.6E-05	4.66	8.9E-05	15.07	3.8E-05	4.42
LS_RETAIL-CO_DENS	-0.00243	-2.16	0.00754	4.67	0.00647	5.27	0.00374	3.38	0.00292	2.49	0.00392	3.4	0.00345	2.6	0.00383	3.59	0.00689	4.63
LS_SAME_LANGUAGE	0.821	2.94	0.951	3.68	1.41	5.53	1.43	6.19	1.92	10.82	1.14	5.11	0.984	4.47	1.71	11.1	1.65	5.73
LS_SERV-CO_DENS	0.00062	3.09	-0.00067	-2.17	-0.00053	-2.23	2.3E-05	0.11	-0.00012	-0.58	-0.00025	-1.15	-0.00023	-0.98	-0.00062	-3.29	-0.00064	-2.28
RU_PRICE	-4.82	-2.19	-4.87	-2.84	-5.86	-2.71	-4.53	-2.9	-1.17	-0.92	0.335	0.22	-0.222	-0.12	1.52	1.39	-3.89	-2.62

Adjusted rho-square:

0.916

0.87

0.868

0.883

0.879

0.88

0.873

0.908

Mod 17: Wohnstandortwahlmodell für Mieter mit Raumtypen des BFS

Sheet22

Name	community		family		youngcouple		youngsingle		midcouple		midsingle		oldcouple		oldsingle		singleparent	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-2.2	-31.78	-2.04	-39.46	-2.27	-39.75	-1.78	-44.22	-2.16	-55.16	-1.75	-42.59	-1.98	-40.84	-1.99	-58.92	-1.95	-38.58
HH_LOG_DIST_WORK	-2.28	-35.74	-2.26	-40.53	-2.67	-42.5	-2.08	-47.85	-1.48	-20.09	-1.92	-44.83	-2.21	-40.07	-1.86	-19.46	-1.99	-38.32
LB_BUILT_1980-	1.2	1.24	-0.628	-0.71	-1.1	-1.44	0.294	0.39	4.12	4.82	1.38	1.74	0.0552	0.07	2.82	3.41	1.25	1.41
LB_HOMOGENEITY	1.17	3.08	-1.46	-3.91	-1.17	-3.64	0.0143	0.04	-0.582	-1.66	-0.802	-2.35	-0.244	-0.72	-0.763	-2.29	-0.848	-2.18
LB_LAKEACCESS	0.0838	0.88	0.403	4.39	0.402	5.2	0.272	3.47	0.301	3.35	0.501	5.89	0.432	5.24	0.377	4.4	0.363	3.97
LB_LAKEVIEW	3.9E-06	0.18	7.5E-06	0.4	3.7E-05	2.31	3.8E-05	2.37	4.9E-05	3.2	5.3E-05	3.25	5.7E-05	3.45	2.4E-05	1.59	4.9E-05	2.86
LB_NATUR_DIS	-0.0005	-2.26	-0.00034	-1.22	-0.00015	-0.63	-0.00019	-0.9	-0.0008	-3.3	0.00026	1.33	-0.00075	-3.46	-0.00112	-5.03	-0.00019	-0.66
LB_NOISE_FLIGHT	-0.01	-2.7	-0.0104	-3.05	-0.0214	-6.95	-0.00858	-2.97	-0.0188	-4.5	-0.0103	-3.44	-0.0142	-4.63	-0.0151	-3.9	-0.0138	-3.6
LB_RAUMTYP01	1.12	5.94	0.189	1.08	0.392	2.53	0.856	5.76	1.09	7.06	0.522	3.23	0.479	2.93	1.06	7.22	0.679	3.85
LB_RAUMTYP02	0.957	5.74	0.441	3.39	0.733	6.54	0.864	7.49	0.56	4.13	0.692	5.5	0.611	4.82	0.482	3.64	0.757	5.49
LB_RAUMTYP03	0.222	0.9	-0.242	-1.17	0.114	0.66	0.512	2.87	0.285	1.45	0.694	4.04	0.606	3.59	0.497	2.65	0.46	2.33
LB_RAUMTYP04	0.446	2.67	0.0132	0.1	0.128	1.14	0.3	2.55	-0.128	-0.86	0.348	2.76	0.367	3.04	-0.015	-0.11	0.216	1.54
LB_RAUMTYP06	0.337	1.66	0.231	1.69	0.282	2.33	0.476	3.93	0.464	3.33	0.329	2.42	0.525	4.06	0.22	1.54	0.411	2.79
LB_SWISSCENT_MIV	0.0152	2.98	0.0165	3.88	0.0242	5.95	0.0176	4.8	0.0153	5.1	0.0218	5.94	0.0229	5.81	0.00843	2.82	0.013	2.84
LB_SWISSCENT_PT	-0.00512	-1.24	-3E-05	-0.01	-0.00648	-2.28	-0.00406	-1.41	-0.00038	-0.13	-0.00169	-0.56	-0.00298	-1	-0.00117	-0.4	0.00133	0.4
LP_GUETE	-0.339	-4.59	-0.244	-4.59	-0.118	-2.86	-0.271	-5.45	-0.217	-3.82	-0.134	-2.63	-0.174	-3.69	-0.222	-3.7	-0.222	-4
LP_HIGHWAY	0.481	4.44	0.214	2.38	0.212	2.8	0.351	4.51	0.39	4.28	0.206	2.52	0.108	1.32	0.315	3.59	0.174	1.9
LP_STATION	0.329	2.86	0.402	4.47	0.389	4.98	0.399	5.02	0.272	2.87	0.371	4.47	0.411	4.93	0.497	5.33	0.442	4.76
LS_FOREIGNERS_X_FOREIGN	5.69	2.84	12.6	9.23	7.89	4.65	6.38	2.9	4.2	1.19	5.29	2.76	8.18	4.58	6.39	1.49	9.23	4.36
LS_LEISURE_DENS	-0.0187	-1.71	-0.091	-6.31	-0.0776	-6.15	-0.05	-4.54	-0.0309	-2.52	-0.0432	-3.81	-0.0583	-4.49	-0.0057	-0.51	-0.081	-5.8
LS_PERS_DENS	7.1E-05	10.79	2.3E-05	2.55	2.8E-05	3.87	1.8E-05	2.73	6.7E-05	10.24	4.4E-05	6.44	3.1E-05	4.08	8.5E-05	14.25	3E-05	3.52
LS_RETAIL-CO_DENS	-0.00295	-2.64	0.0068	4.3	0.00572	4.66	0.00267	2.44	0.00283	2.42	0.00326	2.88	0.00299	2.3	0.00358	3.36	0.00579	3.96
LS_SAME_LANGUAGE	0.85	3	0.983	3.74	1.42	5.45	1.4	6.13	1.91	10.73	1.11	5.01	1.01	4.57	1.71	11.04	1.67	5.81
LS_SERV-CO_DENS	0.00072	3.62	-0.00054	-1.79	-0.0004	-1.74	0.00021	1.03	-9E-05	-0.46	-0.00011	-0.53	-0.00015	-0.64	-0.00056	-2.99	-0.00045	-1.64
RU_PRICE	-3.7	-1.62	-3.62	-2.02	-4.51	-1.98	-4.55	-2.79	-0.743	-0.56	-0.677	-0.43	-0.957	-0.51	1.14	1.01	-4.46	-2.92

Adjusted rho-square:

0.916

0.871

0.883

0.879

0.88

0.873

0.908

Mod 18: Wohnstandortwahlmodell für Mieter mit Erreichbarkeiten (Nachfragesegmente)

Sheet22

Name	NaSe 1		NaSe 2		NaSe 3		NaS 4		NaSe 5		NaSe 6		NaSe 7		NaSe 8		NaSe 9	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-2.19	-39.66	-1.98	-34.19	-1.87	-37.07	-2.11	-44.59	-2.06	-41.79	-1.83	-42.6	-1.75	-49.42	-1.73	-43.76	-1.76	-39.64
HH_LOG_DIST_WORK	-2.29	-37.6	-2.56	-37.16	-2.14	-40.48	-2.2	-41.99	-2.47	-43.53	-2.28	-45.38	-2.1	-52.38	-2.1	-48.51	-2.16	-44.82
LA_MIVACC_CAR	-0.164	-2.08	-0.319	-3.55	-0.218	-2.54	-0.134	-1.96	-0.242	-3.5	-0.217	-3.27	0.0121	0.22	-0.0862	-1.44	-0.23	-3.06
LA_PTACC_NOCAR	0.16	1.51	0.0405	0.55	0.0928	1.64	-0.0053	-0.01	0.0484	0.75	0.173	3.21	0.0744	1.21	0.138	2.64	0.143	2.82
LB_BUILT_1980-	1.47	1.65	3.02	3.19	3.62	4.26	2.02	2.56	1.17	1.54	0.624	0.89	1.02	1.72	2.28	3.48	0.742	0.95
LB_HOMOGENEITY	-1.42	-3.71	-1.33	-3.26	-0.221	-0.59	-0.971	-2.88	-1.79	-5.4	-0.853	-2.75	-1.44	-5.2	-0.928	-3.15	-0.559	-1.73
LB_LAKEACCESS	0.301	3.27	0.216	2.19	0.316	3.52	0.276	3.34	0.376	4.76	0.598	7.7	0.375	5.52	0.483	6.37	0.421	5.11
LB_LAKEVIEW	-3E-05	-1.57	4.1E-05	1.98	3.7E-05	1.96	-2E-07	-0.01	2.5E-05	1.59	1E-04	6.66	0.00011	9.2	0.0001	7.69	8.3E-05	5.16
LB_NATUR_DIS	-0.00062	-2.1	3.6E-06	0.01	0.00012	0.59	-0.00022	-0.81	-7E-05	-0.28	-0.00027	-1.25	-0.00013	-0.56	-0.0005	-2.56	-0.00013	-0.69
LB_NOISE_FLIGHT	-0.00372	-0.85	-0.00114	-0.29	-0.00867	-2.49	-0.00897	-2.64	-0.00469	-1.52	-0.0101	-3.94	-0.00493	-2.24	-0.00675	-2.86	-0.0129	-4.29
LB_RAUMTYP01	-0.192	-1.23	0.0309	0.2	0.711	5.74	-0.387	-2.7	-0.0899	-0.66	-0.0916	-0.77	-0.665	-5.6	0.0714	0.62	0.466	3.99
LB_SWISSCENT_MIV	0.0268	6.32	0.0184	3.74	0.0215	5.16	0.0189	4.78	0.0177	4.23	0.00843	2.05	0.0121	3.64	0.0161	4.44	0.0201	5.24
LB_SWISSCENT_PT	-0.00157	-0.52	-0.00447	-1.22	-0.0171	-4.97	-0.00407	-1.43	-0.00803	-2.8	-0.0133	-4.58	-0.00702	-2.82	-0.0196	-7	-0.0187	-5.76
LP_GUETE	-0.225	-4.84	-0.193	-3.46	-0.228	-3.83	-0.129	-3.14	-0.0857	-2.21	-0.146	-3.21	-0.29	-5.95	-0.12	-2.42	-0.24	-4.09
LP_HIGHWAY	0.331	3.52	0.457	4.49	0.324	3.6	0.406	4.89	0.386	4.68	0.281	3.77	0.388	6.02	0.312	4.27	0.538	6.62
LP_STATION	0.461	5.21	0.514	5.08	0.671	7.05	0.575	7.39	0.517	6.51	0.461	6.09	0.343	5.39	0.408	5.63	0.394	4.65
LS_FOREIGNERS_X_FOREIGN	10.4	7.31	8.94	7.78	7.07	4.19	10.5	5.56	6.29	3.23	6.13	3.27	8.44	3.4	1.16	0.52	4.22	1.71
LS_LEISURE_DENS	-0.0574	-2.9	-0.0926	-6.12	-0.0372	-3.21	-0.0847	-4.91	-0.0849	-6.14	-0.0595	-4.88	-0.131	-10.94	-0.0827	-8.83	-0.0288	-2.83
LS_PERS_DENS	6.2E-05	5.59	2.3E-05	2.36	3.6E-05	5.08	5E-05	5.17	3.6E-05	4.27	4E-05	5.79	2.1E-06	0.33	4E-06	0.69	2.6E-05	4.33
LS_RETAIL-CO_DENS	0.00677	3.36	0.00735	4.91	0.00235	2.11	0.00692	4.15	0.00737	5.22	0.00581	5.07	0.00745	6.79	0.00501	5.35	0.00058	0.61
LS_SAME_LANGUAGE	1.62	5.28	1.29	3.83	1.3	4.59	1.22	5.12	0.994	4.37	1.35	5.57	0.869	5.27	1.15	5.8	1.08	4.75
LS_SERV-CO_DENS	-0.00109	-2.86	-0.00029	-0.96	-0.00011	-0.5	-0.00097	-3.17	-0.00064	-2.38	-0.0006	-2.96	-0.00019	-0.98	0.00013	0.8	0.00039	2.22
RU_PRICE	-11.8	-3.65	-10.2	-2.99	-4.33	-2.08	-10.9	-5.35	-10.8	-5.3	-7.19	-4.5	0.744	0.78	-1.17	-1.07	-2.96	-2.31

Adjusted rho-square:

0.874

0.859

0.816

0.88

0.907

0.901

0.922

Mod 19: Wohnstandortwahlmodell für Mieter mit Raumtypen des BFS(Nachfragesegmente)

Sheet22

Name	NaSe 1		NaSe 2		NaSe 3		NaSe 4		NaSe 5		NaSe 6		NaSe 7		NaSe 8		NaSe 9	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HHH_LOG_DIST_PREVLOC	-2.2	-39.51	-1.97	-34.08	-1.86	-36.83	-2.1	-44.35	-2.05	-41.56	-1.81	-42.36	-1.74	-49.09	-1.7	-43.29	-1.73	-39.11
HHH_LOG_DIST_WORK	-2.29	-37.49	-2.53	-37.14	-2.13	-40.28	-2.19	-41.93	-2.46	-43.62	-2.28	-45.52	-2.08	-52.29	-2.08	-48.34	-2.15	-44.7
LB_BUILT_1980-	1.52	1.67	1.96	2.01	2.16	2.45	1.66	2.04	0.887	1.14	-0.974	-1.34	-0.0535	-0.09	0.572	0.84	-0.992	-1.23
LB_HOMOGENEITY	-1.46	-3.77	-1.09	-2.64	0.173	0.46	-0.869	-2.55	-1.67	-5.03	-0.476	-1.52	-1.26	-4.49	-0.606	-2.02	-0.157	-0.48
LB_LAKEACCESS	0.291	3.13	0.22	2.22	0.259	2.85	0.265	3.18	0.376	4.72	0.569	7.15	0.328	4.76	0.459	5.97	0.369	4.43
LB_LAKEVIEW	-2E-05	-1.23	4.1E-05	1.97	2.8E-05	1.46	1.1E-06	0.06	3E-05	1.82	9.4E-05	6.2	9.8E-05	8.36	9.2E-05	6.77	6.6E-05	4.04
LB_NATUR_DIS	-0.00068	-2.29	-5E-05	-0.18	8E-05	0.39	-0.00023	-0.85	-0.00013	-0.53	-0.00035	-1.58	-8E-05	-0.35	-0.00049	-2.52	-0.00011	-0.63
LB_NOISE_FLIGHT	-0.00583	-1.33	-0.00302	-0.78	-0.00924	-2.7	-0.0103	-3.03	-0.00654	-2.11	-0.0118	-4.76	-0.00524	-2.4	-0.0081	-3.46	-0.0137	-4.62
LB_RAUMTYP01	-0.193	-1.03	0.463	2.42	1.49	8.8	-0.197	-1.14	-0.0375	-0.23	0.693	4.52	-0.0724	-0.5	0.971	6.41	1.43	8.8
LB_RAUMTYP02	0.0845	0.63	0.594	4.01	1	6.94	0.224	1.85	0.0984	0.85	0.981	8.5	0.674	6.73	1.1	9.24	1.19	8.82
LB_RAUMTYP03	-0.805	-3.19	-0.0548	-0.22	0.836	4.15	-0.0105	-0.05	-0.386	-2.01	0.476	2.93	0.848	6.63	1.17	8.03	1.2	6.8
LB_RAUMTYP04	-0.514	-3.95	0.107	0.72	0.514	3.51	-0.068	-0.59	-0.109	-1	0.374	3.28	0.307	3.2	0.543	4.59	0.76	5.69
LB_RAUMTYP06	0.0562	0.44	0.411	2.71	0.654	4.03	0.33	2.81	0.233	1.97	0.419	3.21	0.502	4.61	0.334	2.38	0.57	3.68
LB_SWISSCENT_MIV	0.029	7.07	0.022	4.57	0.0246	6.05	0.0211	5.52	0.0213	5.23	0.0125	3.08	0.0132	4.1	0.0193	5.47	0.0233	6.16
LB_SWISSCENT_PT	-0.00284	-0.94	-0.00168	-0.46	-0.0141	-4.13	-0.0034	-1.21	-0.00743	-2.61	-0.0101	-3.46	-0.00505	-2.02	-0.0155	-5.47	-0.0139	-4.28
LLP_GUETE	-0.222	-4.81	-0.188	-3.32	-0.208	-3.41	-0.121	-2.95	-0.0749	-1.93	-0.128	-2.78	-0.28	-5.71	-0.0822	-1.65	-0.208	-3.45
LLP_HIGHWAY	0.236	2.5	0.255	2.52	0.164	1.82	0.322	3.94	0.294	3.67	0.103	1.41	0.332	5.33	0.175	2.43	0.377	4.65
LLP_STATION	0.399	4.4	0.423	4.07	0.583	5.99	0.512	6.42	0.485	5.98	0.363	4.62	0.252	3.86	0.323	4.31	0.301	3.44
LS_FOREIGNERS_X_FOREIGN	9.75	6.83	8.15	7.14	7.08	4.23	10	5.34	6.13	3.17	5.83	3.15	8.31	3.38	1.32	0.59	4.38	1.82
LS_LEISURE_DENS	-0.0611	-3.06	-0.0928	-6.1	-0.0357	-3.13	-0.0847	-4.92	-0.089	-6.45	-0.0532	-4.42	-0.127	-10.65	-0.0774	-8.38	-0.0251	-2.51
LS_PERS_DENS	5.4E-05	4.81	1.5E-05	1.57	3.2E-05	4.61	4.3E-05	4.48	2.9E-05	3.43	3.2E-05	4.66	-2E-07	-0.03	1.1E-06	0.19	2.3E-05	3.94
LS_RETAIL-CO_DENS	0.00625	3.08	0.00658	4.43	0.00175	1.58	0.00653	3.91	0.0074	5.22	0.00457	4.03	0.00666	6.08	0.00399	4.29	-0.00023	-0.24
LS_SAME_LANGUAGE	1.64	5.25	1.25	3.7	1.23	4.37	1.21	5.05	0.966	4.22	1.41	5.62	0.863	5.27	1.12	5.65	1.05	4.59
LS_SERV-CO_DENS	-0.00099	-2.57	-0.00016	-0.54	3.6E-06	0.02	-0.00091	-2.98	-0.00062	-2.31	-0.00043	-2.1	-6E-05	-0.31	0.00029	1.74	0.00052	2.98
RU_PRICE	-9.45	-2.8	-9.24	-2.62	-5.23	-2.42	-10.4	-4.97	-9.2	-4.28	-6.85	-4.05	-0.897	-0.87	-3.04	-2.65	-4.04	-2.99

Adjusted rho-square:

0.911

0.922

0.901

0.886

0.879

0.86

0.817

0.85

0.876

Mod 20: Wohnstandortwahlmodell für Eigentümer mit Erreichbarkeiten

Sheet22

Name	Community		Family		Young Couple		Mid Couple		Mid Single		Old Couple		Old Single		Single Parent	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-2.92	-40.24	-2.21	-38.91	-2.27	-41.63	-1.79	-48.17	-2.18	-44.56	-1.76	-50.78	-2.37	-61.96	-2.01	-72.49
HH_LOG_DIST_WORK	-2.4	-37.57	-2.31	-32.1	-2.62	-39.59	-1.86	-46.72	-2.12	-37.91	-1.66	-44.91	-1.28	-22.64	-1.51	-13.98
LA_MIVACC_CAR	-0.31	-4.42	-0.299	-3.74	-0.396	-6.25	-0.306	-5.62	-0.395	-6.49	-0.266	-5.26	-0.118	-1.14	-0.408	-2.01
LA_PTACC_NOCAR	0.0201	0.31	0.161	2.19	0.13	2.17	0.118	2.11	-0.0869	-1.55	0.0516	1.01	0.0576	0.43	-0.226	-0.99
LB_BUILT_1980-	2.22	2.77	-0.0759	-0.09	2.12	2.98	2.82	4.12	0.0463	0.07	2.45	3.97	4.91	7.22	6.14	9.79
LB_HOMOGENEITY	-1.14	-3.33	-2.48	-6.88	-2.91	-9.26	-1.27	-4.2	-1.85	-6.17	-1.05	-3.88	-1.31	-4.33	-0.294	-1.03
LB_LAKEACCESS	0.343	4.02	0.356	3.97	0.513	6.74	0.422	5.66	0.271	3.71	0.479	7.02	0.427	5.5	0.428	5.86
LB_LAKEVIEW	1.9E-05	1.01	-6E-06	-0.32	1.8E-05	1.03	-1E-05	-0.92	9.2E-05	5.69	5.9E-05	4.45	1.7E-05	1.08	1.5E-05	1.11
LB_NATUR_DIS	-0.00041	-1.54	-7E-05	-0.21	-0.00084	-2.81	0.00022	1.16	-9E-05	-0.44	-0.00045	-2.1	-0.0008	-3.78	-0.00012	-0.61
LB_NOISE_FLIGHT	-0.0189	-4.76	-0.0277	-5.8	-0.0261	-6.91	-0.0153	-4.44	-0.00717	-2.48	-0.00808	-2.86	-0.0154	-3.95	-0.0171	-4.75
LB_RAUMTYP01	0.317	2.25	0.143	0.9	0.245	1.86	-0.0589	-0.49	0.0828	0.6	-0.0104	-0.09	0.387	3.38	0.529	4.92
LB_SWISSCENT_MIV	0.0248	6.3	0.0254	5.75	0.0247	6.61	0.026	9.66	0.029	8.74	0.0217	8.58	0.03	15.01	0.0212	11.07
LB_SWISSCENT_PT	0.00013	0.05	-0.00062	-0.19	-0.00436	-1.65	-0.00474	-2.08	-0.00466	-1.81	0.00377	1.82	0.00568	2.97	0.0066	3.55
LP_GUETE	-0.201	-4.64	-0.188	-4.08	-0.169	-4.33	-0.212	-5.25	-0.182	-4.79	-0.171	-4.98	-0.245	-5.8	-0.206	-5.56
LP_HIGHWAY	0.446	5.05	0.276	2.88	0.282	3.56	0.317	4.16	0.342	4.56	0.313	4.57	0.252	3.39	0.219	3.1
LP_STATION	0.28	3.34	0.29	3.27	0.4	5.57	0.256	3.58	0.346	4.93	0.371	5.76	0.478	6.7	0.304	4.43
LS_FOREIGNERS_X_FOREIGN	9.1	2.94	2.12	0.42	9.51	4.11	4.96	1.69	5.01	1.54	0.738	0.2	8.47	1.63	14.4	1.92
LS_LEISURE_DENS	-0.0835	-5.56	-0.204	-7.61	-0.151	-8.72	-0.0829	-6.79	-0.139	-7.01	-0.0962	-7.63	-0.0901	-5.8	-0.0808	-5.33
LS_PERS_DENS	2.8E-05	3.18	2.3E-05	2.01	6.4E-06	0.69	5.6E-05	7.14	2.6E-05	2.81	6.9E-06	0.97	3.7E-05	4.92	5.8E-05	8.48
LS_RETAIL-CO_DENS	0.00398	2.61	0.0111	5.56	0.00974	5.98	0.00441	3.42	0.00893	5.86	0.00554	4.74	0.00477	3.73	0.00328	2.73
LS_SAME_LANGUAGE	1.25	4.87	1.48	5.26	1.51	6.37	1.4	8.21	1.45	6.99	1.1	7.21	1.12	8.66	1.44	11.18
LS_SERV-CO_DENS	-0.00012	-0.46	-0.00151	-4.24	-0.00084	-2.98	-0.00017	-0.72	-0.00128	-4.82	-9E-05	-0.39	-6E-05	-0.29	-0.00016	-0.73
RU_PRICE	-1.45	-3.73	-1.61	-3.93	-1.61	-4.44	-0.897	-2.82	-0.74	-2.16	-0.632	-2.32	0.115	0.43	0.00664	0.03
Adjusted rho-square:	0.897		0.909		0.868		0.854		0.855		0.816		0.838		0.814	
															0.885	

Mod 21: Wohnstandortwahlmodell für Eigentümer mit Raumtypen des BFS

Sheet22

Name	Community		Family		Young Couple		Young Single		Mid Couple		Mid Single		Old Couple		Old Single		Single Parent	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-2.91	-40.35	-2.2	-39.01	-2.26	-41.85	-1.77	-48.36	-2.16	-44.63	-1.74	-50.68	-2.36	-61.95	-2	-72.29	-2.24	-45.48
HH_LOG_DIST_WORK	-2.38	-37.57	-2.29	-32.05	-2.6	-39.78	-1.85	-46.96	-2.1	-37.79	-1.65	-44.95	-1.27	-22.45	-1.49	-13.91	-1.89	-35.43
LB_BUILT_1980-	1.6	1.95	-0.152	-0.17	2.12	2.94	2.5	3.58	-0.628	-0.91	1.88	2.98	4.45	6.39	5.86	9.16	-0.469	-0.59
LB_HOMOGENEITY	-0.936	-2.71	-2.36	-6.48	-2.58	-8.22	-0.991	-3.27	-1.47	-4.87	-0.797	-2.92	-1.2	-3.91	-0.218	-0.75	-1.76	-5.31
LB_LAKEACCESS	0.335	3.91	0.347	3.86	0.531	6.96	0.434	5.82	0.282	3.84	0.48	7	0.404	5.17	0.417	5.67	0.51	6.1
LB_LAKEVIEW	1.8E-05	0.97	-1E-05	-0.66	2.7E-05	1.59	-2E-05	-1.09	9.7E-05	5.98	5.6E-05	4.17	7.2E-06	0.46	1.2E-05	0.91	5.5E-05	3.45
LB_NATUR_DIS	-0.00047	-1.78	-0.00012	-0.37	-0.00092	-3.04	0.0002	1.04	-0.0002	-0.94	-0.00044	-2.06	-0.00075	-3.54	-1E-04	-0.53	-0.0001	-0.38
LB_NOISE_FLIGHT	-0.0212	-5.33	-0.0277	-5.73	-0.0256	-6.8	-0.0168	-4.87	-0.0102	-3.49	-0.00913	-3.22	-0.016	-4.09	-0.0189	-5.16	-0.00565	-1.48
LB_RAUMTYP01	0.476	2.8	0.0934	0.49	0.0792	0.51	0.035	0.24	0.272	1.7	0.179	1.29	0.692	4.95	0.775	5.92	-0.0318	-0.18
LB_RAUMTYP02	0.268	2.08	-0.0302	-0.22	-0.188	-1.71	0.14	1.29	0.252	2.31	0.227	2.28	0.39	3.51	0.343	3.26	0.319	2.58
LB_RAUMTYP03	0.0982	0.51	0.0752	0.35	-0.571	-3.07	-0.0877	-0.49	-0.0171	-0.11	0.36	2.53	0.628	3.75	0.206	1.26	0.128	0.69
LB_RAUMTYP04	0.0673	0.59	-0.00593	-0.05	0.136	1.43	0.148	1.49	0.282	2.98	0.261	2.87	0.141	1.3	0.0524	0.51	0.208	1.89
LB_RAUMTYP06	0.0252	0.19	-0.167	-1.2	-0.0269	-0.25	0.103	0.95	0.18	1.65	0.233	2.42	0.196	1.87	0.21	2.1	0.106	0.87
LB_SWISSCENT_MIV	0.0285	7.44	0.0292	6.85	0.0294	8.09	0.0292	11.16	0.0344	10.77	0.0249	10.1	0.0308	15.32	0.0217	11.27	0.0302	9.66
LB_SWISSCENT_PT	0.00251	0.87	0.00028	0.09	-0.00288	-1.11	-0.00285	-1.25	-0.00098	-0.38	0.00592	2.89	0.00679	3.53	0.00727	3.88	0.00226	0.87
LP_GUETE	-0.188	-4.35	-0.164	-3.6	-0.14	-3.59	-0.182	-4.53	-0.154	-4.03	-0.153	-4.44	-0.238	-5.64	-0.203	-5.45	-0.0955	-2.58
LP_HIGHWAY	0.321	3.64	0.217	2.31	0.193	2.5	0.214	2.85	0.206	2.82	0.208	3.07	0.191	2.52	0.152	2.09	-0.0638	-0.75
LP_STATION	0.262	3.05	0.332	3.69	0.456	6.23	0.265	3.62	0.314	4.41	0.348	5.31	0.425	5.81	0.25	3.56	0.33	4.14
LS_FOREIGNERS_X_FOREIGN	8.94	2.89	1.7	0.34	9.76	4.3	4.96	1.68	4.46	1.37	0.758	0.2	9.16	1.78	14	1.81	12.2	3.41
LS_LEISURE_DENS	-0.0838	-5.64	-0.2	-7.44	-0.156	-8.92	-0.0807	-6.74	-0.147	-7.41	-0.0989	-7.88	-0.09	-5.82	-0.0823	-5.4	-0.149	-8.54
LS_PERS_DENS	2.5E-05	2.82	2.1E-05	1.87	6.7E-06	0.72	5.2E-05	6.73	1.7E-05	1.87	4.3E-06	0.6	3.4E-05	4.39	5.4E-05	7.74	3.1E-05	3.14
LS_RETAIL-CO_DENS	0.0035	2.31	0.0107	5.3	0.00981	6.01	0.00377	2.96	0.00907	6.05	0.00538	4.62	0.00449	3.52	0.00311	2.58	0.00819	4.57
LS_SAME_LANGUAGE	1.27	4.95	1.5	5.34	1.53	6.36	1.36	8.05	1.45	6.97	1.12	7.32	1.13	8.74	1.44	11.16	1.1	5.55
LS_SERV-CO_DENS	-7E-05	-0.26	-0.00142	-3.97	-0.00084	-2.97	-7E-05	-0.31	-0.00127	-4.85	-4E-05	-0.18	2.1E-06	0.01	-0.0001	-0.48	-0.00066	-2.08
LU_PRICE	-1.58	-3.93	-1.73	-4.12	-1.38	-3.67	-0.858	-2.64	-0.78	-2.16	-0.835	-2.94	-0.113	-0.41	-0.00108	0	-1.06	-2.89

Mod 22: Wohnstandortwahlmodell für Eigentümer mit Erreichbarkeiten (Nachfragesegmente)

Sheet22

Name	NaSe 1		NaSe 2		NaSe 3		NaSe 4		NaSe 5		NaSe 6		NaSe 7		NaSe 8		NaSe 9	
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-2.35	-39.65	-2.25	-35.37	-2.06	-40.52	-2.24	-46.84	-2.17	-43.4	-2.11	-44.28	-1.98	-53.24	-2	-47.92	-1.97	-45.08
HH_LOG_DIST_WORK	-2.11	-33.74	-2.25	-32.99	-2.15	-41.3	-2.01	-37.89	-2.04	-35.7	-2.33	-40.51	-1.79	-42.21	-2.13	-40.57	-2.15	-42.78
LA_MIVACC_CAR	-0.251	-3.57	-0.439	-5.99	-0.435	-6.53	-0.28	-4.46	-0.2	-2.86	-0.249	-3.96	-0.201	-3.52	-0.298	-4.99	-0.262	-3.97
LA_PTACC_NOCAR	-0.00646	-0.07	-0.138	-1.82	0.0667	1.22	-0.0973	-1.23	0.0597	0.92	-0.0933	-1.67	-0.0223	-0.37	-0.023	-0.44	0.0835	1.76
LB_BUILT_1980-	0.961	1.08	3.42	3.75	1.46	1.89	-0.384	-0.51	0.734	0.92	-1.42	-2.02	1.56	2.48	1.12	1.76	0.631	0.91
LB_HOMOGENEITY	-1.05	-2.84	-1.34	-3.57	-1.42	-4.31	-2.57	-7.98	-2.19	-6.47	-2.49	-8.1	-3.13	-10.83	-2.34	-7.86	-1.68	-5.57
LB_LAKEACCESS	0.435	4.92	0.462	4.91	0.507	6.22	0.402	5.16	0.394	4.83	0.399	5.31	0.311	4.51	0.405	5.64	0.389	5.32
LB_LAKEVIEW	-5E-05	-2.08	-5E-05	-2.06	1.4E-05	0.74	1.5E-05	0.84	3.4E-05	1.84	3.6E-05	2.13	0.0001	7.82	5.9E-05	4.12	6.2E-05	3.87
LB_NATUR_DIS	0.00013	0.51	-0.00027	-1.05	-0.00021	-0.9	0.00012	0.43	0.00045	1.71	-0.00017	-0.61	7.2E-05	0.28	-0.00036	-1.45	-0.00034	-1.62
LB_NOISE_FLIGHT	-0.0055	-0.99	-0.0363	-5.76	-0.00604	-1.69	-0.0179	-4.35	-0.0126	-3.29	-0.00864	-2.84	-0.013	-4.77	-0.0145	-5.49	-0.0147	-4.84
LB_RAUMTYP01	-0.505	-2.58	-0.0216	-0.13	0.206	1.55	-0.594	-3.73	-0.538	-3.5	-0.279	-2.02	-0.112	-0.82	0.0108	0.08	0.404	3.3
LB_SWISSCENT_MIV	0.0321	9.1	0.0317	8.36	0.0315	9.75	0.0242	7.23	0.0236	6.16	0.0256	7.31	0.0147	4.69	0.0206	5.82	0.0221	6.33
LB_SWISSCENT_PT	0.00485	1.83	-0.00042	-0.14	-0.00274	-1.03	0.00381	1.58	0.0059	2.19	-0.00336	-1.3	-0.00069	-0.29	-0.00841	-3.14	-0.00813	-3.03
LP_GUETE	-0.152	-4.3	-0.208	-4.75	-0.215	-4.98	-0.169	-4.86	-0.186	-4.58	-0.171	-4.43	-0.203	-4.99	-0.0874	-2.24	-0.196	-4.63
LP_HIGHWAY	0.253	2.6	0.369	3.64	0.133	1.58	0.31	3.76	0.287	3.4	0.283	3.71	0.257	3.67	0.291	4.04	0.245	3.32
LP_STATION	0.421	4.95	0.431	4.75	0.362	4.58	0.377	5.05	0.375	4.77	0.274	3.82	0.233	3.57	0.329	4.84	0.253	3.48
LS_FOREIGNERS_X_FOREIGN	7.27	2.59	8.96	3.65	9.89	3.3	7.39	1.75	3.41	0.94	-0.402	-0.15	0.124	0.04	-0.766	-0.22	-3.52	-1.23
LS_LEISURE_DENS	-0.155	-3.53	-0.142	-5.67	-0.0912	-5.98	-0.125	-4.4	-0.204	-5.22	-0.176	-7.72	-0.171	-8.25	-0.132	-7.94	-0.09	-6.54
LS_PERS_DENS	1.5E-05	0.82	6.1E-05	4.72	3.7E-05	4.05	4.3E-05	3.1	2.7E-05	2.42	1.7E-05	1.74	-9E-06	0.92	9.2E-06	1.15	2.4E-05	3.11
LS_RETAIL-CO_DENS	0.0169	5.33	0.00949	4.65	0.00686	4.63	0.0126	5.17	0.0132	6.18	0.0113	6.81	0.00905	5.93	0.00449	3.05	0.00501	4.2
LS_SAME_LANGUAGE	1.28	5.85	1.12	4.79	1.08	5.3	1.75	8.04	1.64	6.66	1.26	5.87	1.16	6.78	0.854	4.29	1.36	5.9
LS_SERV-CO_DENS	-0.00291	-4.21	-0.00123	-3.05	-0.00054	-1.98	-0.00218	-4.43	-0.0017	-4.57	-0.00103	-3.43	-0.00065	-2.47	-0.00032	-1.33	-0.00036	-1.69
RU_PRICE	-2.25	-4.58	-2.76	-5.14	-1.53	-3.66	-2.38	-6.61	-1.44	-3.84	-1.27	-3.67	0.528	1.89	0.115	0.37	-1	-3.31
Adjusted rho-square:	0.908		0.915		0.881		0.878		0.888		0.865		0.833		0.847		0.855	

Mod 23: Wohnstandortwahlmodell für Eigentümer mit Raumtypen des BFS(Nachfragesegmente)

Sheet22

Name	NaSe 1	NaSe 2	NaSe 3	NaSe 4	NaSe 5	NaSe 6	NaSe 7	NaSe 8	NaSe 9
	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value	t-test	Value
HH_LOG_DIST_PREVLOC	-2.35	-39.63	-2.23	-40.48	-2.15	-43.34	-2.1	-44.24	-1.96
HH_LOG_DIST_WORK	-2.12	-33.63	-2.23	-41.26	-2.02	-35.7	-2.3	-40.57	-1.77
LB_BUILT_1980-	1.33	1.47	3.05	1.2	0.022	0.03	-2.4	-3.35	0.745
LB_HOMOGENEITY	-1.08	-2.9	-1.03	-2.87	-1.83	-5.36	-2.14	-6.89	-2.79
LB_LAKEACCESS	0.406	4.59	0.493	5.1	0.395	4.81	0.406	5.37	0.305
LB_LAKEVIEW	-4E-05	-1.67	-4E-05	1.14	3.2E-05	1.75	3.3E-05	1.94	0.0001
LB_NATUR_DIS	0.00015	0.58	-0.00036	0.1	0.00045	1.72	-0.00022	-0.79	5.3E-05
LB_NOISE_FLIGHT	-0.00702	-1.25	-0.0378	-2.28	-0.0133	-3.47	-0.01	-3.28	-0.0145
LB_RAUMTYP01	-0.695	-3.13	-0.136	-0.522	-0.203	-1.12	0.082	0.5	0.264
LB_RAUMTYP02	-0.27	-1.92	-0.107	0.0896	0.76	3.27	0.432	3.89	0.452
LB_RAUMTYP03	-0.832	-2.92	-0.781	-0.484	-2.33	1.34	0.506	2.96	0.521
LB_RAUMTYP04	-0.467	-3.79	0.0319	0.85	0.421	3.94	0.478	4.95	0.446
LB_RAUMTYP06	0.113	0.99	0.0875	0.213	0.34	2.91	0.223	1.98	0.35
LB_SWISSCENT_MIV	0.0333	9.53	0.0365	10.86	0.0267	7.24	0.0302	8.96	0.0181
LB_SWISSCENT_PT	0.00492	1.86	0.00244	0.83	0.00783	2.91	0.00058	0.23	0.00212
LP_GUETE	-0.141	-4.02	-0.17	-4.17	-0.162	-4.01	-0.138	-3.56	-0.186
LP_HIGHWAY	0.2	2.05	0.251	0.09	0.195	2.4	0.166	2.22	0.151
LP_STATION	0.405	4.71	0.421	4.56	0.347	4.57	0.355	4.42	0.31
LS_FOREIGNERS_X_FOREIGN	6.97	2.47	8.72	3.29	6.76	1.61	-0.35	-0.13	0.492
LS_LEISURE_DENS	-0.175	-3.87	-0.163	-6.06	-0.137	-4.8	-0.179	-7.8	-0.173
LS_PERS_DENS	9.4E-06	0.5	5.3E-05	3.63	3.2E-05	2.07	1.1E-05	1.17	-1E-05
LS_RETAIL-CO_DENS	0.0164	5.16	0.00999	4.35	0.0126	5.94	0.0108	6.52	0.00876
LS_SAME_LANGUAGE	1.27	5.76	1.13	5.41	1.67	6.76	1.26	5.87	1.16
LS_SERV-CO_DENS	-0.0028	-4.07	-0.00125	-1.79	-0.00159	-4.28	-0.00094	-3.14	-0.00056
RU_PRICE	-1.91	-3.83	-2.65	-3.73	-1.61	-4.26	-1.59	-4.66	0.186

Adjusted rho-square:

0.908 0.914 0.88 0.878 0.888 0.865 0.834 0.848 0.856

3 Synthetische Population

Kirill Müller, Balz Bodenmann

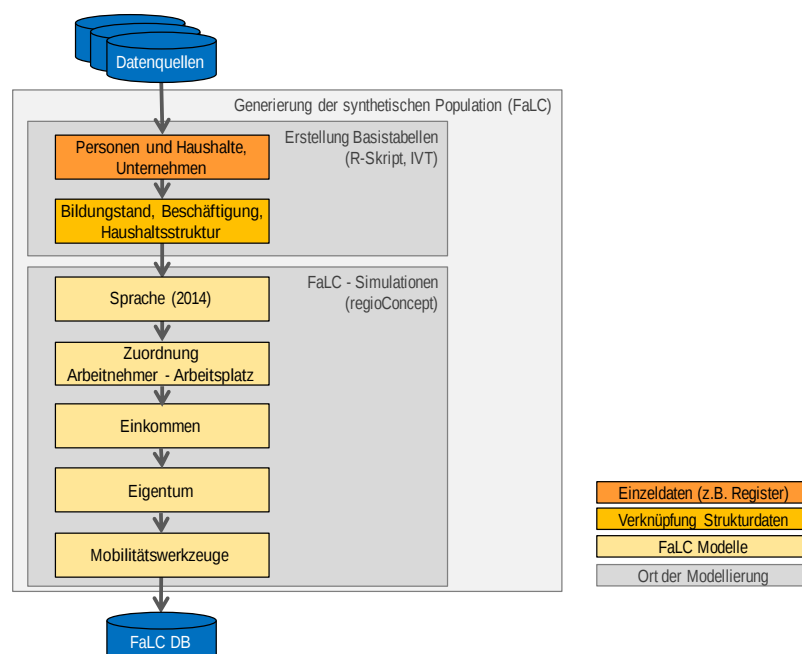
In diesem Arbeitspaket sind verschiedene Weiterentwicklungen an Methoden und Differenzierung der synthetischen Population vorzunehmen. Ziel ist es, dass aus der synthetischen Population variable Personengruppen insbesondere für das Nationale Personenverkehrsmodell NPVM gebildet werden können. Im Rahmen der vorliegenden Arbeiten wurden die Synthetischen Populationen für die Jahre 2000 und 2014 aufgrund von verschiedenen Informationsquellen modelliert und anschliessend validiert.

3.1 Genereller Ablauf

Die Synthetische Population wird über mehrere Schritte erstellt. Dabei werden in einem ersten Schritt die sogenannten FaLC-Basistabellen erstellt. Hierzu werden die bestehenden Einzeldaten aus der Volkszählung und der Betriebszählung (beziehungsweise je nach Basisjahr aus den entsprechenden Registern) eingelesen, mit Angaben zu Bildungsstand, Beschäftigung und Haushaltsstruktur angereichert, und erst zum Schluss für die FaLC-Modelle umcodiert. Dieser erste Teil der synthetischen Population erfolgt mit einem durch das IVT erstellten R-Skript, das direkt aus FaLC aufgerufen werden kann.

Anschliessend werden die vorbereiteten Basistabellen in FaLC eingelesen und mit weiteren Informationen angereichert.

Abb. 12 Ablauf Synthetische Population



3.1.1 Überblick zur Implementierung in FaLC

Das Tool zur Generierung der Synthetischen Population enthält proprietäre Bestandteile von FaLC, die nicht als Open-Source-Code zur Verfügung stehen (insbesondere die Verknüpfung der Personen mit den Arbeitsplätzen). Die vom IVT erstellten Teile in R können von FaLC aufgerufen werden und sind so in den Ablauf integriert. Der Vorteil dieses Vorgehens ist einerseits die Kompatibilität insbesondere des Einkommens mit den jährlichen Modellen. Andererseits kann garantiert werden, dass das Tool regelmässig genutzt und weiterentwickelt wird.

Der Ablauf in FaLC ist wie folgt:

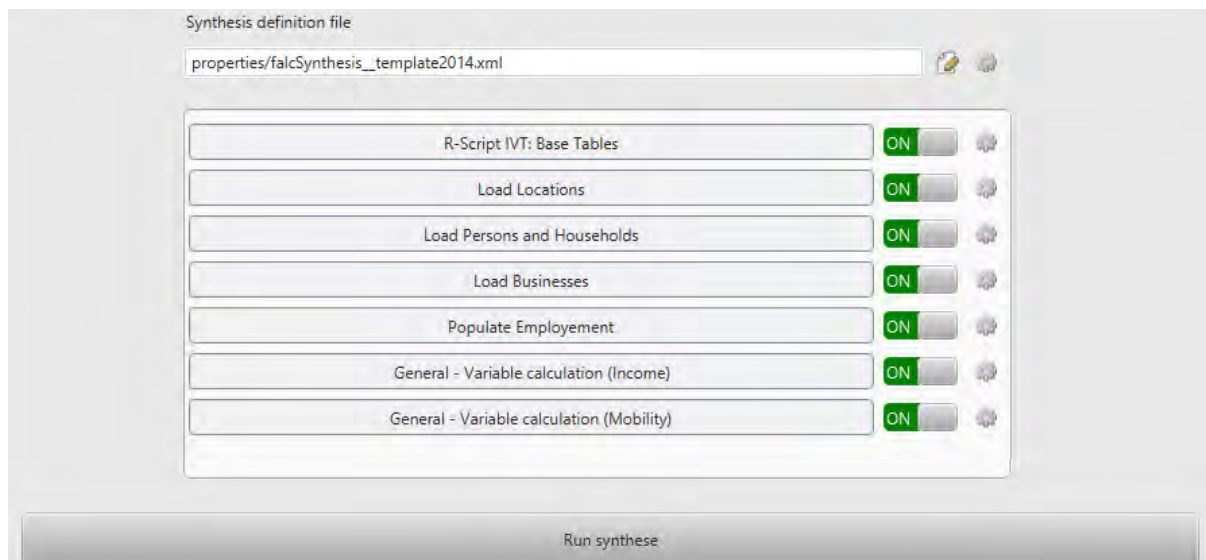
1. Erstellen Basistabellen (Aufruf eines R-Scripts)
 - a) Einlesen der Rohdaten (u.a. STATPOP, Strukturerhebung)
 - b) Fehlende Variablen und Zusammenhänge imputieren
(Position in Unternehmen, Anzahl Dienstjahre, Ausbildung, Position im Haushalt)
 - c) Variablen transformieren/umkodieren
 - d) Basistabellen schreiben (Zwischenresultat)
2. Einlesen der Basistabellen (Locations, Personen/Haushalte, Unternehmen)
3. Verknüpfung der Arbeitnehmer zu den Arbeitsplätzen
4. Simulation Einkommen (FaLC-Script)
5. Simulation Mobilitätswerkzeuge (FaLC-Script)

In FaLC ist es einerseits möglich, die Parameter der einzelnen Modelle zu verändern, andererseits können die Modelle in der neusten Version von FaLC-GUI auch bezüglich Reihenfolge verändert sowie ergänzt werden. Damit können neue Skripts einbezogen werden oder aber Tests bezüglich der Reihenfolge der Modelle gemacht werden.

Die folgende Abb. 13 zeigt die Oberfläche zu Steuerung des Ablaufs zur Erstellung der synthetischen Population. Die Modellparameter werden in einer XLM-Datei gespeichert und können wie die Modelle der jährlichen Zyklen bearbeitet werden.

Als Resultat wird FaLC eine neue synthetische Population bestehend aus den Tabellen Personen, Haushalte, Unternehmen und Locations in die Datenbank ausgeben. Diese kann anschliessend für die FaLC-Simulationen verwendet werden.

Abb. 13 FaLC-GUI Oberfläche zur Steuerung des Modellablaufs



FaLC wird wie bisher mit Kopieren des Programmcodes oder mit dem Installations-Wizard installiert (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>)

3.1.2 R-Skript Basistabellen

Die Erzeugung der synthetischen Population lässt sich jeweils in folgende Schritte einteilen:

- Rohdaten einlesen;
- Fehlende Variablen und Zusammenhänge imputieren;
- Variablen transformieren/umkodieren;
- Zieldaten schreiben.

Der Übertragung in eine Datenbank (ohne weitere Datentransformation) folgt die Implementation von Abfragefunktionen, die beispielsweise die Abfrage eines Samples von Haushalten oder die Umwandlung von Zahlen in textuelle Beschreibungen bei kategorischen Variablen umfassen. Das Ergebnis der Datenaufbereitung wird als Satz R-Pakete verpackt. Die Paketierung definiert eine klare Software-Schnittstelle für die Rohdaten und erlaubt somit eine strikte und nachweisliche Trennung zwischen Rohdaten und aufbereiteten Daten. Ein Austausch des verwendeten Datensatzes (z.B. die Verwendung einer neueren Registererhebung) ist ebenfalls mit wenig Aufwand machbar, da für den gesamten Einleseprozess Skripte mitveröffentlicht werden.

Die Wiederholbarkeit des Aufbereitungsprozesses wird stetig geprüft (continuous integration), so dass zum Schluss ein Skriptgeflecht geliefert werden kann, das die gesamte Berechnung ausgehend von den Rohdaten bis zum Endergebnis durchführt. Die Berechnung wird durch einen einzigen (Kommandozeilen-)Befehl angestoßen. Insofern sind sowohl das Ausgabe-

format wie auch die Namen und Kodierungen der Spalten flexibel und können an sich ändernde Anforderungen angepasst werden. Dies erscheint umso wichtiger, da die Erstellung der Basisdaten den Anfang einer langen Datenverarbeitungskette darstellt, und so allfällige erst spät entdeckte Probleme ohne Mehraufwand "an der Quelle" behoben werden können.

Die R-Skripte des IVT sind selbständig lauffähig und benötigen einzig die Installation von R und den verwendeten Bibliotheken. Es muss keine zusätzliche Datenbank installiert werden. Um die Installation zu vereinfachen, werden die Skripte gemeinsam mit R und allen notwendigen Bibliotheken in einem Archiv gebündelt geliefert. Das Skript und die Installation werden in einem Handbuch benutzergerecht dokumentiert und beschrieben.

Im Anhang A sind die Formate der FaLC-Basistabellen ersichtlich. Die R-Skripte des IVT erzeugen die CSV-Daten entsprechend dieser Kodierung. Zusätzliche Spalten werden von FaLC ignoriert.

3.2 Basistabellen 2000

Die Erzeugung der einzelnen Variablen für die Population mit Stand 2000 und die zu berücksichtigenden Zusammenhänge werden jeweils stichpunktartig beschrieben.

3.2.1 Haushalte

Zwecks Konsistenz mit dem 2014-Szenario wird auch für das Jahr 2000 auf Basis der Volkszählung die zivilrechtliche Wohnbevölkerung am Hauptwohnsitz als Grundgesamtheit festgelegt (Variablen: WKAT = 1 oder WKAT = 4). Es werden grundsätzlich alle Haushalte am Hauptwohnsitz übernommen (auch Sonderfälle wie WGs, Wohnheime und Gefängnisse), um eine einfache Nachprüfbarkeit anhand von Randsummen zu gewährleisten.

Aus den Rohdaten der Volkszählung können die folgenden Variablen übernommen werden:

- Haushalts-ID (HHNR);
- Ort: Hektarscharf in den Rohdaten gegeben (XACH, YACH), Matching mit den NPVM-Zonen;
- Haushaltsvorstand und (Ehe-)Partner (RPHHZ = 1 bzw. = 2);
- Haushaltstyp (HHTTP).

Das von FaLC unterstützte Haushaltsmodell ist sehr einfach: Ein Haushalt besteht aus einem Haushaltsvorstand mit optionalem Partner und optionalen Kindern. Nicht alle Personen der Volkszählung passen unverändert in dieses Schema, ca. 530'000 Personen werden in synthetischen Einzelhaushalten untergebracht, wie im folgenden Abschnitt beschrieben.

3.2.2 Aufbrechen komplexer Haushaltsstrukturen

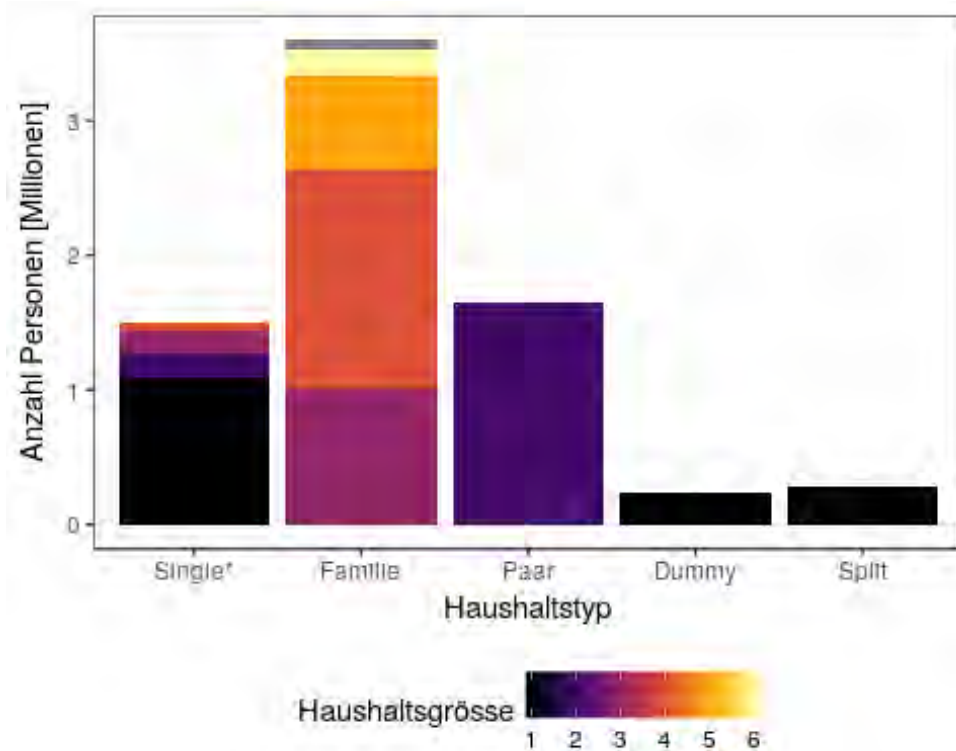
Bei Privathaushalten wird wie folgt vorgegangen:

- Für jeden Haushalt werden zunächst Referenzperson, deren Partner und die Kinder erfasst.
- Eventuelle weitere Personen werden jeweils einem neuen Einpersonenhaushalt zugeordnet. In der folgenden Analyse sind diese Personen mit "Split" gekennzeichnet.

Hierbei werden auch komplexe Haushaltsstrukturen wie Mehrgenerationenhaushalte und WGs aufgebrochen, so dass alle entstehenden Haushalte in das FaLC-Schema passen. Bei Sammelhaushalten (z.B. Wohnheimen und Gefängnisse) wird einfach pro Person ein Haushalt gebildet. Diese Personen erscheinen als "Dummy" in der Analyse.

Durch diese Vorgehensweise wird die Anzahl der Einpersonenhaushalte erhöht, dies ist bei auf diesen Daten basierenden Auswertungen zu berücksichtigen. Abb. 14 zeigt die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Haushaltstypen und den jeweiligen Haushaltsgrößen, wobei Personen in Haushalten mit 7 oder mehr Personen in grau dargestellt werden. Einpersonenhaushalte und alleinerziehende Elternteile sind in der Kategorie "Single*" zusammengefasst.

Abb. 14 Personen in Haushalten, nach Typ und Haushaltsgrösse



Mit dieser Methode werden sowohl Mehrgenerationenhaushalte als auch Sammelhaushalte abgedeckt. Die ID der FaLC-Haushalte ergibt sich aus der Volkszählungs-ID und einem vierstelligen Suffix, dieser ist 0000 für Original-Haushalte und wird für neue Dummy-Haushalte entsprechend hochgezählt. Die Personen-ID wird hingegen unverändert übernommen.

3.2.3 Haushalts-Tabelle

Tab. 10 zeigt einen Ausschnitt der für das Jahr 2000 generierten Haushalts-Tabelle.

Tab. 10 Ausschnitt aus der Haushaltstabelle 2000

household_id	run	location_id	dfoundation	dclosing	type_1	type_2	type_3	XACH	YACH
17769830000	0	4261	NA	NA	NA	NA	2	635000	267500
42330040000	0	26104	NA	NA	NA	NA	2	682200	247700
21651870000	0	1029	NA	NA	NA	NA	3	660500	226700
1186500000	0	4279	NA	NA	NA	NA	1	630000	235100
20547860000	0	2299	NA	NA	NA	NA	3	588700	175500
2005280000	0	2228	NA	NA	NA	NA	1	575300	182500
10418480000	0	83	NA	NA	NA	NA	2	676500	256500
10418480001	0	83	NA	NA	NA	NA	0	676500	256500
35482680000	0	2323	NA	NA	NA	NA	2	555000	153000
4509440000	0	26	NA	NA	NA	NA	1	691000	269800

3.2.4 Personen

Alle Haushaltspersonen in Haushalten aus der Grundgesamtheit werden erfasst. Die folgenden Variablen können direkt aus den Rohdaten der Volkszählung übernommen werden:

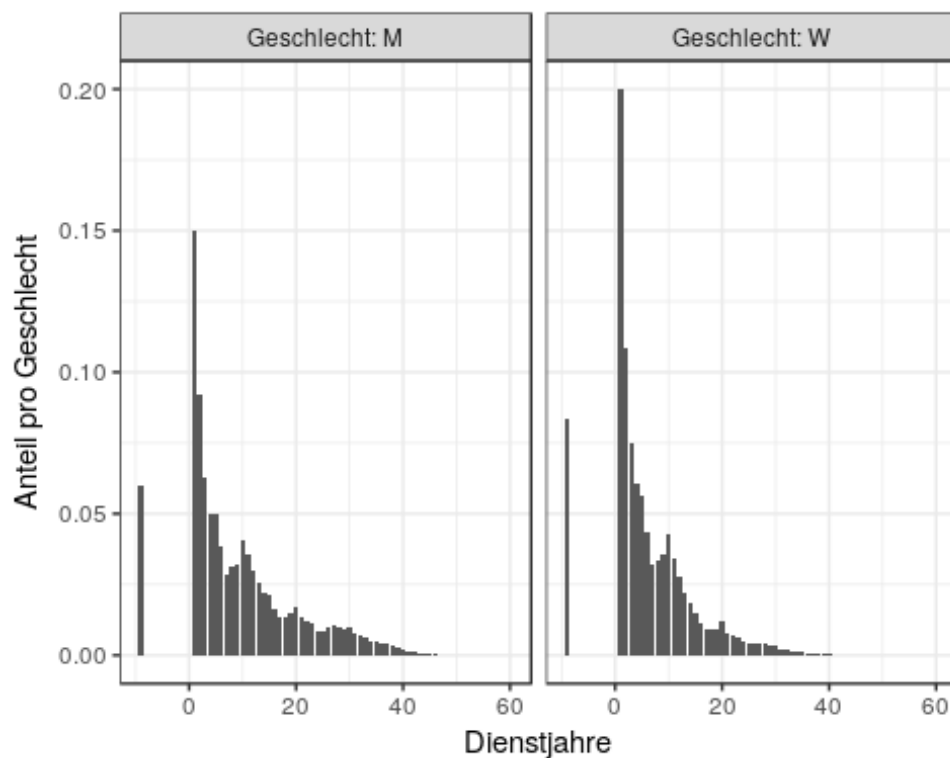
- Person-ID und Haushalts-ID (PERSON_ID, HHNR mit Transformation wie oben beschrieben);
- Geschlecht und Geburtsjahr (GESL, GEJA);
- Nationalität (NATI);
- Bildungsniveau (HABG);
- Erwerbsstatus (KAMS, AMS, SOPK);
- Dienstjahre: Imputation aus Lohnstrukturerhebung 2000.

Im folgenden Abschnitt wird die Imputation der Dienstjahre beschrieben.

3.2.5 Imputation Dienstjahre

Die Lohnstrukturerhebung 2000 enthält für eine gewichtete Stichprobe von 667'935 Angestellten neben den Dienstjahren die für die synthetische Population erzeugten Variablen Alter, Geschlecht, Ausbildungsstatus, Stellung im Beruf und Aufenthaltsstatus. Die 33 bzw. 144 Beobachtungen ohne Geschlechts- oder Altersangabe und die immerhin 52'261 Beobachtungen ohne Angabe der Dienstjahre wurden aus dem Datensatz entfernt, ebenso wie die 91'324 Beobachtungen mit einem anderen Aufenthaltsstatus als "Schweizer" oder "Niedergelassener". Abb. 15 zeigt die Verteilung der Dienstjahre nach Geschlecht. Die Verteilung ähnelt bei beiden Geschlechtern einer Poisson-Verteilung, hat aber relative Häufungen um 10, 20 und 25 Jahre herum.

Abb. 15 Verteilung der Dienstjahre



Als mögliche Prädiktoren für die Anzahl Dienstjahre stehen folgende Attribute zur Verfügung:

- Ausbildungsniveau
- Stellung im Beruf
- Alter
- Geschlecht

Um den relativen Effekt dieser Prädiktoren abzuschätzen, wurde ein einfaches lineares Modell des Dienst Eintrittsalters geschätzt, siehe Tab. 12. Dies ist aufgrund des direkten Zusammenhangs des Alters mit dem Dienstalter etwas einfacher zu interpretieren als ein Modell des

Dienstalters. Aus den Modellparametern ergibt sich ein eher kleiner Einfluss der verschiedenen Kategorien auf das mittlere Dienst Eintrittsalter, Alter und Geschlecht bleiben die wichtigsten Prädiktoren, gefolgt vom Ausbildungsniveau. Die Berücksichtigung des Ausbildungsniveaus scheitert zunächst an der hohen Anzahl fehlender Werte (bei rund 192'000 Personen wurde die Ausbildung nicht angegeben) sowie an der Diskrepanz der Dienstjahresverteilung in Abhängigkeit davon, ob das Attribut gefüllt ist (Mittelwert: 8.19 Jahre bei vorhandener und 11.7 Jahre bei fehlender Angabe des Ausbildungsniveaus). Bei der Stellung im Beruf beträgt der Unterschied zwischen den Kategorien beim mittleren Dienst Eintrittsalter deutlich weniger als ein Jahr.

Tab. 11 Modell des Dienst Eintrittsalters

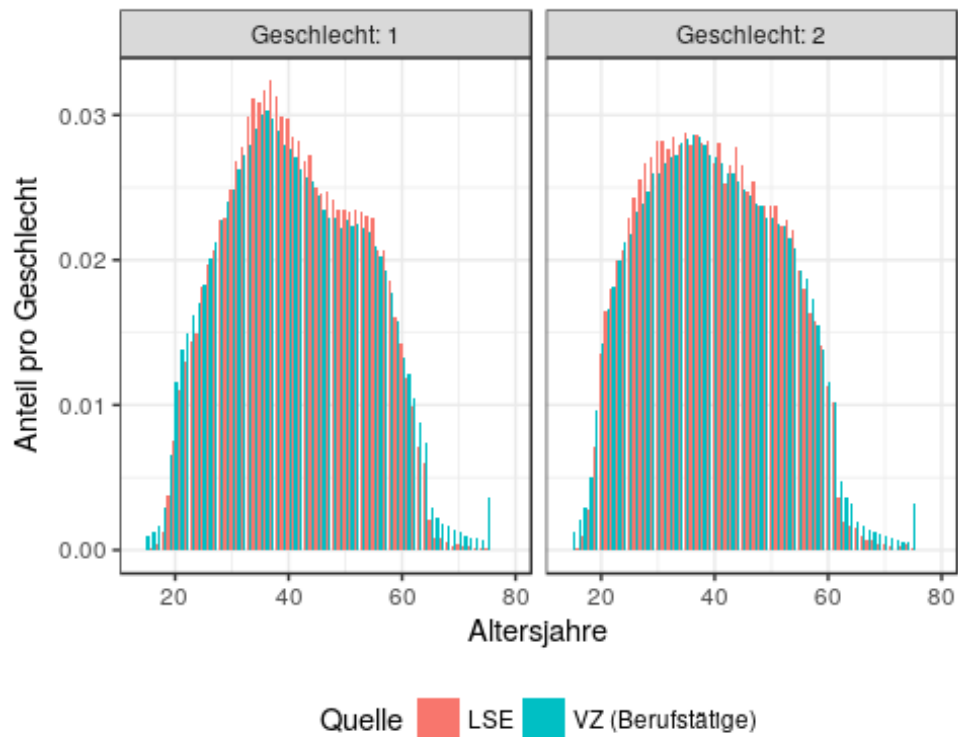
Dependent variable: (alter - dienstja)		
alter	0.525***	(0.001)
geschle	2.099***	(0.026)
factor(ausbild)2	-1.751***	(0.076)
factor(ausbild)3	-2.759***	(0.068)
factor(ausbild)4	-2.711***	(0.148)
factor(ausbild)5	-2.698***	(0.095)
factor(ausbild)6	-3.966***	(0.054)
factor(ausbild)7	-3.012***	(0.069)
factor(ausbild)8	-2.643***	(0.061)
factor(ausbild)9	-3.927***	(0.072)
factor(berufst)1	1.331***	(0.080)
factor(berufst)2	0.811***	(0.070)
factor(berufst)3	1.462***	(0.061)
factor(berufst)4	1.506***	(0.061)
factor(berufst)5	3.249***	(0.046)
Constant	8.576***	(0.088)
Observations	423'173	
R ²	0.355	
Adjusted R ²	0.355	
Residual Std. Error	10.422 (df = 423'157)	
F Statistic	15,538.190*** (df = 15; 423'157)	
p<0.1; p<0.05; p<0.01		

Aus diesen Gründen werden aus der Lohnstrukturhebung lediglich die Attribute Alter und Geschlecht für die Modellierung der Dienstjahre verwendet. Der resultierende Fit des entsprechenden linearen Modells ist nur unwesentlich schlechter, siehe Tabelle Tab. 12. Die Lohnstrukturhebung wird über diese Attribute mittels statistical matching (D’Orazio, Zio and Scanu, 2006) mit den berufstätigen Personen der Volkszählung verknüpft. Dabei wird für jede berufstätige Person aus der Volkszählung aus der empirischen Verteilung der Dienstjahre für Personen des gleichen Alters und Geschlechts gezogen. Die Grösse der Stichprobe lässt dies zu. Die Grundgesamtheiten sind ähnlich, aber nicht ganz identisch. Die Verteilung der Attribute Geschlecht und Alter stimmt fast überein, wie Abb. 16 zeigt.

Tab. 12 Reduziertes Modell des Dienst Eintrittsalters

Dependent variable: (alter - dienstja)		
alter	0.518***	(0.001)
geschle	2.156***	(0.026)
Constant	8.035***	(0.062)
Observations	423'173	
R ²	0.335	
Adjusted R ²	0.335	
Residual Std. Error	10.586 (df = 423170)	
F Statistic	106,487.500*** (df = 2; 423170)	
p<0.1; p<0.05; p<0.01		

Abb. 16 Vergleich Lohnstrukturhebung und Volkszählung



In der Volkszählung geben mehr junge Menschen und Menschen im Rentenalter an, berufstätig zu sein. Ein Grund für die minimalen Abweichungen insbesondere bei jüngeren Personen könnten die Auszubildenden sein, die in der Volkszählung vorhanden sind, in der Lohnstrukturhebung jedoch fehlen. Bei Übereinstimmung der Grundgesamtheiten liefert "statistical matching" eine unverzerrte Imputation (Müller und Axhausen, 2014). Im gegebenen Fall wird die sich aus der Lohnstrukturhebung ergebende Randverteilung der Dienstjahre trotz der leicht unterschiedlichen Grundgesamtheiten sehr gut getroffen und muss nicht weiter angepasst werden, wie Abb. 17 und Abb. 18 zeigen.

Abb. 17 Vergleich der Verteilung der Dienstjahre zwischen Lohnstrukturerhebung und den berufstätigen Personen in der synthetischen Population

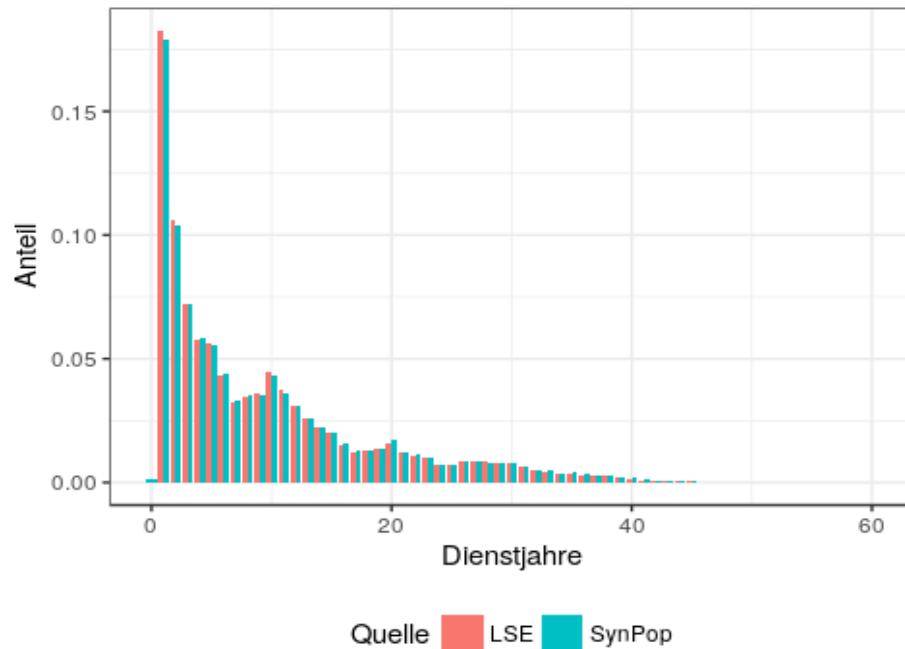
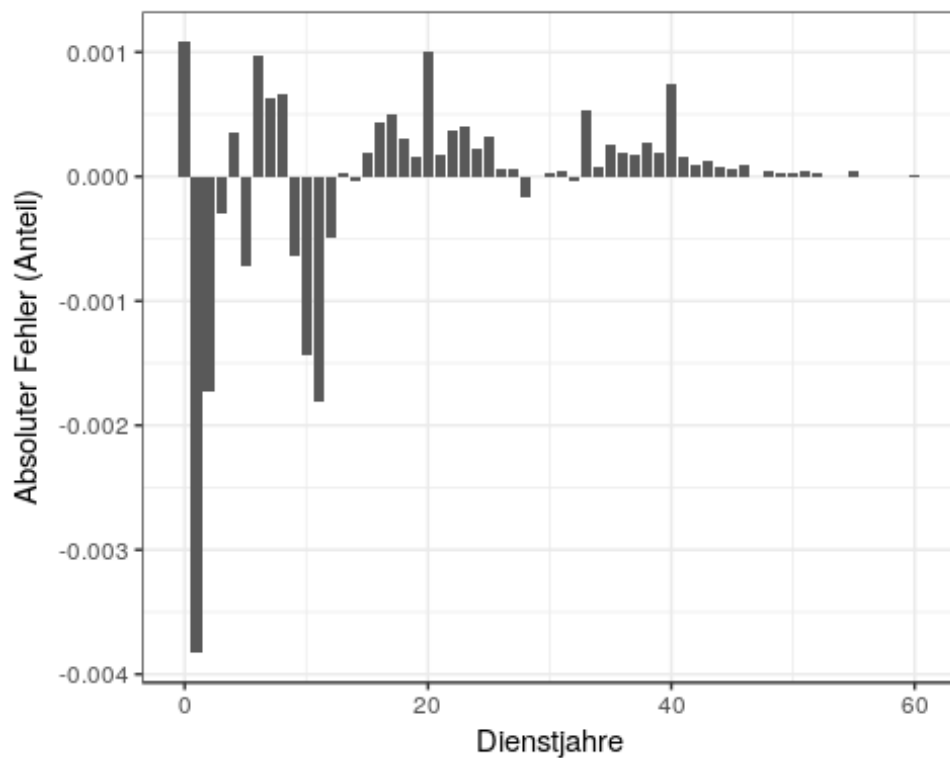


Abb. 18 Fehler bei der Verteilung der Dienstjahre zwischen Lohnstrukturerhebung und den berufstätigen Personen in der synthetischen Population



3.2.6 Personen-Tabelle

Die Tab. 13 bis Tab. 15 zeigen einen Ausschnitt der für das Jahr 2000 generierten Personen-Tabelle.

Tab. 13 Ausschnitt aus der Personentabelle 2000 (1/3)

person_id	run	business_id	household_id	position_in_hh	position_in_bus
2697	0	NA	17769830000	3	0
3039	0	NA	42330040000	3	0
13613	0	NA	21651870000	1	0
17851	0	NA	1186500000	0	2
17854	0	NA	20547860000	2	2
19320	0	NA	2005280000	1	2
19326	0	NA	2005280000	3	0
20635	0	NA	17769830000	3	0
20683	0	NA	17769830000	1	0
20716	0	NA	17769830000	2	2

Tab. 14 Ausschnitt aus der Personentabelle 2000 (2/3)

person_id	partnership _since	employed _since	sex	income	dbirth	status	ddeath
2697	2000	NA	1	NA	20-11-1996	0	NA
3039	2000	NA	0	NA	13-09-1978	0	NA
13613	1973	NA	0	NA	04-05-1949	0	NA
17851	2000	1995	1	NA	07-06-1963	0	NA
17854	1989	1986	1	NA	15-04-1963	0	NA
19320	2000	1997	0	NA	14-06-1966	0	NA
19326	2000	NA	0	NA	31-07-1997	0	NA
20635	2000	NA	1	NA	12-04-1993	0	NA
20683	1988	NA	0	NA	08-02-1963	0	NA
20716	1988	1986	1	NA	26-12-1959	0	NA

Tab. 15 Ausschnitt aus der Personentabelle 2000 (3/3)

person_id	educa- tion	mother _id	father _id	decission- Number	nation	type_ 1	type_ 2	lan- guage
2697	1	NA	NA	NA	0	NA	0	1
3039	1	NA	NA	NA	0	NA	0	1
13613	2	NA	NA	NA	0	NA	0	1
17851	2	NA	NA	NA	0	3	100	1
17854	3	NA	NA	NA	0	3	100	1
19320	4	NA	NA	NA	0	10	35	2
19326	1	NA	NA	NA	0	NA	0	2
20635	1	NA	NA	NA	0	NA	0	1
20683	2	NA	NA	NA	0	NA	0	1
20716	2	NA	NA	NA	0	NA	100	1

3.2.7 Betriebe

Die Angaben zu den Betrieben werden für das Jahr 2000 aus der synthetischen Population für das bisherige Schweizer Modell übernommen. Die Daten basieren auf der Betriebszählung 2001 (vgl. Bodenmann et al., 2014a/2014b).

3.3 Basistabellen 2014

Die Erzeugung der einzelnen Variablen und die zu berücksichtigenden Zusammenhänge werden jeweils stichpunktartig beschrieben. Haushalte und Personen werden zunächst aus der Registererhebung erzeugt und anschliessend stochastisch mit der Strukturhebung verknüpft.

3.3.1 Haushalte

Als Grundgesamtheit werden alle Haushalte mit Personen am Hauptwohnsitz (`typeOfResidence = 1`) verwendet. Wie für 2000 werden grundsätzlich alle Haushalte inklusive aller Sonderfälle übernommen, um die Randsummen leicht nachprüfbar zu gestalten. Die folgenden Variablen können direkt aus den Rohdaten übernommen werden:

- Haushalts-ID (`householdIdnum`).
- Ort: Hektarscharf in den Rohdaten gegeben (`geoCoordE`, `geoCoordN`), Matching mit NPVM-Zonen.

Im Gegensatz zur Volkszählung 2000 lässt sich der Haushaltsvorstand, (Ehe-)Partner und Haushaltstyp nicht mehr direkt aus den Daten der Registererhebung ableiten. Für die Imputation dieser Attribute wird ein "random forest" (Breiman, 2001) auf den Daten der Volkszählung 2000 trainiert und auf die Registerdaten 2014 angewendet. Der "random forest" ist ein nicht-parametrisches Klassifikationsverfahren, bei dem das endgültige Klassifikationsergebnis durch Auszählung der Ergebnisse mehrerer unkorrelierter Entscheidungsbäume ermittelt wird. Dieser Prozess wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

3.3.2 Modellierung der Haushaltsstruktur mit "random forest"

Es werden folgende Rollen im Haushalt unterschieden:

- Haushaltsvorstand (ein oder zwei pro Haushalt)
- Kinder (beliebig viele)

Andere Haushaltsrollen werden von FaLC nicht sinnvoll verarbeitet, übrig bleibende Personen werden analog zu Abschnitt 2.3.1.1 zu Einzelhaushalten gesplittet.

Das Modell basiert auf Variablen der Volkszählung 2000, die auch in den Registerdaten 2014 zur Verfügung stehen. Dies sind Alter, Geschlecht, und Zivilstand der Haushaltspersonen. Als Zielvariable wird die Rolle im Haushalt für die Haushaltspersonen verwendet.

Statistische Modelle sind gewöhnlich nur auf "sauberen Daten" definiert, die in einer einzelnen Tabelle mit einer Beobachtung pro Zeile und Attributen in den Spalten abgelegt sind. Der "random forest" ist keine Ausnahme. Die Personendaten müssen demnach aggregiert werden, um als Tabellenform verarbeitet zu werden.

Für die Aggregation werden die Haushaltspersonen pro Haushalt nach Alter (absteigend) angeordnet, bei gleichem Alter werden männliche Personen zuerst aufgeführt. Die Zielvariable auf Haushaltsebene wird aus dem Rang der Haushaltsvorstände in dieser Sortierreihenfolge, und dem Rang des ältesten Kindes gebildet. Die Anzahl der Kinder spielt hierbei keine Rolle.

Beispiele: Ein Haushalt bestehend aus einer alleinerziehenden Mutter, die mit ihrer Grossmutter (im Ruhestand) und ihren Kindern wohnt, wird als 2-3 kodiert: Die Grossmutter ist die älteste (Rang 1, in der Kodierung nicht angegeben), der einzige Haushaltsvorstand ist die Mutter (Rang 2), Kinder beginnen bei Rang 3. Ein Paarhaushalt ohne Kinder wird als 1,2- kodiert. Einpersonenhaushalte werden der Einfachheit halber ebenfalls im Modell aufgenommen und als 1 kodiert, obwohl hier die Zuordnung eindeutig ist (Haushalte mit einem Vorstand und jüngeren Haushaltsmitgliedern werden mit 1- kodiert, so ist eine Unterscheidung möglich.) Tab. 16 zeigt die Kodierung und die Häufigkeiten der jeweiligen Haushaltstypen.

Tab. 16 Codierung der unabhängigen Variable für die Modellierung der Haushaltsstruktur (HHV: Haushaltsvorstand, HHM: Haushaltsmitglied)

Code	Anzahl HH	Beschreibung
1	1088366	Einpersonenhaushalt
1,2-3	888807	Paarhaushalt mit mindestens einem Kind
1,2-	814228	Paarhaushalt ohne Kinder
1-2	155101	Alleinerziehender Elternteil
1-	36388	Ein HHV mit mindestens einem jüngeren HHM (z.B. Geschwister), ohne Kinder
2-	36193	Ein HHV mit einem älterem HHM (z.B. Elternteil), ohne Kinder
2,3-4	14609	Paarhaushalt mit mindestens einem Kind und einem älteren HHM
1,2-4	10635	Paarhaushalt mit mindestens einem Kind und einem jüngeren HHM
2,3-	8297	Paarhaushalt mit einem älteren HHM, ohne Kinder
2-3	4467	Alleinerziehender Elternteil mit einem älteren HHM
1-3	3685	Alleinerziehender Elternteil mit einem jüngeren HHM
3-	2417	HHV mit zwei älteren Personen (z.B. Eltern), ohne Kinder
1,3-	2310	Paarhaushalt mit einem etwa gleich alten HHM, ohne Kinder
1,3-4	1894	Paarhaushalt mit Kindern und einem etwa gleich alten HHM
3,4-5	1713	Paarhaushalt mit Kindern und zwei älteren Personen (z.B. Eltern)

Mit Hilfe dieser Kodierung können die Haushaltsvorstände eindeutig zugeordnet werden. Die Zuordnung der Kinder ist nur unter der Annahme eindeutig, dass alle Personen, die jünger als das älteste Kind sind, ebenfalls Kinder des Haushaltsvorstands sind. Dies ist in der Volkszählung 2000 lediglich für 10'870 von 7'108'582 (0.153%) der bei der Modellierung berücksichtigten Personen nicht gegeben. Diese minimale Diskrepanz ist im weiter unten berichteten Modellierungsfehler nicht enthalten.

Des Weiteren wurden Haushaltstypen, die mit einer relativen Häufigkeit unter 0.05 % auftreten, von der Modellierung ausgeschlossen. Das betrifft 6'063 von 3'075'173 (0.197%) Haushalte der Volkszählung 2000.

Der Rang der Haushaltspersonen wird genutzt, um die unabhängigen Variablen auf Haushaltsebene zu bilden. Zu jeder Haushaltsperson wird Alter, Geschlecht, Zivilstand, sowie die Altersdifferenz zur nächstjüngeren Person erfasst. Beispiele:

- `age_01` gibt das Alter der ältesten Person an.
- `sex_02` gibt das Geschlecht der zweitältesten Person an.
- `age_diff_02` gibt den Altersunterschied zwischen zweit- und drittältester Person an.

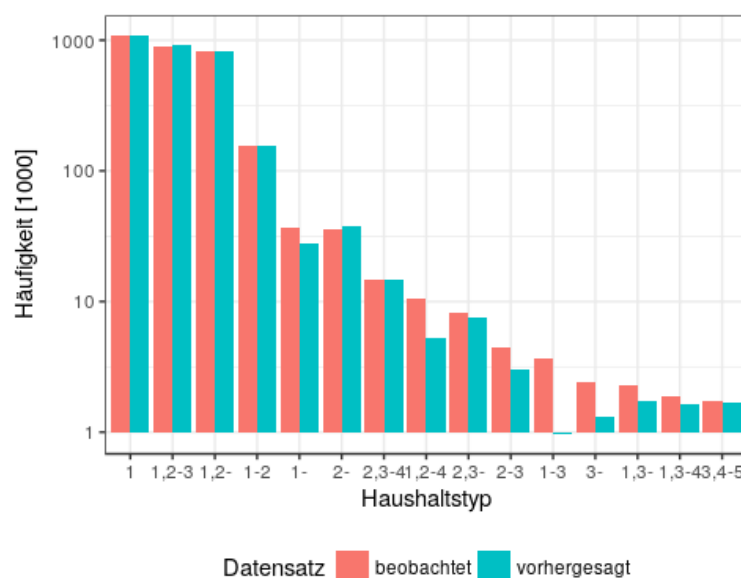
Da "random forests" nicht mit fehlenden Werten umgehen können (z.B. `age_03` bei Paarhaushalten), wurden diese jeweils durch -1 ersetzt. Die Wahl irgendeines Werts ausserhalb des zulässigen Wertebereichs genügt hier, da der "random forest" bei kontinuierlichen Attributen mit Schwellenwerten vergleicht und den tatsächlichen Wert sonst nicht weiter berücksichtigt.

Die Modellgüte (quantifiziert durch den "out-of-bag error") verbessert sich, wenn nur ein Teil der Variablen verwendet wird. Schlussendlich sind die folgenden Variablen Bestandteil des Modells: `age_01`, `age_02`, `age_03`, `age_04`, `age_05`, `age_06`, `sex_01`, `sex_02`, `age_diff_01`, `age_diff_02`, `marital_01`, `marital_02`, `marital_03`.

3.3.3 Analyse

Bei dem beschriebenen Modellaufbau wird ein "out-of-bag error" von 2.27% erreicht, dieses Fehlermass ist eine gute Näherung des zu erwartenden Fehlers bei Daten, die nicht zum Training verwendet wurden. Abb. 19 zeigt beobachtete und vorhergesagte Häufigkeiten pro Haushaltstyp auf einer logarithmischen Skala.

Abb. 19 Häufigkeiten der Haushaltstypen



Absolute und relative Fehler sind in den Abbildungen 20 und 21 dargestellt.

Abb. 20 Absoluter Vorhersagefehler

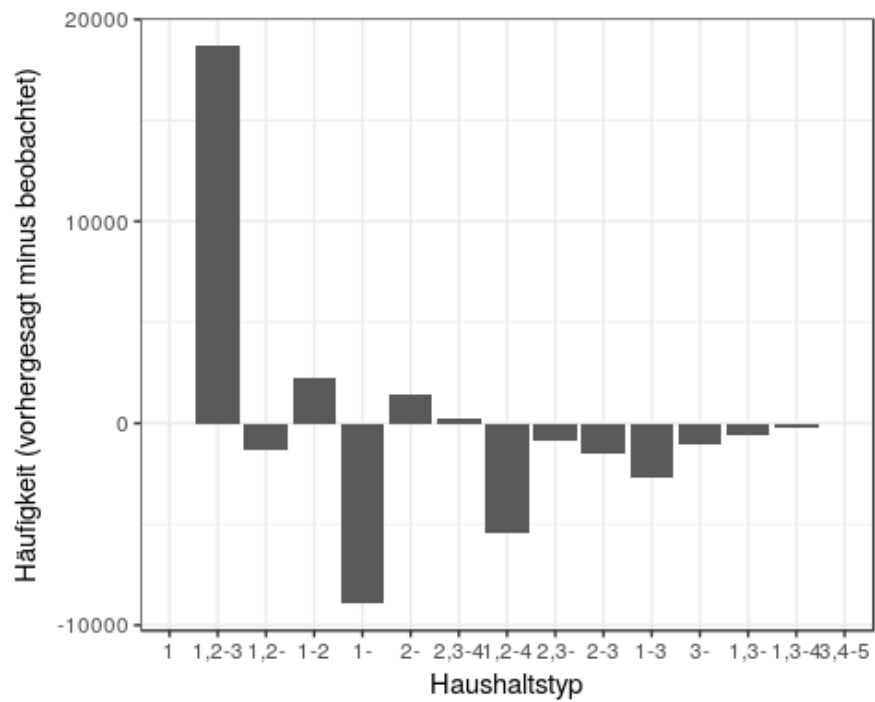
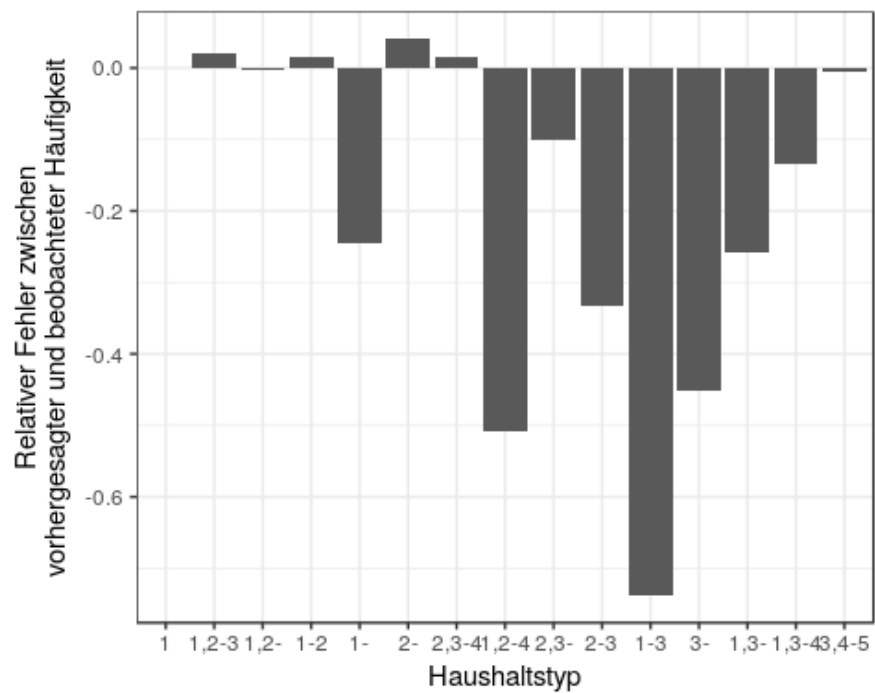
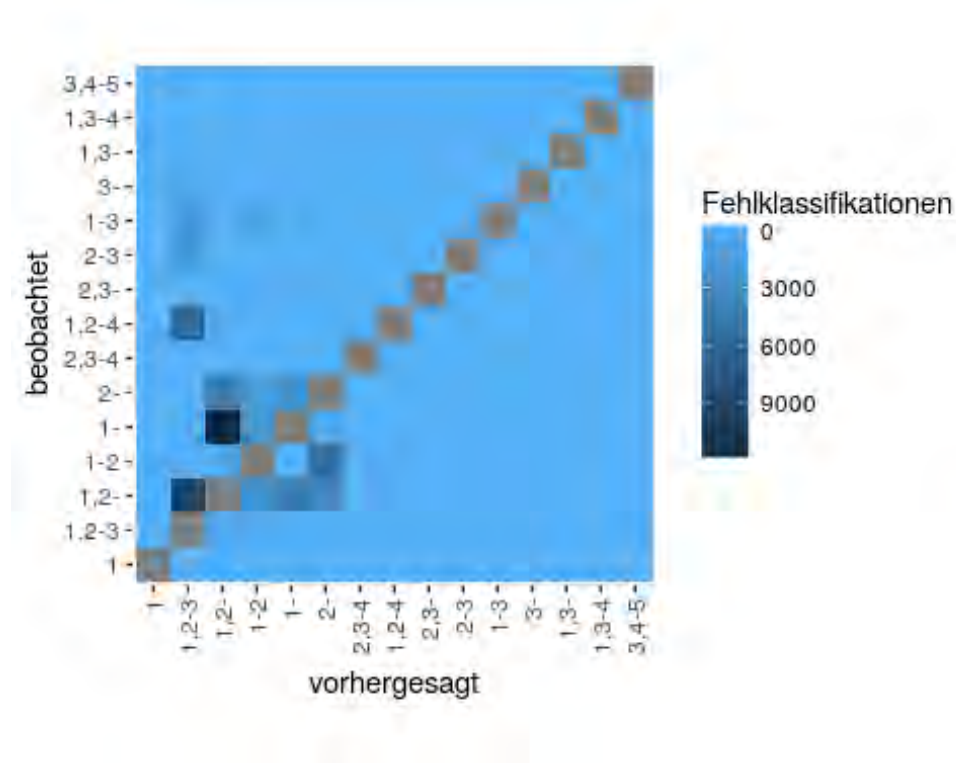


Abb. 21 Relativer Vorhersagefehler



Das Modell kann insbesondere die Haushaltstypen 1-, 1,2-4 und 1-3 nur schlecht zuordnen, dies sind allerdings ohnehin eher seltene Haushaltstypen. Der häufigste Haushaltstyp, 1,2-3, ist leicht überrepräsentiert. Abb. 22 zeigt die Konfusionsmatrix, anhand derer ersichtlich ist, welche Haushaltstypen oft verwechselt werden.

Abb. 22 Konfusionsmatrix

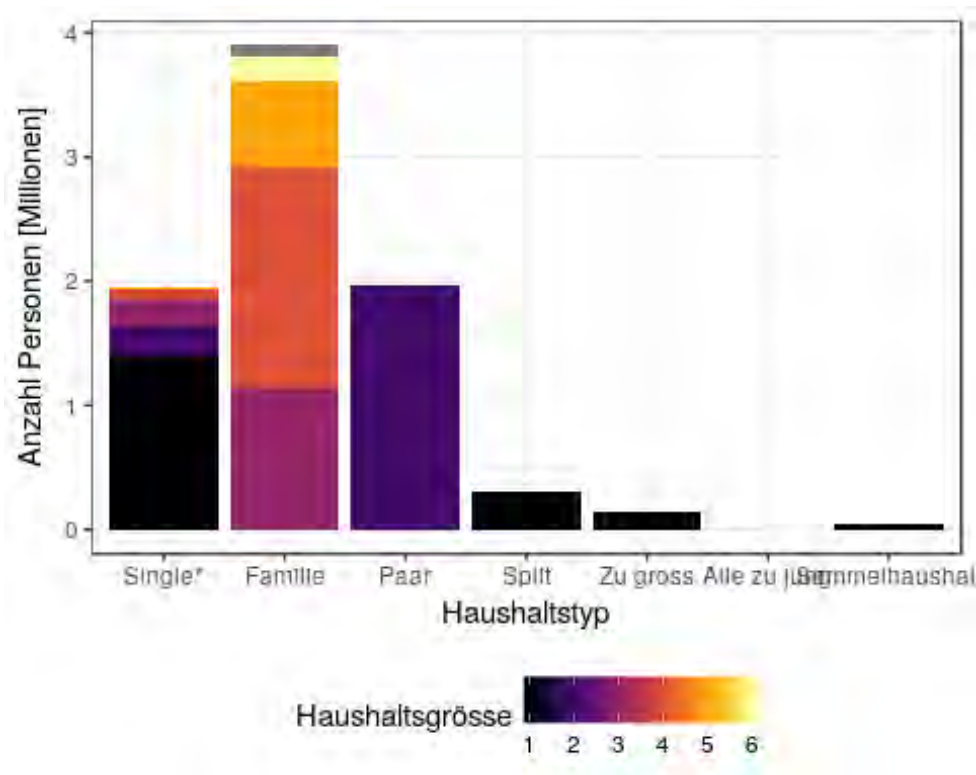


Die fälschliche Erkennung eines zweiten Haushaltsvorstandes ist recht häufig (beobachtet 1- oder 2-, vorhergesagt 1,2-). Oft wird auch eine dritte Person fälschlicherweise als Kind erkannt (beobachtet 1,2- oder 1,2-4, vorhergesagt 1,2-3). In manchen Fällen wird auch die zweitälteste Person als Haushaltsvorstand statt als Kind erkannt (beobachtet 1-2, vorhergesagt 2-). Haushalte mit zwei Vorständen werden auch nicht immer zuverlässig erkannt (beobachtet 1,2-, vorhergesagt 1- or 2-). Da die Fehlklassifikation hauptsächlich seltene Haushaltstypen betrifft, bleibt die Modellgüte (gemessen am eingangs erwähnten "out-of-bag error" von 2.27%) sehr gut.

3.3.4 Aufspaltung unkonventioneller Haushalte

Analog zur Population 2000 (siehe Abschnitt 3.3.1.1) werden nicht ins Modell passende Haushalte sowie Kollektiv- und Sammelhaushalte aufgespaltet. Abb. 23 zeigt (ähnlich zu Abb. 25) die Häufigkeitsverteilung der einzelnen Haushaltstypen, hier bezeichnet "Split" die synthetischen Einpersonenhaushalte, die durch das Abtrennen einzelner Personen von unkonventionellen Haushalten entstehen; für "zu gross", "alle zu jung" und "Sammelhaushalt" wurde aus dem jeweils angegebenen Grund für jede Haushaltsperson ein synthetischer Einpersonenhaushalt erstellt. Personen in Haushalten mit 7 oder mehr Personen werden wieder in grau dargestellt.

Abb. 23 Personen in Haushalten, nach Typ und Haushaltsgrösse



3.3.5 Haushalts-Tabelle

Tab. 17 zeigt einen Ausschnitt der für das Jahr 2014 generierten Haushalts-Tabelle.

Tab. 17 Ausschnitt aus der Haushaltstabelle 2014

household_id	run	location_id	dfoundation	dclosing	type_1	type_2	type_3	XACH	YACH
2014000100000001	0	1	NA	NA	NA	NA	2	679647	237505
2014000100000002	0	1	NA	NA	NA	NA	3	680638	236935
2014000100000003	0	1	NA	NA	NA	NA	2	679013	235824
2014000100000004	0	1	NA	NA	NA	NA	1	679684	237450
2014000100000005	0	1	NA	NA	NA	NA	3	679701	237494
2014000100000006	0	1	NA	NA	NA	NA	1	679712	237476
2014000100000007	0	1	NA	NA	NA	NA	1	679712	237476
2014000100000008	0	1	NA	NA	NA	NA	3	679662	237519
2014000100000009	0	1	NA	NA	NA	NA	1	679662	237519
2014000100000010	0	1	NA	NA	NA	NA	3	679748	237530

3.3.6 Personen

Alle Haushaltspersonen in Haushalten aus der Grundgesamtheit werden erfasst. Die folgenden Variablen können direkt aus den Rohdaten übernommen werden:

- Person-ID und Haushalts-ID (personPseudoid, householdIdnum).
- Geschlecht (sex).
- Geburtsjahr (2014 - age), die Verzerrung durch fehlende Information über den Geburtsmonat wird ignoriert.

Folgende Variablen werden mit verschiedenen Imputationsverfahren hinzugefügt:

- Dienstjahre (employed_since): analog zur 2000-Population.
- Erwerbsstatus, Ausbildung, NOGA-Code des Betriebs, Arbeitspensum: statistical matching mit Strukturerhebung.

Die Imputation wird in den folgenden Abschnitten beschrieben.

3.3.7 Dienstjahre

Die Imputation der Dienstjahre erfolgt wie für die 2000-Population anhand der Lohnstrukturhebung, hier wird der Datensatz aus 2012 verwendet. (Die Lohnstrukturhebung wird lediglich alle 2 Jahre erhoben und ist nicht mit der Strukturhebung der Bevölkerung zu verwechseln.) Abb. 24 und Abb. 25 vergleichen die Verteilungen der Dienstjahre zwischen Lohnstrukturhebung und synthetischer Population.

Abb. 24 Vergleich der Verteilung der Dienstjahre zwischen Lohnstrukturhebung 2012 und den berufstätigen Personen in der synthetischen Population 2014

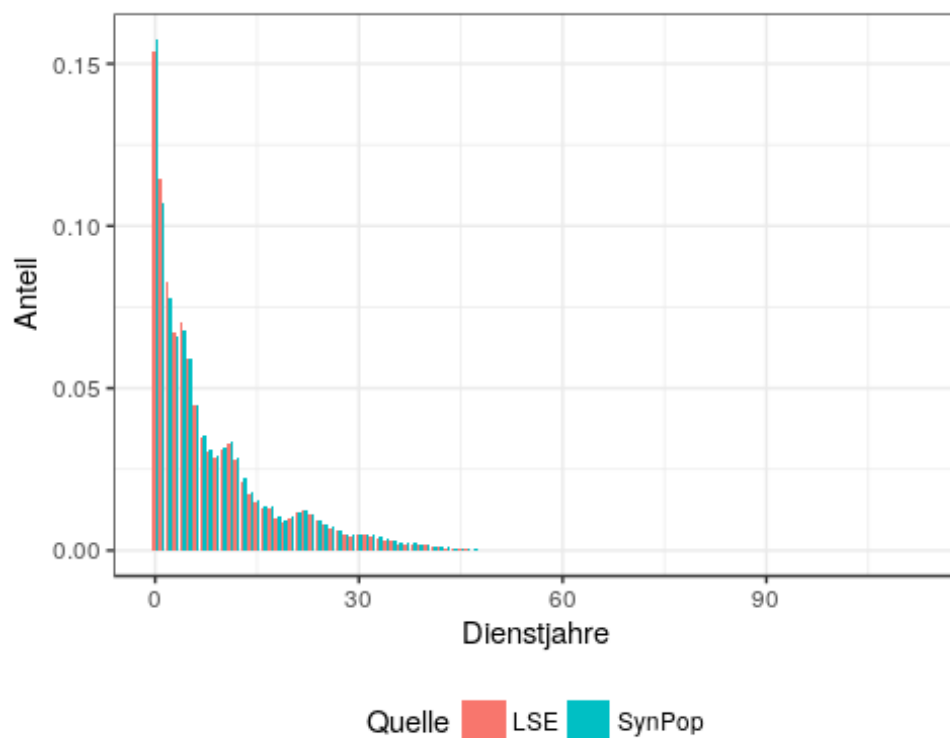
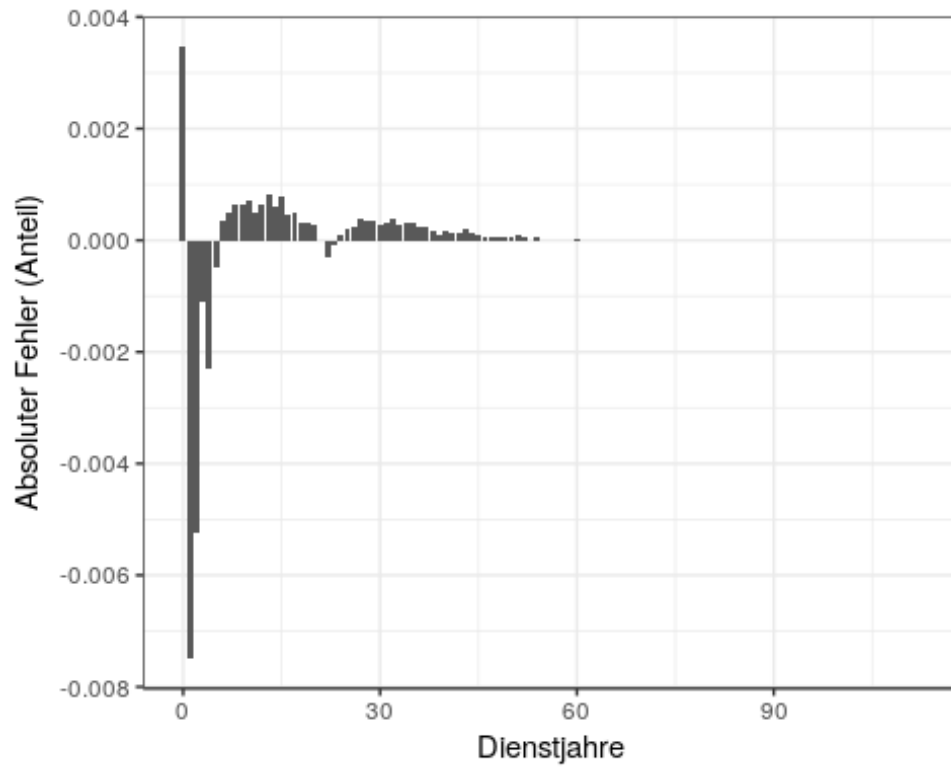


Abb. 25 Fehler der Verteilung der Dienstjahre zwischen Lohnstrukturerhebung 2012 und den berufstätigen Personen in der synthetischen Population 2014



3.3.8 Ausbildung, Stellung im Beruf und Stellenprozente

Ausbildung, Stellung im Beruf und Stellenprozente sind, anders als bei der Volkszählung 2000, nicht mehr im Komplettdatensatz der Bevölkerung (Registerhebung) vorhanden und werden gemeinsam aus der gepoolten Strukturerhebung 2011-2013 (ca. 800'000 Beobachtungen, gewichtet) imputiert. Diese enthält zudem die Variablen Alter, Geschlecht und Nationalität. Abb. 26 und Abb. 27 zeigen die Anzahl Beobachtungen bzw. die hochgerechnete Gesamtanzahl Personen auf Ebene der MS-Regionen. Ein niedrigeres mittleres Personengewicht bedeutet mehr Beobachtungen in der Strukturerhebung für dieses Gebiet (Aufstockungen der Stichprobe).

Abb. 26 Verteilung der Beobachtungen in der gepoolten Strukturerhebung 2011-2013

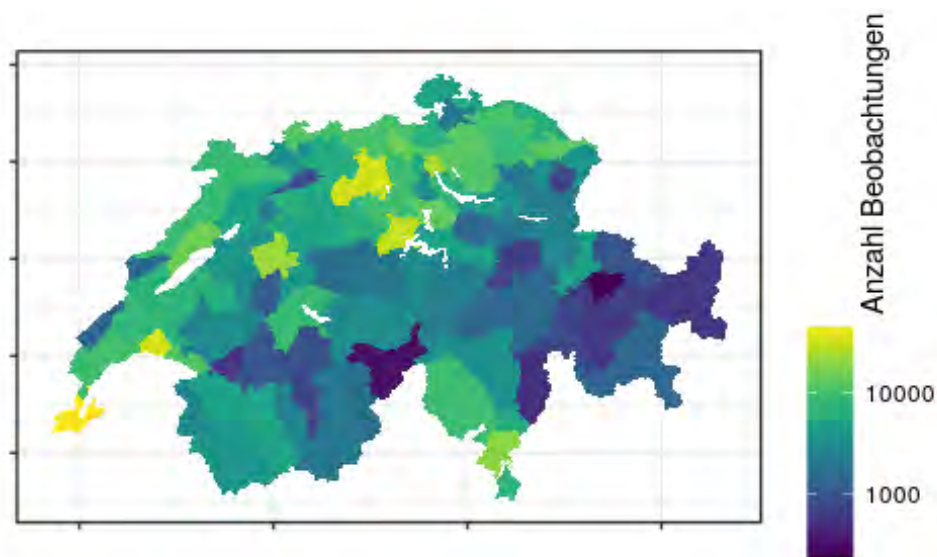
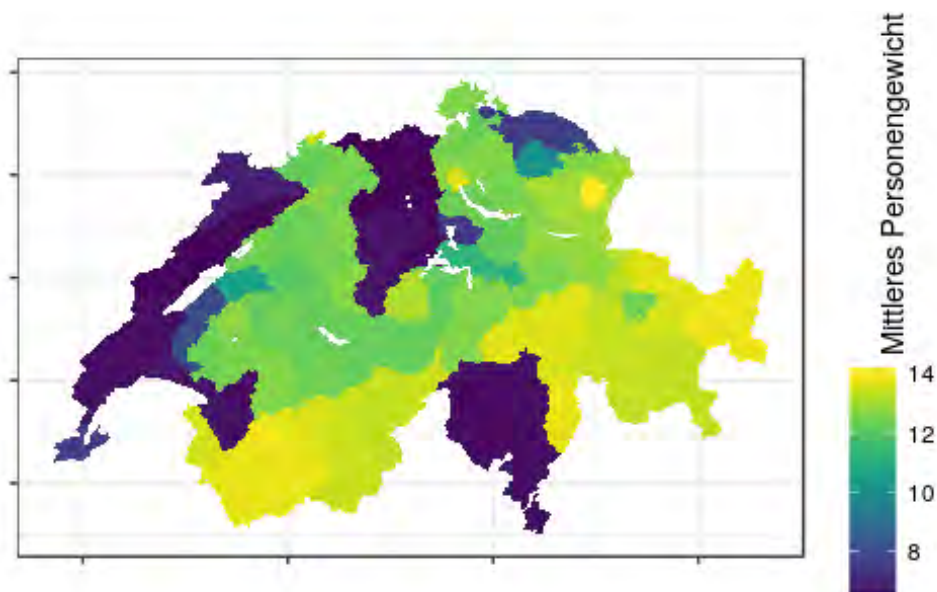


Abb. 27 Verteilung der Personengewichte in der gepoolten Strukturerhebung 2011-2013



Die Imputation erfolgt wiederum mittels statistical matching; dank der Stichprobengrösse ist sichergestellt, dass es zu jeder Beobachtung in der Registererhebung (Empfängerdatensatz) genügend "passende" Beobachtungen in der Strukturerhebung (Geberdatensatz) gibt. Es werden immer alle Attribute einer Geber-Beobachtung übernommen, dadurch bleibt der Zusammenhang zwischen den Geber-Attributen unverändert. Die Übereinstimmung der Grundgesamtheiten ist nicht vollständig gewährleistet: die Strukturerhebung bildet nur Personen ab 15 Jahren in Privathaushalten ab. Die zu imputierenden Attribute sind für Personen unter 15 Jahren fix: diese Personen befinden sich in Ausbildung und sind nicht erwerbstätig. Bei Personen in Nicht-Privathaushalten muss angenommen werden, dass sich die Verteilung der Ziel-Attribute nicht von den Privathaushalten unterscheidet.

Die Attribute der Strukturerhebung werden wie folgt auf die FaLC-Attribute abgebildet:

- Ausbildungsstand: Quellattribut HIGHESTCOMPLETEDUAGGII
 - 1, 2 → 1 (Ohne nachobligatorische Ausbildung)
 - 3, 4 → 2 (Sekundarstufe II)
 - 5 → 3 (Tertiärstufe – Höhere Berufsbildung)
 - 6 → 4 (Tertiärstufe – Hochschulen)
- Stellung im Beruf: Quellattribut STATUSINEMPLOYMENT
 - 11, 31 → 1 (Geschäftsleitung)
 - 50, 60 → 0 (ohne Beschäftigung)
 - 40 → 3 (Lehrlinge)
 - Rest → 2 (Mitarbeiter)
- Stellenprozente: Quellattribut TIMEWORKEDPERWEEKSUM dividiert durch 41 maximale Arbeitsstunden pro Woche (maximal 100 Stellenprozent)

Da die Population auf der Registererhebung 2014 basiert, ist eine leichte Abweichung zu erwarten, allerdings gleichverteilt in Bezug auf Attribute wie Alter oder auf den Ort. Leider ist das nicht der Fall, wie Abb. 28, Abb. 29 und Abb. 30 zeigen. Dieser Fehler ist auch in den nachfolgenden Validierungen gegenüber den auf MS-Regionen aggregierten Strukturerhebungs-Daten präsent.

Abb. 28 Beobachtete bzw. vorhergesagte Personen nach Alter aus Register- und Strukturerhebung

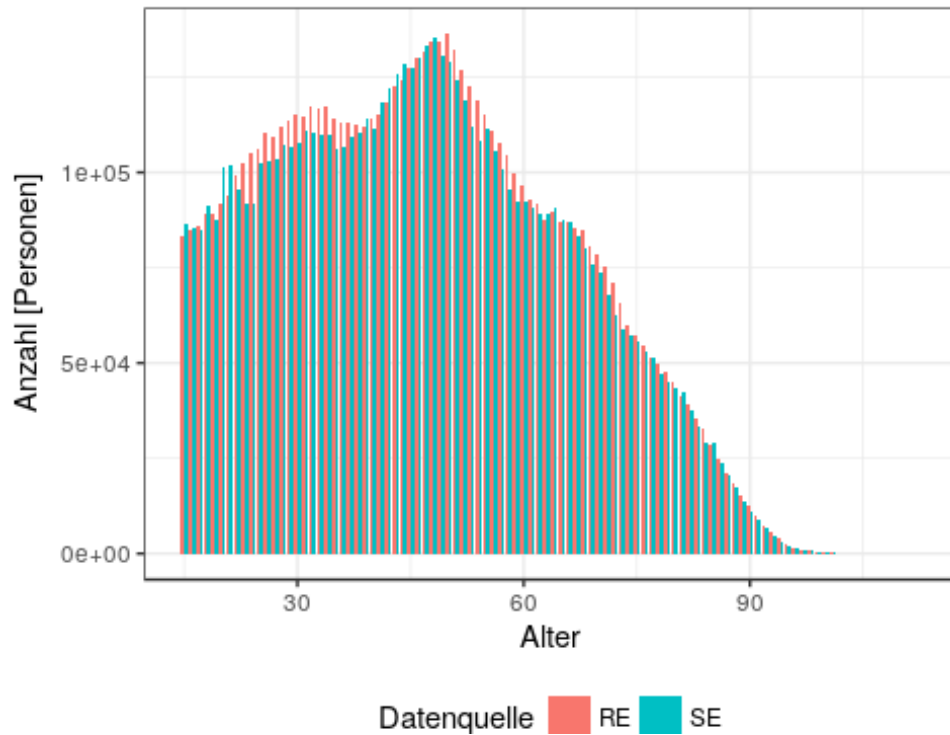


Abb. 29 Differenz zwischen beobachteten bzw. vorhergesagten Personen nach Alter aus Register- und Strukturerhebung

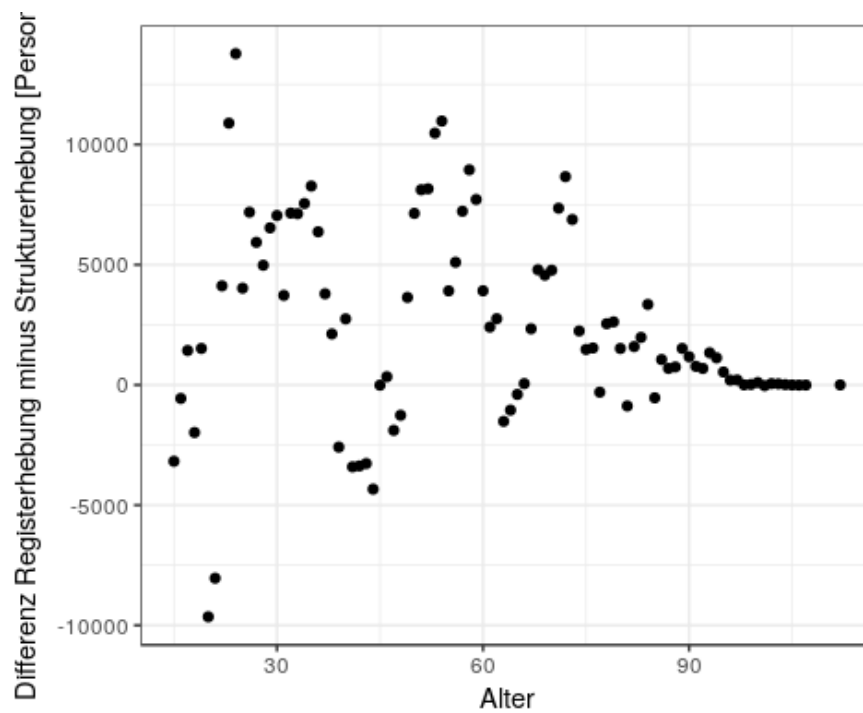
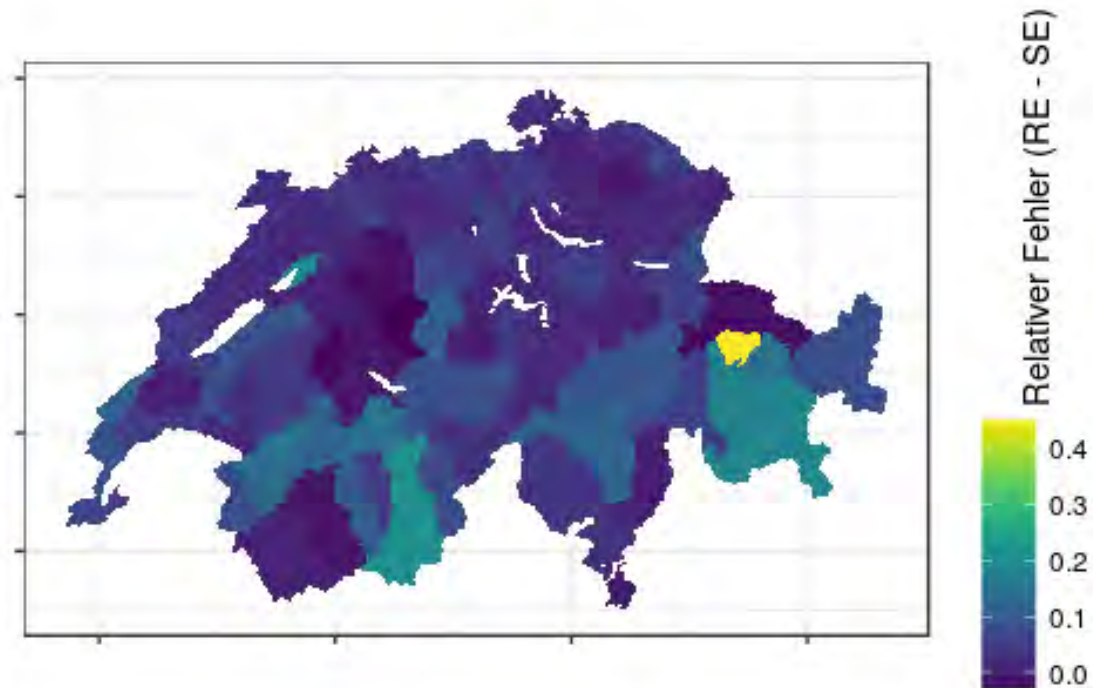


Abb. 30 Räumliche Verteilung des relativen Fehlers zwischen beobachteten bzw. vorhergesagten Personen aus Register- und Strukturerhebung



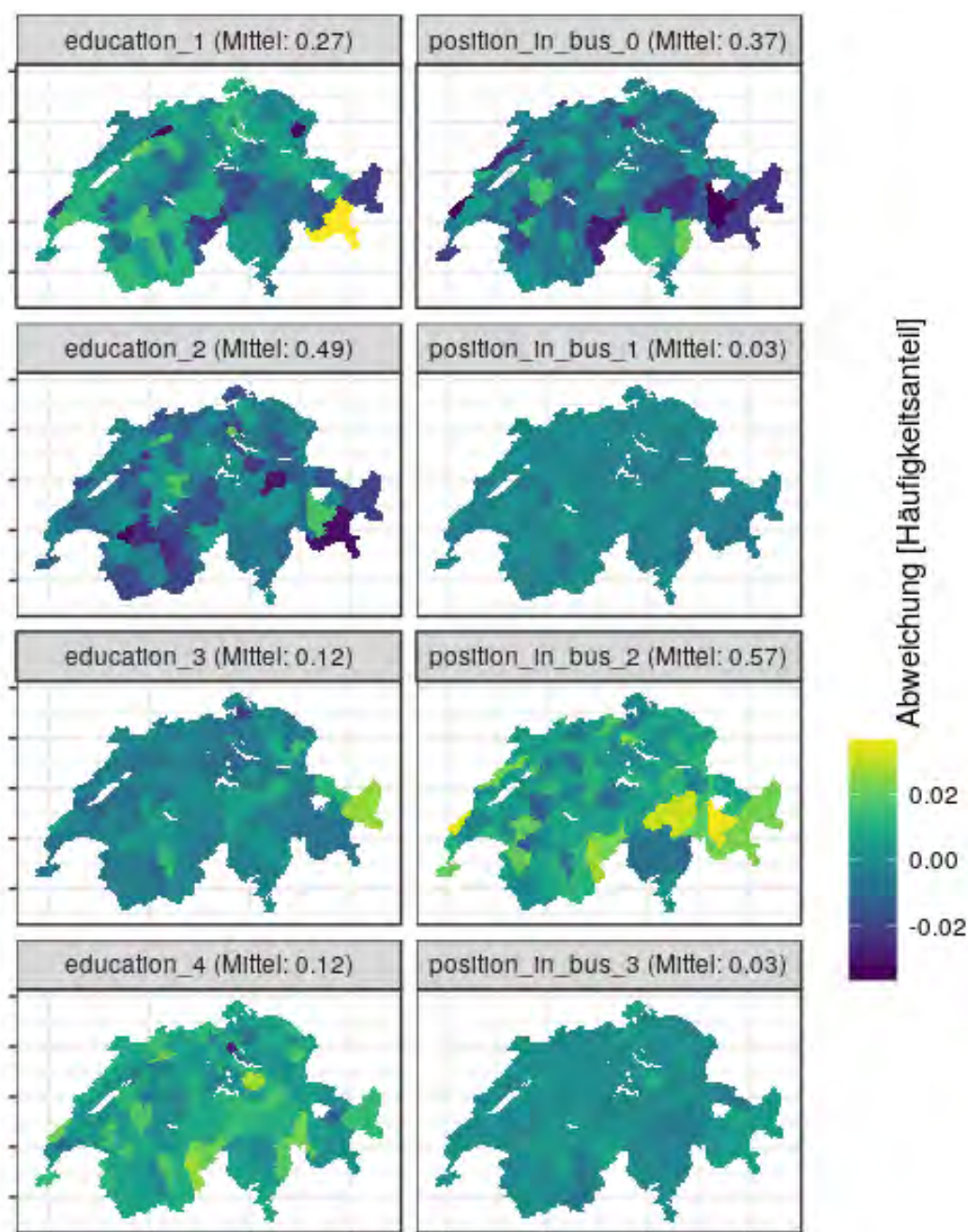
Für das Matching werden die Datensätze über folgende Attribute in Matching-Klassen eingeteilt:

- Alter (in 7 Klassen: 15+, 18+, 24+, 30+, 45+, 65+, 80+ Jahre, angepasst an die Lebensabschnitte)
- Geschlecht
- Nationalität (2 Klassen: Schweizer/Nicht-Schweizer)

Für ein Matching ist eine Übereinstimmung auf allen Attributen notwendig. Die Auswahl der passenden Kandidaten innerhalb der Matching-Klasse erfolgt dann zusätzlich über eine Nächste-Nachbarn-Suche über die Attribute Alter (hochaufgelöst), Ort (hochaufgelöst) und Nationalität (hier wird der mittlere Ausbildungsstand von Personen dieser Nationalität in der Strukturerhebung als Proxy eingesetzt). Für jede Person in der Registererhebung (Empfängerdatensatz) wird die nächste Person aus der Strukturerhebung (Geberdatensatz) gewählt. Die Validierung der Randverteilungen erfolgt mittels Vergleich mit den aggregierten Strukturdaten in Abbildung 31 räumlich für die einzelnen Klassen der Attribute Ausbildungsniveau und Erwerbsstatus (ohne Schanfigg), siehe auch die entsprechenden Tabellen in Anhang B für eine detaillierte Auflistung (inkl. Schanfigg und Attribut "Stellenprozente"). Die Abweichungen sind vergleichbar mit den Konfidenzintervallen, die das Bundesamt für Statistik für räumliche Analysen dieser Auflösung veröffentlicht. Für die Validierung werden die Personen aus Nicht-Privathaushalten explizit ausgeschlossen, da diese nicht in der Strukturerhebung enthalten sind, auf der die Randverteilungen auf Ebene der MS-Regionen basieren.

Andere Heuristiken zur Kandidatenauswahl (z.B. gewichtete stochastische Auswahl aus den nächsten 10 oder 100 Kandidaten, oder das Bevorzugen relativ seltener Geberdatensätze) führten wider Erwarten zu schlechteren Ergebnissen, was die Einhaltung der Randverteilungen angeht. Dies ist insofern interessant, da bei der Wahl des nächsten Nachbarn die Gewichtung des Geberdatensatzes überhaupt keine Rolle mehr spielt. Eine weitergehende Analyse des Matchings, oder die Implementation eines iterativen Verfahrens, bei dem der Geberdatensatz immer wieder umgewichtet wird, konnte im Rahmen des Projekts nicht durchgeführt werden.

Abb. 31 Abweichung bei den Häufigkeiten der Ausbildungs- und Erwerbsstatusklassen



3.3.9 Personen-Tabelle

Die Tab. 18 bis Tab. 21 zeigen einen Ausschnitt der für das Jahr 2014 generierten Personen-Tabelle.

Tab. 18 Ausschnitt aus der Personentabelle 2014 (1/4)

person_id	run	business_id	household_id	position_in_hh	position_in_bus
201440016423193	0	NA	201400010000001	3	0
201440017539413	0	NA	201400010000001	1	0
201440018325043	0	NA	201400010000001	2	2
201440021354194	0	NA	201400010000001	3	2
201440018370699	0	NA	201400010000002	1	2
201440019734942	0	NA	201400010000002	2	2
201440019293378	0	NA	201400010000003	1	2
201440020152508	0	NA	201400010000003	3	0
201440023574628	0	NA	201400010000003	2	2
201440023779806	0	NA	201400010000003	3	0

Tab. 19 Ausschnitt aus der Personentabelle 2014 (2/4)

person_id	partnership_since	employed_since	sex	income	dbirth	status
201440016423193	NA	NA	0	NA	01-01-1993	0
201440017539413	NA	NA	0	NA	01-01-1960	0
201440018325043	NA	1994	1	NA	01-01-1960	0
201440021354194	NA	2006	1	NA	01-01-1987	0
201440018370699	NA	2002	0	NA	01-01-1959	0
201440019734942	NA	2008	1	NA	01-01-1971	0
201440019293378	NA	2004	0	NA	01-01-1963	0
201440020152508	NA	NA	0	NA	01-01-1992	0
201440023574628	NA	2006	1	NA	01-01-1967	0
201440023779806	NA	NA	0	NA	01-01-2000	0

Tab. 20 Ausschnitt aus der Personentabelle 2014 (3/4)

person_id	ddeath	education	mother_id	father_id	decisionNum- ber	nation
201440016423193	NA	1	NA	NA	NA	0
201440017539413	NA	2	NA	NA	NA	0
201440018325043	NA	2	NA	NA	NA	0
201440021354194	NA	2	NA	NA	NA	0
201440018370699	NA	2	NA	NA	NA	0
201440019734942	NA	2	NA	NA	NA	0
201440019293378	NA	4	NA	NA	NA	0
201440020152508	NA	2	NA	NA	NA	0
201440023574628	NA	3	NA	NA	NA	0
201440023779806	NA	1	NA	NA	NA	0

Tab. 21 Ausschnitt aus der Personentabelle 2014 (4/4)

person_id	type_1	type_2	split_reason	hh_type
201440016423193	NA	0	NA	private_hh
201440017539413	NA	0	NA	private_hh
201440018325043	7	100	NA	private_hh
201440021354194	7	100	NA	private_hh
201440018370699	8	73	NA	private_hh
201440019734942	7	98	NA	private_hh
201440019293378	10	29	NA	private_hh
201440020152508	NA	0	NA	private_hh
201440023574628	6	100	NA	private_hh
201440023779806	NA	0	NA	private_hh

3.3.10 Betriebe

Die Betriebe werden direkt aus Rohdaten der Eidgenössischen Statistik der Unternehmensstruktur (STATENT) 2012 übernommen:

- Betriebs-ID
- Ort (Zuordnung zu NPVM-Zonen)
- NOGA-Code (Aggregation der ersten zwei Stellen)
- Rechtsform (Konvertierung zu sechswertigem FaLC-Code)
- Anzahl Arbeitsplätze
- Anzahl Vollzeitäquivalente

Bei der örtlichen Zuordnung der Betriebe konnten nicht alle Betriebe einwandfrei auf eine Verkehrszone gemappt werden. Die Betriebe mit einer Distanz von mindestens 100 Metern zur nächsten Zone sind in Abb. 32 aufgezeigt. Bei näherer Betrachtung des mit dem grössten Fehler behafteten Punktes nahe Basel stellt sich heraus, dass der EuroAirport bei der Betriebszählung mit erfasst wurde. Dieser wurde einer Basler Zone zugeordnet, wie in Abb. 33 dargestellt.

Abb. 32 Übersicht der Betriebe mit Zuordnungsproblemen

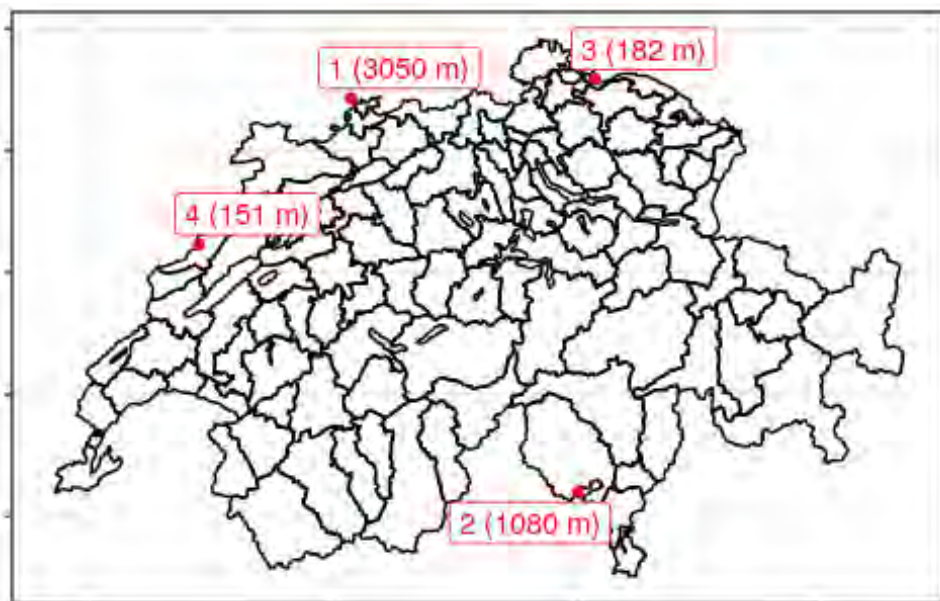
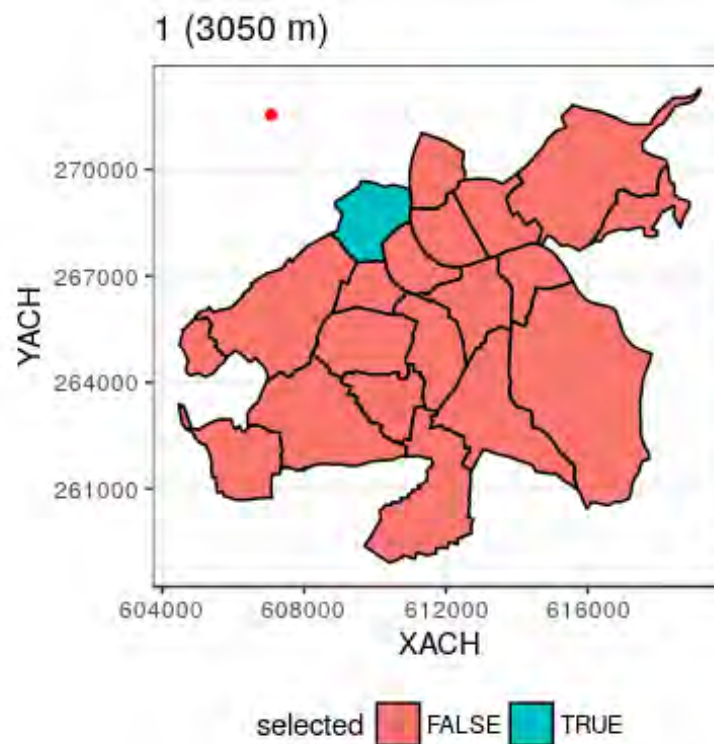


Abb. 33 Matching des EuroAirports Basel



3.3.11 Betriebs-Tabelle

Tab. 22 zeigt einen Ausschnitt der für das Jahr 2014 generierten Betriebs-Tabelle.

Tab. 22 Ausschnitt aus der Betriebstabelle 2014

business_id	location_id	type_1	type_2	dfoundation	nr_of_jobs	full_eq
1	198	7	6	NA	14	14.0000000
2	198	8	6	NA	933	691.8999996
3	138	4	2	NA	2	0.6608520
4	155	8	2	NA	719	553.3169012
5	26103	7	1	NA	3	2.2536559
6	1024	7	2	NA	13	12.3885968
7	106101	8	6	NA	1	0.3162901
8	1372	8	1	NA	1	0.9686829
9	3215	8	1	NA	1	0.9686829
10	5196	7	2	NA	4	3.4915238

3.4 Zuordnung Arbeitnehmer – Arbeitsplatz

Die Zuordnung Arbeitnehmer – Arbeitsplatz erfolgte im Vorgängermodell über einen IPF-Algorithmus¹, der aufgrund der Distanz zwischen Arbeitnehmer und Arbeitsplätzen sowie der Verteilung von Arbeitnehmer und Arbeitsplätzen die Zuordnung vornimmt. Der Algorithmus wurde auch für das Schweiz Modell 2013 verwendet (vgl. Bodenmann et al. 2014a), dabei zeigte sich aber, dass die Verteilung der Pendlerdistanzen nur unzureichend abgebildet wurde (vgl. auch ARE, 2014).

Mit der in diesem Projekt erarbeiteten synthetischen Population stehen nun verschiedene Informationen zur Verfügung, die die Population weiter verbessern:

- Die Personen besitzen bereits die Attribute zur Erwerbstätigkeit und den Sektor der Erwerbstätigkeit (aus der Datenanreicherung des IVT im R-Skript).
- Die Pendlermatrix mit Wohn- und Arbeitsgemeinde und der entsprechenden Anzahl Pendlern ist aus einer Registerverknüpfung durch das BFS bekannt (BFS, 2016).

Das Zuordnungsmodell Arbeitnehmer – Arbeitsplatz wurde deshalb so angepasst, dass die neu zur Verfügung stehenden Informationen genutzt werden können. Insbesondere die Verteilung der Pendlerdistanzen ist nun konsistent mit den Schätzungen des BFS.

3.4.1 Konzept

Grundsätzlich geht FaLC von den erwerbstätigen Personen aus und sucht für diese Personen einen Arbeitsplatz in der vorgegebenen Branche gemäss der Verteilung in der Pendlermatrix. Vereinfacht dargestellt, durchläuft FaLC hierzu mehrere geschachtelte Schleifen:

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

In einem Optimierungsprozess wird zudem 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 Pendlerverteilung zuordnen kann.

In der hierarchisch obersten Schleife werden die einzelnen Branchen zugeordnet. Personen, die keinem Arbeitsplatz in einem passenden Unternehmen zugeteilt werden können, werden am Ende in einem finalen Schritt einer beliebigen Branche zugeordnet. Da die vorliegenden synthetischen Grundgesamtheiten für die Jahre 2000 und 2014 sehr realitätsnah sind, ist dies indes sehr selten der Fall (weit unter 1%).

¹ Iterative Proportional Fitting; vgl. W. Edwards Deming and Frederick F. Stephan "On a Least Squares Adjustment of a Sampled Frequency Table When the Expected Marginal Totals are Known" The Annals of Mathematical Statistics Vol. 11, No. 4 (Dec., 1940), pp. 427-444.

In abgelegenen Teilen der Schweiz ist es schwierig, die Erwerbstätigen den passenden Arbeitsplätzen zuzuordnen – gleichzeitig betrifft dies nur verhältnismässig wenige Pendlerbeziehungen. Um eine möglichst gute Trefferquote zu erreichen, wurden die Erwerbstätigen der kleinsten 1000 Gemeinden zuerst zugeteilt – anschliessend wurden die Erwerbstätigen zufällig aus dem übrigen Gemeinde-Pool gezogen.

Im letzten Schritt wird mit einer Monte-Carlo-Simulation jeder erwerbstätigen Person ein Arbeitsplatz in einem Unternehmen der passenden Branche zugeordnet. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein bestimmtes Unternehmen gewählt wird, wird durch die Pendlermatrix des BFS (BFS, 2016) und der Unternehmensgrösse bestimmt.

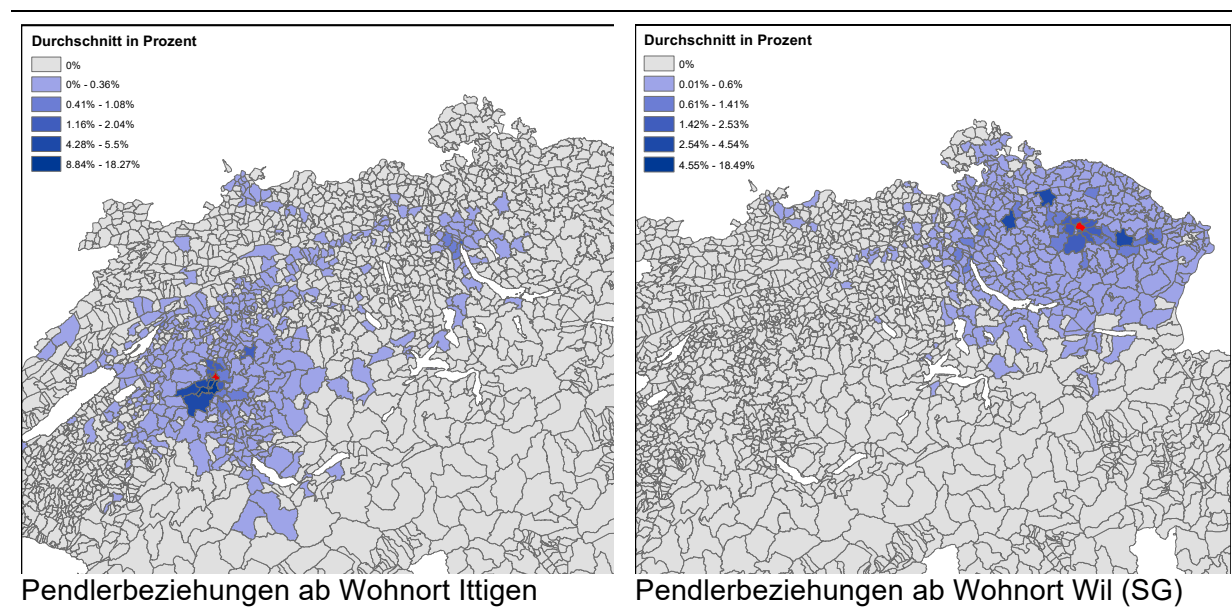
3.4.2 Validierung und Kalibration

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass die Pendlermatrix als validierte Datengrundlage eine geeignete, empirische Referenz darstellt. 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

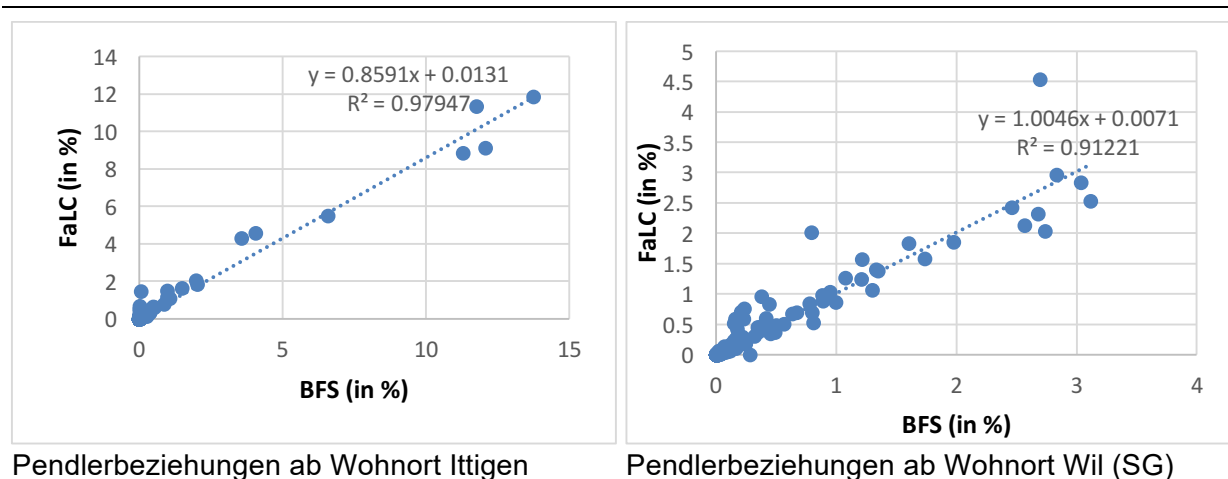
In Abb. 34 sind exemplarisch die resultierende Verteilung der Arbeitsplätze der Erwerbstätigen in Ittigen und Wil (SG) dargestellt. In beiden Fällen sind die bevorzugten Arbeitsplätze entlang der Autobahn und der Bahnlinien gut ersichtlich.

Abb. 34 Räumliche Pendlerverteilung anhand von zwei Beispielen (2014)



Die Übereinstimmung der Pendlerverteilung gemäss BFS und der davon abgeleiteten Verteilung in der FaLC-Population ist auf Stufe der NPVM-Zonen gut. Das sich ergebende Bestimmtheitsmass R^2 ist generell zwischen 0.91 und 0.98 – wobei die Monte-Carlo-Simulation jeweils unterschiedliche Resultate ergibt. Vereinzelt sind wesentliche Unterschiede zwischen BFS und FaLC augenfällig. Beispielsweise liegt der Pendleranteil von Ittigen nach Zürich (Kreis 1) nach FaLC mit 1.44% bei durchschnittlich 80 Wegen (40 Personen), während der Pendleranteil nach BFS mit 0.073 % nur bei rund 3 Wegen liegt. Werden die Werte der angrenzenden Zonen berücksichtigt, so scheint indes die Schätzung von FaLC recht plausibel – ist doch der Kreis 1 mit HB Zürich zentral und von Ittigen aus ein verhältnismässig gut erreichbarer Arbeitsplatz. Der tiefe BFS Wert dürfte somit eher auf Zufälligkeiten der Stichproben beruhen.

Abb. 35 Vergleich der Pendleranteile der NPVM-Zonen gemäss BFS und in der FaLC-Population anhand von zwei Beispielen (2014)

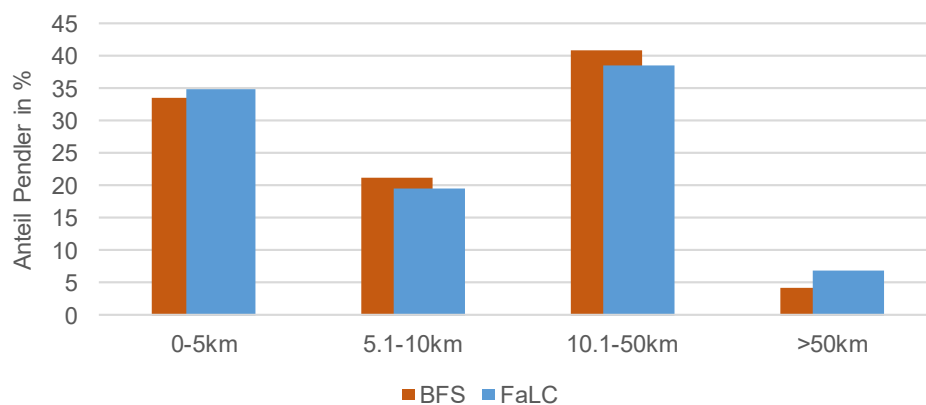


Erste Tests mit dem in FaLC implementierten Optimierungsalgorithmus zeigten bereits deutliche Effekte. Bei beiden Wohnorten Wil und Ittigen wurde die Reduktion der Fehlerrate bei den Daten der Populationen bereits mit drei Optimierungsläufen gut ersichtlich. Bei drei Optimierungsläufen einer Population darf mit einer klaren Verbesserung von ungefähr 10% gerechnet werden.

Pendlerdistanzen

Werden die erhobenen Pendlerdistanzen aus dem Mikrozensus zum Verkehrsverhalten mit denjenigen in FaLC verglichen, zeigt sich, dass die in FaLC abgebildete schweizweite Pendlerverteilung den erhobenen Daten sehr nahe kommt. Wobei der Unterschied allenfalls auch daher kommt, dass die untenstehende Verteilung der Distanzen aus dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV) 2010 (BFS/ARE 2012) abgeleitet wurde, während die Verteilung in FaLC auf der Registerverknüpfung beruht.² In jedem Fall ist die Verteilung der Distanzen wesentlich realitätsnaher als mit dem bisherigen IPF-Algorithmus (vgl. entsprechende Darstellungen in ARE, 2014).

Abb. 36 Verteilung der Pendlerdistanzen gemäss BFS und in FaLC



² Bei der Durchführung der vorliegenden Arbeitsschritte lagen die Daten aus dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr für das Jahr 2015 noch nicht vor.

3.5 Schätzung Einkommen

Das Einkommen ist ein zentraler Faktor, der unsere Handlungen massgeblich steuert. Die Agenten im Gesamtmodell reagieren sensibel auf Veränderungen in ihrem Einkommen, womit andere Teilmodelle z.T. stark beeinflusst werden können. So können sich z.B. Agenten mit niedrigerem Einkommen kein teures Wohneigentum leisten.

3.5.1 Konzept

Die Idee ist, die Einkommen in 5 Klassen, bzw. 4 Teilmodelle zu unterteilen. Wenn sich eine Person in der Klasse 0 (Kindheit) befindet, wird sie kein Einkommen haben (abgesehen von der Kinderzulage). Danach sind die Personen jeweils in Ausbildung und fallen in die Klasse 3. Dies bedeutet, dass Studenten ein kleines Einkommen in der Höhe der Sozialhilfe erhalten. Sobald sie mit der Ausbildung fertig sind und einen Job finden, sind sie angestellt (Klasse 1). Dieses Einkommen wird mithilfe der Bruttolohnschätzung des BFS (2008) modelliert.

Tab. 23 Konzept Einkommen

	Status of Employment		FaLC-Modell
-	0	Childhood	No Modell, Income = „200 CHF/Monat“*
EMPLOYED	1	Employed	Salarium BFS (2008): Bruttolohnschätzung
NON-EMPLOYED	2	Unemployed Unemployed Max. 1 Year	80% of salary before**
	3	Disqualified/Student Social welfare	Social insurance funds
	9	Retired	Retirement pension

* (gesetzliche) Kinderzulage

** für die synthetische Population: 80% des Durchschnittseinkommens nach Lebensalter und Geschlecht für 2000, 2008, 2010, 2012 und 2014 (BFS, 2014)

Scheidet 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.

Somit kann das Einkommensmodell im Wesentlichen in zwei Untergruppen unterteilt werden: Einkommen für Erwerbstätige (vgl. Kap. 0) und Einkommen für Nicht-Erwerbstätige (vgl. Kap. 3.5.3).

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 berechnet. Dabei gilt:

- Beschäftigte und Pensionierte werden immer einbezogen;
- Arbeitslose werden im ersten Jahr immer einbezogen (80% des letzten Einkommens, aber nicht weniger als das „Existenzminimum“);
- Langzeitarbeitslose (nach dem 1. Jahr) werden nur einbezogen, falls das Haushaltseinkommen unter das Existenzminimum fällt.

3.5.2 Erwerbstätige

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

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

Der Lohnrechner „Salarium“ gilt als hedonisches Modell, das 14 Variablen berücksichtigt. Die Basis für das Einkommen bilden 10 vordefinierte Branchen. Die Analysen des BFS haben gezeigt, dass es möglich ist, mit diesem Modell eine Bruttolohnprognose zu erstellen. Das Modell berücksichtigt nicht nur die Branche oder die Grösse des Unternehmens, sondern auch die individuellen und arbeitsbefähigenden Eigenschaften von einzelnen Personen.

Tab. 24 Variablen der Bruttolohnschätzung und ihre Transformation gemäss BFS (2008)

Variable	Kürzel	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	afori	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	bezst_iwaz	binär	opscore
14 Dreizehnter Monatslohn	xiimloh	binär	opscore

Quellen: BFS (2008), adaptiert gemäss BFS (2016)

Im Folgenden sind die erklärenden Variablen beschrieben gemäss dem zurzeit abrufbaren Salarium (BFS, 2015). Dabei werden sie bereits mit den entsprechenden Variablen, bzw. Werten in FaLC vernetzt. Der zu wählende Wert bei Mehrfach-Zuweisungen ist fett markiert. Es handelt sich dabei um den statistisch am häufigsten auftretenden Wert.

Region

Die Regionen in der Schweiz unterscheiden sich z.T. mehr oder weniger im Einkommen für dieselbe Tätigkeit. So verdient ein Lehrer in Zürich weit 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 in BFS (2008) ausgetrennten Grossregionen aggregiert werden können.

Tab. 25 Grossregion

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)

Quellen: BFS (2008)

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 (1 Grossbuchstabe; vgl. BFS, 2002). Diese Unterteilung wurden anhand von Ähnlichkeiten in Tätigkeiten und Produktlebenszyklus überarbeitet (Bodenmann, 2006) und auch von anderen Projekten übernommen (z.B. Bürgle, 2006). Für die Modelle in FaLC wurde die NOGA-Klassierung auf die Klassifizierung mit Stand 2008 umgerechnet.³

Die Zuweisung der Wirtschaftszweige aus dem Salarium zu den FaLC-Branchen ist wie folgt:

Tab. 26 Zuweisung der Wirtschaftszweige

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

Quellen: BFS (2008, 2015b), Adaptiert auf aktuellen Lohnrechner

Der erste Sektor wird im Salarium nicht abgebildet. Um einen möglichst nahen Wert zu erhalten, wird für den Agrarsektor der Wirtschaftszweig „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%).

³ Die verschiedenen NOGA-Klassifizierungen 1995, 2002 und 2008 unterscheiden sich teilweise beträchtlich, insbesondere der NOGA Code 2008 ist kaum vergleichbar mit den beiden Vorgängerversionen. Dies führt immer wieder zu Konfusionen. In den Berichten zu FaLC wird deshalb darauf geachtet, ausschliesslich mit der Kodierung 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.

Unter der Berücksichtigung, dass die schweizweiten Richtlöhne die Lohnlandschaft nur sehr ungenau abbildet, wird der gewählte Referenzlohn beibehalten (vgl. Richtlöhne Schweizer Landwirtschaft, www.agrimpuls.ch; Agroscope - Zentrale Auswertung von Buchhaltungsdaten).

Tätigkeit: Berufsgruppen

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

Tab. 27 Tätigkeit

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
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 DL
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

Quellen: BFS (2008)

Stellung im Betrieb: Qualifikationsniveau

Das Qualifikationsniveau beschreibt, welche Kompetenzen eine Person hat. Zu erwarten wäre daher, dass je höher das Qualifikationsniveau ist, desto höher ist auch das Einkommen, bzw. der Bruttolohn. Häufigster Wert bei Angestellten ist „ohne Kaderfunktion“. Gemäss BFS sind im Jahr 2014 rund 42% aller Erwerbstätigen in der Schweiz arbeitnehmend ohne Vorgesetztenfunktion.

Tab. 28 Qualifikationsniveau

FaLC-ID	FaLC	>	BFS-ID	BFS Lohnrechner
1	CEO	>	1+2	Oberes und mittleres Kader
2	Employee	>	3+4, 5	Unteres und unterstes Kader, ohne Kaderfunktion

Quelle: BFS (2008)

Alter

Das Alter hat einen wesentlichen Einfluss auf das Einkommen. In der Regel gilt, dass je älter eine Person wird, desto mehr Erfahrung bringt sie mit und ein umso höheres Einkommen wird sie erwarten.

Tab. 29 Alter

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

Quellen: BFS (2008)

Ausbildung

Die Ausbildung wird in einem separaten Modell in FaLC geschätzt (siehe Kapitel 4.2). Je nach Höhe des Ausbildungsgrades verfügt eine Person über Fähigkeiten, die sie gegenüber anderen einzigartig machen. Je höher die Ausbildung, umso höher wird der Bruttolohn dieser Person sein. Gemäss BFS hatten im Jahr 2014 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 absolviert.

Tab. 30 Ausbildung

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

Quellen: BFS (2008)

Geschlecht

Um geschlechterspezifischen Gegebenheiten Rechnung zu tragen, muss dieses berücksichtigt werden. Es gilt immer noch häufig, dass Männer bei gleichartiger Tätigkeit mehr verdienen als Frauen.

Tab. 31 Geschlecht

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

Quellen: BFS (2008)

Unternehmensgrösse

Die Anzahl Mitarbeiter in einem Unternehmen wirkt sich auf das Einkommen einiger Berufsgruppen aus. Vorstellbar ist, dass ein Geschäftsführer eines Unternehmens mit nur 5 Mitarbeitern wohl weniger verdient, als einer der für 500 oder gar 5'000 Mitarbeiter die Verantwortung übernehmen muss. Bei einfacheren Berufsgruppen, wie dem Handwerk, wirkt sich die Unternehmensgrösse kaum aus. Die Löhne der Geschäftsleitung von Grossunternehmen müssten allerdings in einem Folgeprojekt vertieft untersucht und berücksichtigt werden.

Tab. 32 Unternehmensgrösse

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

Quellen: BFS (2008)

Aufenthaltsstatus

Der Aufenthaltsstatus gibt weitere Aufschlüsse zum Einkommen. Im Wesentlichen geht es darum, ob die Person Schweizer Staatsangehöriger ist oder nicht. FaLC scheidet daher aus, ob der Aufenthaltsstatus Immigrant oder CH ist. Gemäss BFS sind im Jahr 2014 fast 50% der Ausländer/innen in der Schweiz etabliert.

Tab. 33 Aufenthaltsstatus

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

Quellen: BFS (2008)

Dienstjahre

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

Tab. 34 Dienstjahre

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

Quellen: BFS (2008)

Das BFS gibt hier Auskunft darüber, dass über 50% aller Erwerbstätigen 5 oder mehr Jahre einem Unternehmen zugehörig sind.

Standardisierter individueller Beschäftigungsgrad

In der Schweiz sind trotz eines starken Strukturwandels immer noch über 2/3 aller Erwerbstätigen Vollzeit angestellt – 90% und mehr (BFS 2015). Infolge dessen wird für die Modellierung des Bruttolohnes in FaLC angenommen, dass alle Erwerbstätigen zu 100% angestellt sind. Durch die Überschätzung des Beschäftigungsgrades wird es zwangsläufig auch zu einer Überschätzung des kompletten Einkommens führen. Simulationen haben eine Überschätzung von ca. 13% ergeben. Die Integration des Beschäftigungsgrades müssten noch in einem Folgeprojekt untersucht werden. Zurzeit ist die Durchschnittliche Wochenarbeitszeit bei rund 41.7 Stunden (BFS, 2015). Es wird deshalb bei der Anzahl der Wochenstunden 42 Stunden angenommen.

Sonderzahlungen

Im Lohnrechner des Bundes wird berücksichtigt, ob eine Person Sonderzahlungen erhält oder nicht. 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). Aus diesem Grund wird in FaLC der Lohn vorerst ohne Sonderzahlungen geschätzt. Im Anschluss daran wird dann der branchenübliche Anteil des Lohnes gemäss BFS (Lohnkomponenten 2012) dazugezählt. Zu beachten gilt, dass Schätzungen mit Sonderzahlungen stets tiefer liegen, als diejenigen ohne. Der Grund dafür ist, dass der Lohnrechner die Sonderzahlungen bereits vom Bruttolohn abzieht.

Monats- oder Stundenlohn

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

Dreizehnter Monatslohn

Der häufigste Wert, ob eine Person einen Dreizehnten Monatslohn erhält, ist ja. Es wird daher 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.

Berechnung

Das vom BFS entwickelte Modell beschreibt mithilfe der erklärenden Variablen den Logarithmus des standardisierten Bruttolohnes (Formel 1 in Abb. 37). Der Logarithmus des Gehaltes (abhängige Variable) wird durch eine Regressionsmethode mit Transformation der erklärenden Variablen festgelegt. 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 die Formel 3 den Bruttolohn für die CEOs formuliert. In der Formel wurde das Qualifikationsniveau entfernt und durch die Variable „nog_2“ ersetzt. Die mathematische Entwicklung ist nun dieselbe, wie für die Qualifikationsniveaus 2, 3 und 4. Die aktuelle Berechnungsformel (Stand Januar 2016) und insbesondere die Transformationen werden vom BFS nicht offengelegt und können deshalb nicht identisch in einem Modell 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. 37 Formeln gemäss BFS (2008)

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

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

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

Quellen: BFS (2008)

Anschliessend werden die Unterschiede zwischen dem modellierten Arbeitnehmer 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. Einzige Herausforderung ist die Tatsache, dass sämtliche Parameter nach Branche geschätzt werden und deshalb auch die Anzahl Parameter (und damit die Anzahl Abfragen) entsprechend steigt.

Grenzen

Das Modell wurde auf Basis der standardisierten Bruttolöhne entwickelt, d.h. sie wurden auf eine Standardarbeitszeit von 4 Wochen à 40 Arbeitsstunden umgerechnet.

Der Lohnrechner des Bundes berücksichtigt nur vollständig ausgefüllte Antworten. In allen Fällen, in denen Angaben fehlen, wurden diese aussortiert.

Das vom Bund vorgeschlagene Modell um den Bruttolohn zu schätzen erlaubt keine Interaktion zwischen den Variablen, obwohl man sich vorstellen könnte, dass sich die einen oder anderen Merkmale gegenseitig beeinflussen.

3.5.3 Nicht-Erwerbstätige

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

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 (Treffpunkt Arbeit 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 ein, welche sich grundsätzlich aus folgenden Leistungen zusammensetzt.

Tab. 35 Sozialhilfe

Leistungen	Modell	Durchschnittswert/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 also abhängig von der Haushaltsgrösse. Situationsbedingte Leistungen werden nicht berücksichtigt, da sie individuell ausfallen und sich daher sehr komplex zusammensetzen.

Studenten

Da Studenten auch einen gewissen Stock an Einkommen benötigen, wird ihnen in FaLC ein jährliches Einkommen in der Höhe des Grundbedarfs von der Sozialhilfe gewährt. Sie erwerben ihr Einkommen auf verschiedenen Wegen - Unterstützung der Eltern, Praktikum, Ferienjob usw.; die Annahme des Grundbedarfs erscheint vor dem Hintergrund eines sich ebenfalls komplex und individuell zusammensetzenden Einkommens eine vertretbare Näherung.

Schüler

Für Kinder bis 16 Jahre erhalten die Familien gemäss Bundesgesetz über die Familienzulagen (FamZG, in Kraft seit 1. Januar 2009) 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 einfache Abgrenzung zwischen Schülern und Sozialhilfeempfängern bzw. Studenten zu machen, 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.

Pension

Gemäss BFS bezogen im Jahr 2012 1'430'350 Personen in der Schweiz Altersrenten (Méry, 2012). Das ordentliche Rentenalter liegt für Männer bei 65 Jahren und für Frauen bei 64 Jahren (Schweizer Behörden Online, 2015). Für die Integration in FaLC werden die Werte des verfügbaren Einkommens aus der Haushaltsbudgeterhebung des BFS verwendet (HABE, 2014). Diese beziehen bereits Rente, Einkommen aus Vermögen, Sozialabgaben, Steuern und Krankenkassenprämien mit ein. In der folgenden Tabelle sind die zu verwendenden Renten aufgelistet.

Tab. 36 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)
Quellen: HABE (2014)			

3.5.4 Verfügbares Einkommen

Das für die Entscheide der Personen und Haushalte relevante Jahreseinkommen JE einer Person P im Jahr j wird auf der Basis des in FaLC geschätzten jährlichen Bruttolohns JBL berechnet:

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

Dabei können drei 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 allfälliger Kalibrationskoeffizient (F_{korr}) und d) ein allfälliges Einkommen aus Vermögen ($JEV_{P,j}$).

Anteil des effektiv verfügbaren Einkommens

Mit der Berechnung des verfügbaren Einkommens soll berücksichtigt werden, dass verschiedene Lohnkomponenten direkt oder indirekt vom Bruttolohn abgezogen werden müssen. 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

Die Teuerung wird allenfalls benötigt, da der Lohnrechner nur die „aktuellen“ – nominalen – Werte berechnet; das Modell basiert zurzeit auf den Daten bis 2014. Die realen Löhne 2014 sind indes kaum identisch mit denjenigen im Jahr 2000 oder auch 2020 bzw. 2030. Die Teuerung kann diese Differenz grundsätzlich ausgleichen. Dies ist insbesondere deshalb wichtig, da auch die Wohneigentums- und Mietpreise sich zeitlich verändern.

Da die Teuerung auch bei den Landpreisen nicht berücksichtigt wurden, wird sie im vorliegenden Modell nicht berücksichtigt.

Korrektur

Es kann ein Faktor festgelegt werden, der einen allfälligen Bias aufgrund von nicht modellierten Arbeitsstellen (z.B. extrem hohe Einkommen, nicht modellierte Branchen) entstehen könnte.

Aufgrund der Validierungsergebnisse wird davon abgesehen, eine Korrektur der Einkommen vorzunehmen (vgl. folgendes Kapitel). Die modellierten Löhne sind grundsätzlich plausibel. Allerdings wurde ein Einkommen aus Vermögen für die Kalibration verwendet:

Einkommen aus Vermögen

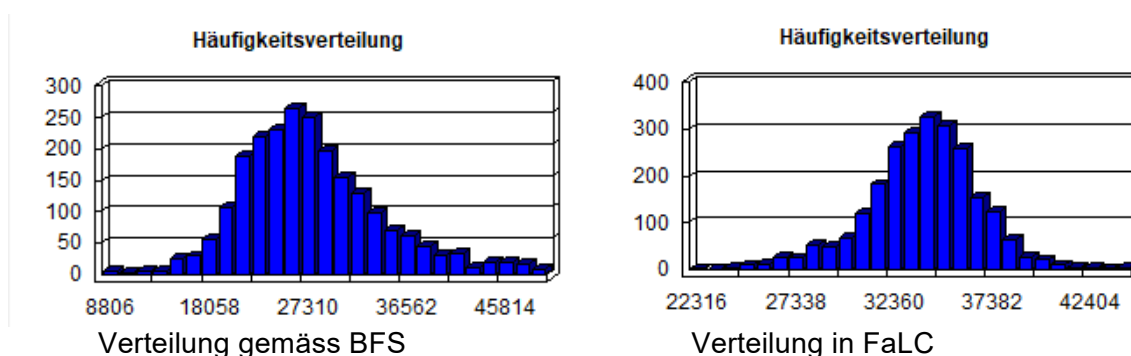
Die Validierungsergebnisse zeigen, dass gerade an sehr guten Wohnlagen extrem hohe steuerbare Einkommen erreicht werden. Diese können kaum mit erzielten Löhnen im modellierten Arbeitsmarkt erklärt werden. Um die Verteilung des steuerbaren Einkommens besser abbilden zu können, wurde deshalb ein Vermögen generiert.

In einem ersten Schritt wird das mutmasslich vorhandene Vermögen in einer Gemeinde aufgrund der steuerbaren Einkommen geschätzt. Anschliessend wird dieses Vermögen auf die Haushalte verteilt und als Einkommen angerechnet. Der Zinssatz wurde auf 1% angenommen – dieser modelltechnische Zinssatz hat indes auf das Einkommen keinen Einfluss.

3.5.5 Validierung und Kalibration

Die Gesamtsumme der in FaLC simulierten Einkommen beträgt für die ganze Schweiz ca. CHF 81 Mio., wobei der Referenzwert „Steuerbares Einkommen“ gemäss BFS im Jahre 2013 bei CHF 72 Mio. liegt. Das Modell überschätzt die Einkommen der Schweizer Bevölkerung beim Vergleich der beiden Zahlen um ca. 13 %. Allerdings sind in der Gesamtsumme der Einkommen in FaLC weder Teilzeitstellen noch Steuerabzüge wie Freibeträge, Doppelverdienerabzug oder gemeinnützige Zuwendungen berücksichtigt, was die Überschätzung erklärt.

Abb. 38 Häufigkeitsverteilung des durchschnittlichen Einkommens pro Gemeinde



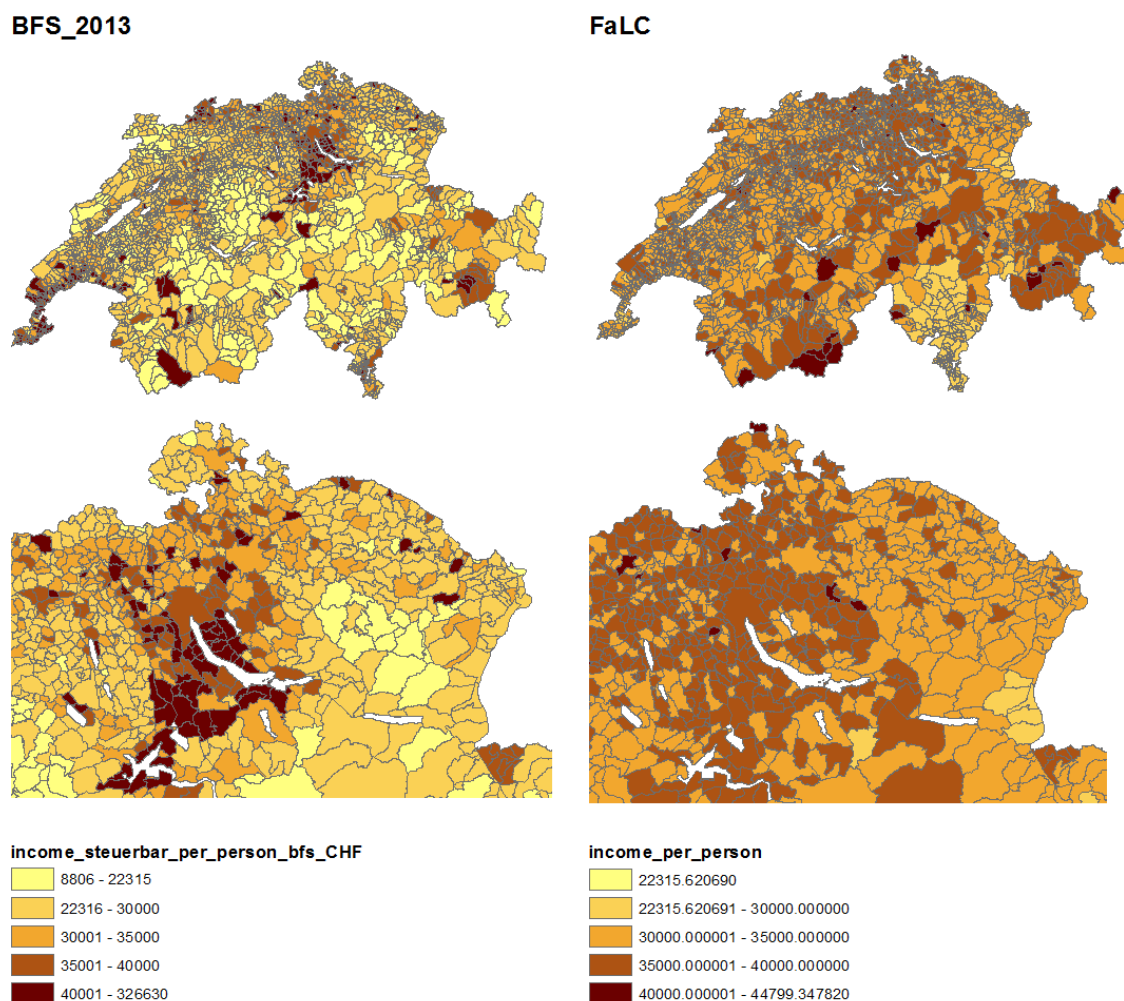
Quellen: BFS (2014)

Vergleicht man nun die Häufigkeitsverteilungen in obiger Abbildung fällt auf, dass die Realität viel diverser ist, als sie in der Modellierung auftritt. Das durchschnittliche Einkommen pro Gemeinde 2013 variiert von ca. CHF 8'000 bis über CHF 300'000, wobei im Modell die Varianz geringer ausfällt. Betrachtet man nun aber den Durchschnitt pro Gemeinde gemittelt über die ganze Schweiz, erreicht man wieder eine Überschätzung des Einkommens um ca. 13 %. Der Mittelwert beim BFS beträgt CHF 30'196, der Mittelwert beim Modell CHF 34'120.

Der Grund für die relativ tiefe Varianz ist u.a. die (deterministische) Modellierung der Median-Einkommen. Mit der Einführung von zufälligen Abweichungen zum Median-Wert könnte die Varianz relativ einfach vergrössert werden – da indes jegliches weisse Rauschen minimiert werden sollte, wird davon abgesehen. Zielführender erscheint in einem späteren Schritt die Löhne der Top-Verdiener besser abzubilden. Eine Varianz mit extrem tiefen und extrem hohen Einkommen ist indes für die Simulationen i.d.R. zweitrangig, da die Modelle meist mit sehr groben Angaben arbeiten (z.B. hohes versus tiefes Einkommen).

Die beschriebene Varianz widerspiegelt sich auch in den Choroplethenkarten der durchschnittlichen Einkommensverteilung (ohne Einkommen aus Vermögen) in Abb. 44. Über die ganze Schweiz gesehen ist die Verteilung deutlich heterogener als im Modell. Es wird aber festgestellt, dass die Unterschiede in der räumlichen Verteilung der Einkommen grossräumig ebenfalls erreicht werden. Betrachtet man beispielsweise die Ostschweiz fällt bei beiden Karten auf, dass im Raum Zürich deutlich höhere durchschnittliche Einkommen abgebildet sind, als in der Nähe St. Gallen – was mit den realen Begebenheiten übereinstimmt.

Abb. 39 Durchschnittlichen Einkommen pro Gemeinde (ohne Einkommen aus Vermögen)



Quellen: BFS (2014)

Für die Kalibration wurde ein Einkommen aus Vermögen eingeführt. Damit werden vor allem Gemeinden mit sehr guten Steuerzahlern korrigiert; bereits überschätzte Gemeinde wurden nicht korrigiert. Dies betrifft insbesondere Gemeinden mit einem durchschnittlichen Einkommen von unter CHF 20'000 – was nur mit Steuerabzügen zu erklären ist. Das effektiv verfügbare Einkommen dürfte auch in diesen Gemeinden deutlich höher sein. In diesen Gemeinden

wird deshalb angenommen, dass die Resultate von FaLC plausibler sind, als ein Rückschluss vom steuerbaren Einkommen auf das verfügbare Einkommen.

3.5.6 Quellen

Méry, J. (2012) AHV-Statistik 2012, Bundesamt für Sozialversicherungen (BSV), Schweizer Eidgenossenschaft.

Bodenmann, B.R. (2006) Lebenszyklusmodelle für Unternehmen in der Raumplanung, Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung, 393, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.

Bundesamt für Gesundheit BAG (2015) Daten: Prämien für die obligatorische Grundversicherung. Schweizer Eidgenossenschaft.

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 (2002) NOGA: Allgemeine Systematik der Wirtschaftszweige, Erläuterungen, Bundesamt für Statistik (BFS), Neuenburg.

Bundesamt für Statistik, Haushaltsbudgeterhebung (HABE) (2014): Haushaltbudgeterhebung, Haushaltseinkommen und –ausgaben nach Haushaltstyp. Bundesamt für Statistik.

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 (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 (2015b) *Salarium Schweiz – Individueller Lohnrechner*, www.lohnrechner.bfs.admin.ch/, besucht Oktober 2015.

Bundesamt für Statistik BFS (2015c) Statistik Schweiz. Aktuelle Datensätze. Schweizer Eidgenossenschaft, <http://www.bfs.admin.ch/>, Nov. 2015.

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) Modelle der Standortwahl für Arbeitsplätze im Grossraum Zürich zur Verwendung in UrbanSim, Arbeitsberichte Polyprojekt Zukunft urbane Kulturlandschaften, 8, NSL, ETH Zürich, Zürich.

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.

3.6 Mobilitätswerkzeuge

Das im Folgenden beschriebene Vorgehen ist zu einem grossen Teil sowohl für die Synthetische Population als auch in den jährlichen Zyklen identisch.

Die verfügbaren Pseudo-Bestimmtheitsmasse der geschätzten MNL-Modelle zu den Verfügbarkeiten der Mobilitätswerkzeuge sind mit Werten von 0.08 bis 0.27 teilweise sehr tief (z.B. Kowald et al. 2015). Deshalb wurde ein Modellansatz gewählt, der sich einerseits möglichst auf bekannte Randsummen abstützt (Anz. Personenwagen, Anzahl Abonnemente des öffentlichen Verkehrs) und die MNL-Modelle vor allem nutzt, um die Entwicklung über die Jahre abschätzen zu können.

3.6.1 Konzept

In FaLC wurde bisher ausschliesslich die Verfügbarkeit des Autos in der Wohnstandortwahl verwendet. Um zukünftig aber auch detailliertere Modelle zu ermöglichen und insbesondere zu den Verkehrsmodellen kompatibel zu sein, werden zusätzlich die Verfügbarkeiten eines Generalabonnements (GA), Halbtax-Abonnements sowie die Abonnemente der regionalen Verkehrsverbünde modelliert (vgl. Tab. 37). Dabei werden gewisse Kombinationen mit dem Generalabonnement a priori ausgeschlossen, insbesondere besitzt praktisch niemand ein GA und gleichzeitig ein Halbtax und/oder Verbundsabonnement.

Tab. 37 Kategorien Mobilitätswerkzeuge

Code	Werkzeug	A priori-Annahmen	Anz. 2014* in Tausend	Priorität**
1	Auto + GA		400	1
2	Auto + Halbtax		1'984	7
3	Auto		2'876	9
20	Auto + Halbtax + Verbundsabo		101	3
30	Auto + Verbundsabo		51	4
4	GA		319	2
5	Halbtax		714	8
6	Kein Mobilitätswerkzeug		1'667	10
50	Halbtax + Verbundsabo		70	5
60	Verbundsabo		55	6

* Anz. 2014: Anzahl Personen in der Schweiz, Schätzung aufgrund der Verteilung gemäss Mikrozensus Mobilitätsverhalten MZMV 2010 (BFS, 2012)

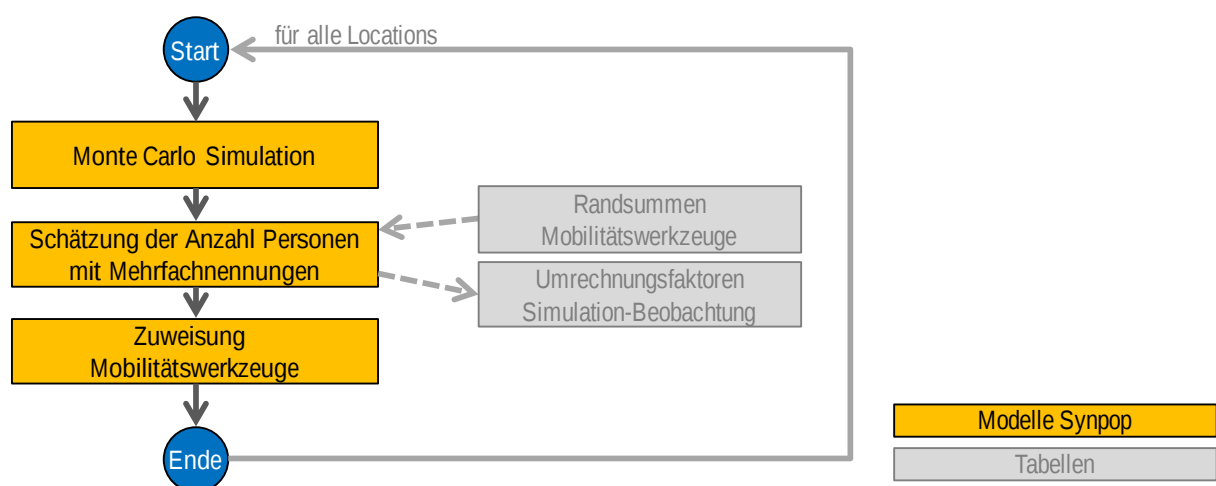
** Priorität: Reihenfolge der Zuweisung

Das implementierte Skript geht zudem davon aus, dass verschiedene Angaben zur Verfügung stehen. Insbesondere sind dies für die Schweiz:

- Anzahl Personen mit Auto bzw. die Anzahl Personenwagen pro Gemeinde;
- Anzahl GA, Halbtax- und Verbunds-Abonnemente pro Postleitzahlgebiet;
- Ungefährer Anteil der Personen mit Mobilitätswerkzeugkombinationen.

Die Verfügbarkeit der Mobilitätswerkzeuge wird für die Synthetische Population mehrstufig mit verschiedenen Sub-Modellen für jede einzelne Zone simuliert (vgl. Abb. 40). In einem ersten Schritt werden die Summen der Verfügbarkeiten der Mobilitätswerkzeuge in einer Monte Carlo Simulation mit den Nutzenfunktionen aufgrund der Eigenschaften der Personen in der Synthetischen Population geschätzt (unter Verwendung der Parameter aus Kowald et al., 2015). Anschliessend werden diese Summen mit den vorgegebenen Randsummen für Fahrzeugbesitz, GA, Halbtax und regionalen Verbundsabonnements verglichen und die Summen für die einzelnen Kategorien entsprechend angepasst. Im dritten Schritt werden die Mobilitätswerkzeuge den Personen zugewiesen.

Abb. 40 Simulationsablauf Mobilitätswerkzeuge für die Synthetische Population



In FaLC wird der *Besitz eines Fahrzeuges* modelliert – insbesondere auch deshalb, weil davon ausgegangen wird, dass ein Fahrzeug in einer Familie grundsätzlich auch den anderen Familienmitgliedern zur Verfügung steht. Zudem ist die Summe der Personenwagen in einer Gemeinde eine der typischen, verfügbaren Kenngrössen aus dem Motorfahrzeugbestand (MFZ) des ASTRA.

Allgemeine Simulation Mobilitätstools

Für die Synthetische Population wird ein von Kowald et al. (2015) geschätztes MNL-Modell benutzt, das die Mobilitätswerkzeuge Fahrzeugverfügbarkeit, GA und Halbtax gleichzeitig in einem Modell berücksichtigt (vgl. Tab. 38 auf der folgenden Seite). Damit ergeben sich sechs Kategorien mit Auto, GA, Halbtax (Kategorien 1, 2, 3, 4, 5, 6) – wobei Kategorie 6 bedeutet, dass die Person kein Mobilitätswerkzeug besitzt.

Tab. 38 Multinomial logit model on mobility tool ownership in the year 2010

N	45796				
Null log likelihood	-82073.196				
Final log likelihood	-60092.885				
Adj. Rho ²	0.267				
Variable	Car & GA	Car & Halbtax	Car	GA	Halbtax
Constant	-3.310*** (0.320)	-3.160*** (0.187)	-1.430*** (0.159)	0.257 (0.286)	-0.217 (0.206)
age	0.088*** (0.009)	0.175*** (0.006)	0.164*** (0.006)	-0.060*** (0.007)	0.011 (0.006)
age square	-0.001*** (<0.001)	-0.002*** (<0.001)	-0.002*** (<0.001)	<0.001*** (<0.001)	>-0.001*** (<0.001)
male	-0.528*** (0.173)	-0.470*** (0.114)	-0.387*** (0.102)	-0.013 (0.137)	0.098 (0.118)
age*male	0.030*** (0.003)	0.018*** (0.002)	0.025*** (0.002)	0.007*** (0.002)	-0.001 (0.002)
above median income	1.510*** (0.071)	1.340*** (0.045)	0.636*** (0.042)	0.838*** (0.064)	0.427*** (0.051)
inhabitants 1000	-0.017*** (0.002)	-0.015*** (0.001)	-0.016*** (0.001)	-0.003* (0.001)	-0.002 (0.001)
inhabitants 1000 square	<0.001*** (<0.001)	<0.001*** (<0.001)	<0.001*** (<0.001)	<0.001* (<0.001)	<0.001 (<0.001)
centre	0.314*** (0.082)	0.040 (0.055)	-0.088 (0.052)	0.466*** (0.075)	0.205*** (0.060)
Tessin (reference)					
Eastern Switzerland	1.290*** (0.197)	1.040*** (0.075)	-0.014 (6.750)	1.650*** (0.199)	1.190*** (0.111)
Northern Switzerland	1.320*** (0.198)	1.190*** (0.085)	-0.206*** (0.055)	1.620*** (0.200)	1.410*** (0.114)
Central Switzerland	1.500*** (0.209)	1.420*** (0.097)	-0.007 (0.072)	1.650** (0.212)	1.470*** (0.126)
Espace Mittelland	1.640*** (0.196)	1.130*** (0.084)	-0.014*** (6.750)	2.010*** (0.197)	1.240*** (0.113)
Lake Geneva Region	0.833*** (0.202)	0.320*** (0.088)	-0.155* (0.055)	0.533* (0.206)	0.374*** (0.118)
single household (reference)					
couple w/o children	0.413*** (0.080)	0.241*** (0.048)	0.395*** (0.046)	-0.662*** (0.069)	-0.500*** (0.053)
couple with children	-0.467*** (0.089)	-0.701*** (0.058)	-0.163*** (0.055)	-1.290*** (0.083)	-1.010*** (0.066)
single parent with children	-0.012 (0.136)	-0.620*** (0.0897)	-0.324** (0.081)	-0.775*** (0.120)	-0.577*** (0.092)
extended family/non-kin contact	-0.461* (0.194)	-0.799*** (0.126)	-0.429*** (0.114)	-0.943*** (0.16)	-0.526*** (0.124)
full-time work (reference)					
part-time work	0.264*** (0.083)	0.378*** (0.059)	-0.006 (0.056)	0.715*** (0.080)	0.562*** (0.066)
Inactive / unemployed	-0.680*** (0.088)	-0.561*** (0.056)	-0.709** (0.051)	0.012 (0.079)	-0.105 (0.062)
tertiary education (reference)					
secondary education or less	-1.270*** (0.071)	-1.320*** (0.054)	-0.434*** (0.054)	-1.240*** (0.069)	-0.974*** (0.060)

Notes: * p<0.05, ** p<0.01, ***

Quelle: Kowald et al. (2015); Standardfehler sind in Klammern angegeben

Die folgende Tab. 39 gibt einen Überblick zu den verwendeten Basis-Variablen und deren Herkunft.⁴

Tab. 39 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 (Dummy's für Quartile) min. income median income max. income	Einkommen gemäss FaLC-Population Einkommen im 1. Quartil Einkommen im 2./3. Quartil Einkommen im 4. Quartil	FaLC
Einwohner	Einwohner gemäss FaLC-Population (Summe der Einwohner in der Gemeinde)	FaLC
Zentrum	Zentrumsgemeinde gemäss BFS (Mittelzentrum und Grösser, VZ2000)	BFS
Regionen	Regionen vgl. Tabelle yyy	BFS
Haushaltstypen Einzelhaushalt, Paar ohne Kinder Paar mit Kinder Einzelperson mit Kinder Grössere Haushalte	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	gemäss FaLC-Population Vollzeitanstellung Vollzeitanstellung Ohne Arbeit	FaLC
Hochschulausbildung Tertiärstufe Sekundarstufe oder tiefer	gemäss FaLC-Population Hochschule (3) / Höhere Berufsbildung (4) Ohne nachobligatorische Ausbildung (1) / Sekundarstufe II (2)	FaLC
ISCED International Standard Classification of Education (ISCED 97)		
Quellen: Bildungslandschaft Schweiz, BFS (2015a)		

⁴ Abgeleitete Variablen wie Alter im Quadrat werden nicht erwähnt.

Die Modelle in FaLC bilden die benutzten Charakteristiken der Personen generell gut ab, nur in zwei Fällen müssen Einschränkungen gemacht werden:

- *Haushaltstypen*: FaLC fokussiert sich in den Haushaltsmodellen auf Einzelhaushalte und Paare mit bzw. ohne Kinder. Dabei deckte es auch den Auszug der Kinder aus dem elterlichen Haushalt ab. Mehrgenerationenhaushalte können entstehen, z.B. weil ein junger Erwachsener erst spät aus dem elterlichen Haushalt zieht, oder eine Tochter im elterlichen Haushalt mit Kind lebt – andere Fälle werden indes nicht modelliert (z.B. wenn Grosseltern im Haushalt aufgenommen werden). Mehrgenerationenhaushalte sind deshalb in FaLC unterschätzt. Aufgrund der Komplexität der möglichen Fälle und der geringen Wahrscheinlichkeit, wird von einer entsprechenden Modellierung vorerst abgesehen. FaLC modelliert zudem keine Wohngemeinschaften oder ähnliche Haushaltsformen, da diese i.d.R. nicht zusammen umziehen (wie Familien oder Paare), sondern eher als Zweckgemeinschaften angesehen werden.
In der synthetischen Anfangspopulation sind die entsprechenden Haushalte wohl vorhanden, sie entstehen aber über die Simulationsjahre nur eingeschränkt bzw. nicht mehr. Die Anzahl der Mehrgenerationenhaushalte und Wohngemeinschaften wird, wie erwähnt, deshalb mit zunehmender Simulationszeit entsprechend unterschätzt.
- *Beschäftigungsgrad*: die Arbeitsplätze sind zurzeit nicht mit einem Beschäftigungsgrad hinterlegt. FaLC unterscheidet deshalb nur zwischen beschäftigt und nicht beschäftigt. Die Saläre müssen dementsprechend korrigiert werden und im Modell zu den Mobilitätswerkzeugen wird nicht zwischen Teil- und Vollzeitbeschäftigung unterschieden. In der entsprechenden Nutzenfunktion werden deshalb alle beschäftigten Personen als Vollzeitangestellte betrachtet.

Diese sechs Kategorien werden anschliessend aufgrund der Verteilung gemäss dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV) 2010 (BFS/ARE, 2012) mit den Abonnenten der regionalen Verkehrsverbünden ergänzt (Kategorien 20, 30, 50, 60). Resultat ist die Anzahl der Personen nach verfügbaren Mobilitätswerkzeugen gemäss der Nutzenfunktion. Diese (unkalibrierte) Zahl wird in den jährlichen Zyklen verwendet, um die Entwicklung der einzelnen Kategorien abschätzen zu können.

Aufgrund der grossen regionalen Unterschiede bei den regionalen Abonnenten, war es im laufenden Projekt nicht möglich, eine entsprechende Nutzenfunktion zu schätzen. Betrachten wir aber die regionalen Abonnemente als den kleinen regional beschränkten «Bruder» des Generalabonnements, ist nachvollziehbar, dass auch für die regionalen Abonnemente eine ähnliche Nutzenfunktion resultiert. So lange keine eigene Nutzenfunktion für die regionalen Abonnemente vorliegt, wird in FaLC die Nutzenfunktion für das GA auch für die regionalen Abonnemente genutzt.

Schätzung der Anzahl Personen nach Kategorie (Anpassung auf Randsummen)

Im folgenden Schritt werden die (zufälligen) Randsummen aus der Monte-Carlo-Simulation an die Randsummen (bzw. Werte) des NPVM je NPVM-Zone angepasst; dies sind insbesondere: Anzahl Personenwagen, GA, Halbtax- und Verbunds-Abonnemente. Für die

Mehrfachnutzungen wird wiederum eine Verteilung gemäss des MZMV 2010 (BFS/ARE, 2012) angenommen.

Für die jährlichen Zyklen gibt das erstellte Skript zudem eine Umrechnungstabelle aus, mit der mit den Ergebnissen aus der Nutzenfunktion direkt die zu erwartenden Summen für die Kategorien abgeleitet werden können.

Zuweisung der Mobilitätswerkzeuge

Die Modelle der Mobilitätswerkzeuge werden nicht stochastisch über eine Monte-Carlo-Simulation modelliert, sondern deterministisch über eine Rangliste anhand der Werte aus der Nutzenfunktion. Dies hat den Vorteil, dass die Simulationen wesentlich schneller und robuster laufen (z.B. kein Risiko für Endlosschlaufen). Zudem erhalten die Agenten i.d.R. in den Folgejahren mit grosser Wahrscheinlichkeit die gleiche Zuordnung.

Für die Zuordnung werden die Agenten anhand der Nutzenfunktion je Kategorie rangiert und den aus dem vorhergehenden Schritt berechneten Anzahl Personen zugeordnet. Die Zuordnungsreihenfolge wurde generell so gewählt, dass kleinere Kategorien eher zu Beginn abgearbeitet werden (vgl. Priorität in Tab. 37).

3.6.2 Validierung und Kalibration

Grundsätzlich werden die Anzahl der Mobilitätswerkzeuge auf die geforderte Anzahl gemäss NPVM 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 Synthetischen Population beinahe perfekt mit den vorgegebenen Randsummen (Bestimmtheitsmass $r^2 > 0.999$). Bei den Personenwagen wurden allerdings Ausreisser korrigiert: in einzelnen Gemeinden sind (deutlich) mehr Personenwagen als Erwachsene registriert – z.B. aufgrund von gemeldeten Mietwagen. Diese Summen wurden korrigiert, so dass in den Gemeinden maximal 80% der erwachsenen Wohnbevölkerung ein Auto besitzt. Die Gesamtsumme der Autos in der Schweiz ist deshalb in FaLC leicht tiefer (4.1 Mio. in 2014) als gemäss BFS (4.4 Mio.).

Die Verfügbarkeit eines Autos ist indes nicht kalibriert. In FaLC wird davon ausgegangen, dass bei Vorhandensein eines Autos in einem Haushalt, dieses allen Haushaltsmitgliedern zur Verfügung steht. In der Schweiz stehen so gemäss BFS 4.4 Mio. Personenwagen rund 5.4 Mio. Personen zur Verfügung (hochgerechnet aus den Erhebungen des MZMV 2010; BFS/ARE, 2012). 100 Personenwagen können somit durchschnittlich von 123 Personen genutzt werden. In der Synthetischen Population 2014 stehen 4.1 Mio. Personenwagen rund 5.1 Mio. Personen zur Verfügung.

3.6.3 Quellen

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.

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..

3.7 Zuordnung Sprache (2014)

Im Datensatz der Volkszählung 2000 wurden auch die Hauptsprachen der Personen erfasst. Dementsprechend werden sie für die entsprechende Population auch direkt über das R-Skript eingelesen. Da für das Jahr 2014 diese Information nicht mehr zur Verfügung steht, muss diese entsprechend imputiert werden.

3.7.1 Konzept

Aufgrund der in der Strukturerhebung 2015 erhobenen Hauptsprachen wurden den Personen in der synthetischen Population deren Hauptsprache in einer Monte-Carlo-Simulation zugewiesen. Dabei wurde allen Mitgliedern einer Familie die gleiche Sprache zugeteilt. Es wurden auf die Kantone aggregierte Daten verwendet – grundsätzlich kann aber bei Vorliegen der Daten auch die Verteilung nach Gemeinde verwendet werden.

Tab. 40 Kodierung der Sprachen

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

3.7.2 Validierung

Trotz der Zuweisung der Sprache auf der Stufe des Haushaltes und dem aufgrund der Monte-Carlo-Simulation zu erwartenden weissen Rauschen wird die vorgegebene Verteilung äusserst genau abgebildet. Stellt man auf Stufe der NPVM-Zonen die BFS-Daten mit den Simulationsergebnissen gegenüber, so wird ein Bestimmtheitsmass von 0.9998 erreicht (Test über die Kantone Appenzell und St. Gallen, Personen mit Deutsch als Hauptsprache). Der Fehler je Zone ist nur in kleinen Gemeinden erkennbar und äusserst selten über 3%.

Bei wenig Fallzahlen (z.B. Rätoromanisch) ist indes der Fehler entsprechend höher – da bereits einzelne Personen einen relativ grossen Unterschied ergeben. Da es sich aber nur um kleine Personengruppen handelt, sind entsprechende Ungenauigkeiten vernachlässigbar.

3.8 Wohneigentum

Das im Folgenden beschriebene Vorgehen ist sowohl für die Synthetische Population als auch in den jährlichen Zyklen identisch.

3.8.1 Konzept

Das Modell für den Kaufentscheid wurde wie von Schirmer und Matter (2016) vorgeschlagen übernommen.

Tab. 41 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: Schirmer und Matter (2016)

Anpassung auf Randsummen

Analog zum Vorgehen bei den Mobilitätswerkzeugen werden die anschliessenden Modelle die (zufälligen) Randsummen aus der Monte-Carlo-Simulation an die zu erwartenden Randsummen der Gemeinden, Bezirke oder Kantone anpassen. Dabei werden wiederum anhand der Nutzenfunktion für Wohneigentum korrigiert:

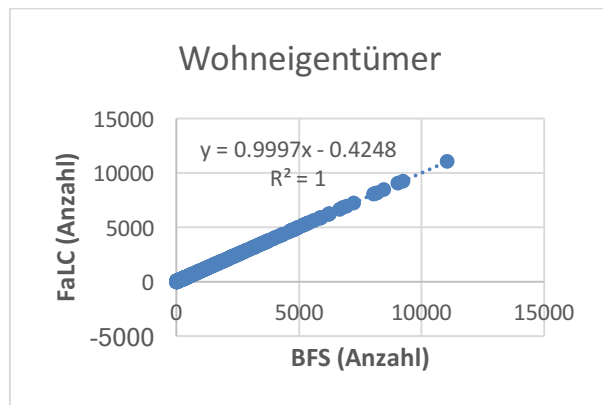
- Sind zu wenige Eigentümer vorhanden, erhalten die Haushalte ohne Wohneigentum aber mit der grössten Wahrscheinlichkeit die Wohnung bzw. das Haus zu besitzen das Wohneigentum zugesprochen.
- Sind zu viele Eigentümer vorhanden, wird von den Personen mit der kleinsten Wahrscheinlichkeit über Wohneigentum zu verfügen dieses gelöscht.

Dieses Modell wird nicht stochastisch simuliert. Dies hat den Vorteil, dass die Simulationen wesentlich schneller und robuster laufen (z.B. kein Risiko für Endlosschleifen).

3.8.2 Validierung

Die Wohneigentümergebung gemäss BFS und die Verteilung der FaLC-Population auf der Stufe der NPVM-Zonen stimmen überein, sodass bei der Gegenüberstellung der NPVM-Zonen und BFS-Daten ein Bestimmtheitsmass R^2 von 1 erreicht wird.

Abb. 41 Vergleich des Wohneigentums der NPVM-Zonen gemäss BFS und in der FaLC-Population (2014)



3.8.3 Quellen

Bundesamt für Statistik BFS (2016): 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 (2014): Strukturerhebung (SE), Bundesamt für Statistik, ThemaKart, Neuchâtel, 2009-2017.

3.9 Zusammenfassung und Weiterentwicklung

Die folgende Tab. 42 zeigt die aufgrund der Validierung eingeschätzte Präzision der Synthetischen Population auf verschiedenen Aggregationsstufen. Verschiedene Informationen basieren direkt auf Einzeldaten des BFS und sind deshalb bis auf die Stufe der Entitäten (z.B. den synthetischen Personen) identisch mit den BFS-Daten, im Wesentlichen sind dies Alter und Geschlecht der Personen, die Haushaltsstruktur, die Branchen und Grössen der Unternehmen (2014), sowie die Zuordnung der Hauptsprache (2000). Ein Grossteil der Informationen zu den Agenten mussten indes imputiert werden und weist deshalb auf verschiedenen Ebenen eine unterschiedlich grosse Abweichung zur erhobenen „Realität“ auf.

Tab. 42 Übersicht Informationsgüte Synthetische Population

Information	CH	Reg.	Gem.	Zonen	Entität
Personen: Alter, Geschlecht	+++	+++	+++	+++	+++
Haushalte: Struktur	+++	+++	+++	+++	+++
Unternehmen (2000): Branche, Grösse	++	++	++	+	Zufall
Unternehmen (2014): Branche, Grösse	+++	+++	+++	+++	+++
Zuordnung Arbeitsplatz	++	++	+	+	Prob.
Bildungsstand, Beschäftigung	++	+	+	+	Prob.
Sprache (2000)	+++	+++	+++	+++	+++
Sprache (2014)	++	++	+	+	Zufall
Zuordnung Arbeitsplatz	++	++	+	+	Prob.
Einkommen	++	++	+ / ++	+ / ++	Prob.
Eigentum	++	++	+	+	Prob.
Mobilitätswerkzeuge (Besitz PW, Abos)	++	++	++	++	Prob.
Mobilitätswerkzeug (Verfügbarkeit PW)	+	+	+	+	Prob.

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

Die meisten imputierten Informationen basieren auf Modellen, die die Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Ausprägungen beschreiben und werden mit Monte-Carlo-Simulationen modelliert. Die hierfür typischen MNL-Modelle erreichen indes nur sehr tiefe Bestimmtheitsmasse und sind deshalb auf der Stufe der einzelnen Entitäten sehr ungenau. Je nach Ebene für die Kalibration werden die Randsummen auf den Aggregationsstufen unterschiedlich präzise abgebildet.

Am präzisesten werden die Mobilitätswerkzeuge Besitz eines Personenwagens, eines GA- oder Halbtax-Abonnements abgebildet – da diese Informationen direkt auf Angaben für die Zonen basieren (Basis im Projekt: NPVM 2010). Da die Verfügbarkeit eines Autos auf Stufe der Haushalte abgeleitet wird, sind diese Randsummen indes verhältnismässig ungenau – wobei diesbezüglich auch keine verlässlichen Randsummen zur Verfügung stehen.

Die meisten Ausprägungen haben indes spätestens auf Stufe Region eine Fehlererwartung von unter +/- 1%. Es ist allerdings zu berücksichtigen, dass eine grundsätzliche Fehlerquelle durch die Nutzung verschiedener Datenquellen mit unterschiedlichen Erhebungsmethoden und Zeitständen verwendet werden müssen. So wurden für die Synpop 2014 im Wesentlichen die folgenden Datensätze verwendet:

- Wohnbevölkerung: STATPOP 2014
- Beschäftigte: STATENT 2013
- Diverse Attribute zur Wohnbevölkerung: MZMV 2010

Da die verwendeten Einzeldaten nur schwerlich auf einen gemeinsamen Jahresstand hochgerechnet werden können und gerade die Unterschiede über ein Jahr nicht wesentlich sind, wird in der Regel ein unterschiedlicher Erhebungszeitpunkt von einem Jahr vernachlässigt. Der Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV) wird zur Modellierung einzelner Variablen verwendet. Da die Daten des MZMV somit nur indirekt und punktuell einfließen, sind die Auswirkungen reduziert. In einem Folgeprojekt zur Erarbeitung der Synpop 2015 wird aber der MZMV 2015 verwendet.

Bei der Validierung der Synthetischen Population hat sich indes gezeigt, dass verschiedene Weiterentwicklungen zu empfehlen sind:

- Einkommen: die Varianz der Einkommen ist deutlich zu niedrig, da die Modelle auf den Median-Werten des BFS-Lohnrechners basieren. Um Nachvollziehbarkeit und Voraussagbarkeit der Resultate zu gewährleisten, sollte dies auch zukünftig nicht geändert werden. Allerdings können mit der Einführung und Berücksichtigung von Führungspositionen in den Unternehmen und von erhöhten CEO-Gehältern in Grossunternehmen Verbesserungen erreicht werden. Bezüglich Einkommen wäre zudem in einem kommenden Schritt einerseits der Beschäftigungsgrad einzubeziehen, andererseits eine eigene Lohnberechnung für den Agrarsektor. Als Fernziel wäre zudem die Modellierung des Vermögens wünschenswert. Das zurzeit verwendete „Vermögen“ dient ausschliesslich der Kalibration und bildet deshalb nicht das eigentliche Vermögen ab.

- Mobilitätswerkzeuge: allenfalls ist es denkbar, auch für die PW-Verfügbarkeit Kalibrationswerte einzuführen, um präzisere Randsummen zu erhalten. Verbesserungen in der Abbildung werden zudem massgeblich davon abhängigen, inwiefern z.B. auch konkrete Randsummen für Verbundabonnemente auf Stufe der NPVM-Verkehrszonen nutzbar werden.

Die generelle Umsetzung der Synthetischen Population mit dem Aufruf eines R-Skripts aus FaLC heraus zeigt sich als gangbarer Weg. Wichtig für die Weiterentwicklung sind verbesserte Datengrundlagen und eine weitgehende Integration und Automatisierung der Datenaufbereitung innerhalb von FaLC.

4 Modelle der jährlichen Zyklen

Balz Bodenmann, Pascal Bürki

Aufgrund der neu verfügbaren Informationen in der Synthetischen Population (Kap. 3) und des neu geschätzten Wohnstandortwahlmodells (Kap. 2) werden verschiedene Modelle in FaLC neu erstellt oder abgeändert, um die Informationen über die Jahre hinweg fortschreiben zu können. Ziel ist es, die so erstellten (zukünftigen) synthetischen Populationen für planerische Fragen und Verkehrsmodelle nutzen zu können.

4.1 Einbindung der neuen Modelle

Im vorliegenden Projekt wurden verschiedene Modelle neu in das Gesamtsystem integriert. Diese beinhalten folgende Bereiche:

- Bildungsstand der Einwohner;
- Einkommen der Beschäftigten, Rentner und übrigen Personen;
- zur Verfügung stehende Mobilitätswerkzeuge;
- Umzüge der Haushalte;
- Kosten für Wohnraum (Wohneigentumspreise).

Zudem wurden bezüglich der Migration beispielsweise die Variablen Nationalität und Ausbildung integriert.

Aufgrund der Abhängigkeiten zwischen den Modellen wurde der Ablauf der Modelle wesentlich geändert (vgl. Abb. 42). Die demographischen Modelle stehen immer noch am Anfang. In diesem Modellblock wurde auch das Modell zum Bildungsstand integriert.

Anschliessend werden die Unternehmen neu gebildet (firmographische Modelle) und die Arbeitsplätze neu zugewiesen. Damit ist die Basispopulation auf dem Stand des neuen Jahres.

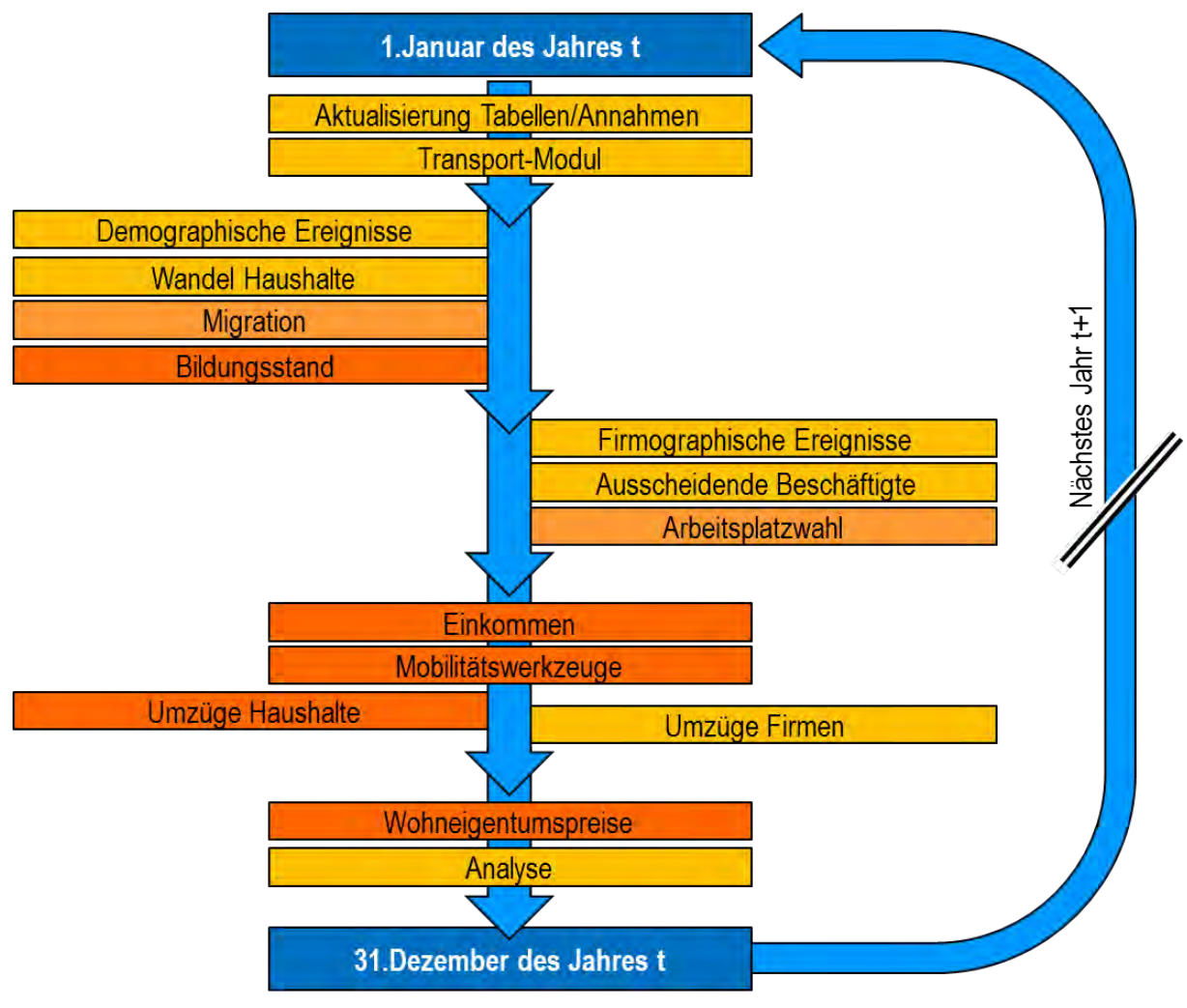
Auf der Basis der nun verfügbaren Informationen werden das Einkommen und die Mobilitätswerkzeuge simuliert. Anschliessend ziehen die Haushalte und Unternehmen um. Die Umzugsmodelle stehen relativ weit hinten in der Simulationskette, da sie die meisten Informationen für die Simulation benötigen.

Aufgrund der neuen Verteilung der Haushalte und Unternehmen werden die Wohneigentumspreise neu geschätzt und allfällige Analysen ausgelesen. Die entsprechenden Resultate stehen insbesondere auch für die Simulationen im kommenden Simulationsjahr zur Verfügung.

Der gewählte Ablauf richtet sich im Wesentlichen nach den benötigten Informationen für die nachfolgenden Modelle. Ziel war es, die Modelle nur ein einziges Mal pro Jahr aufrufen zu müssen – damit Rechenzeit gespart werden kann. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Modelle innerhalb der Jahre wohl eine Reihenfolge aufweisen, diese aber mit zunehmender Anzahl Jahre aber einen immer kleineren Einfluss hat: so folgt innerhalb eines Jahreszyklus das

Umzugsmodell für Unternehmen demjenigen für Haushalte. Über den Jahreswechsel gesehen verhält es sich indes genau umgekehrt. Im Folgenden werden deshalb entsprechende Auswirkungen aufgrund der Reihenfolge der Modelle nicht weiter untersucht.⁵

Abb. 42 Modellablauf in FaLC



Im Folgenden werden die verschiedenen neuen und weiterentwickelten Modelle beschrieben. Das Modell zur Arbeitsplatzwahl wurde bereits konzipiert – wurde aber aufgrund der anderweitigen Schwerpunkte des Projekts auf einen späteren Entwicklungsschritt verschoben.⁶

⁵ Dies ist indes ein wesentliches Thema, das zum Beispiel in einer weiteren Forschungsarbeit aufgegriffen werden könnte (z.B. Diplomarbeit).

⁶ Idealerweise verbunden mit einer Überarbeitung und Ergänzung der Simulation der Unternehmen und Beschäftigten.

4.2 Umzüge der Haushalte

Das Konzept zu den Umzügen der Haushalte wurde im Rahmen des vorliegenden Projekts zusammen mit Fahrländer Partner (FPRE) entwickelt. FPRE hat darauf die entsprechenden Parameter geschätzt; die entsprechende Dokumentation der Arbeiten ist in Kapitel 2 zusammengefasst. Im Folgenden werden die Umsetzung der neuen Parameter in FaLC sowie notwendige Modellanpassungen beschrieben.

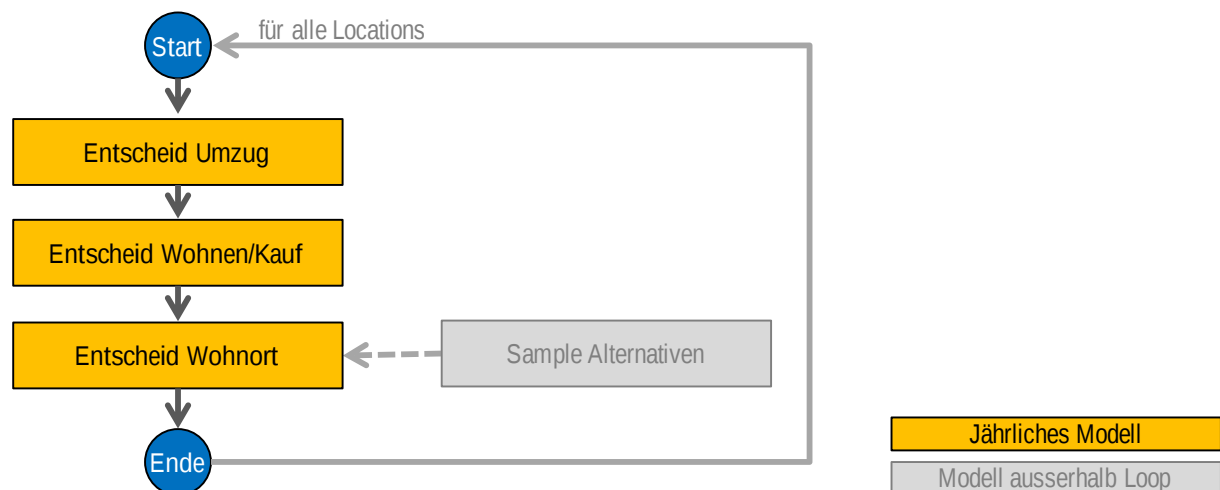
4.2.1 Modell

Die Simulation der Umzüge besteht – wie die bisherigen Modelle in FaLC (vgl. Bodenmann et al., 2014b) – aus verschiedenen Sub-Modellen. Da nun neu zwischen Miete und Kauf unterschieden wird, sind zusätzliche Submodelle hinzugekommen. Zudem wurde aufgrund der feineren Unterteilung von Haushaltstypen die Modellierung deutlich komplexer. Folgende Sub-Modelle wurden implementiert:

- Sampling der Alternativen (potentielle Wohnorte)
- Modell Umzugsentscheid
- Modell Entscheid Miete oder Kauf
- Modell Entscheid neuer Wohnort

Das Sampling der Alternativen wird im Voraus berechnet, die übrigen Modelle werden jährlich ausgeführt.

Abb. 43 Konzept der Umzugsmodelle



Modell Umzugsentscheid

Das Modell für den Umzugsentscheid wurde wie von Schirmer und Matter (vgl. Seite 26, Mod. 1) vorgeschlagen übernommen. Einzig die Information, ob der Haushalt Eigentümer der bisherigen Wohnung war, wird nicht berücksichtigt da die Eigentümerschaft mangels entspre-

chender Modellschätzungen nicht fortgeschrieben wird. Zudem können im jeweils ersten Simulationsjahr die Variablen, die die Veränderung zum letzten Simulationsjahr berücksichtigen, nicht verwendet werden.

Modell Entscheid Miete oder Kauf

Das Modell für den Kaufentscheid wurde ebenfalls wie von Schirmer und Matter (vgl. Seite 29, Mod. 2) vorgeschlagen übernommen.

Modell Entscheid neuer Wohnort

Der Entscheid für den neuen Wohnort wird mit einer Monte-Carlo-Simulation modelliert. Dabei wählen die Haushalte aus verschiedenen Alternativen ihren zukünftigen Wohnort aus – wobei die Alternativen aufgrund der von Schirmer und Matter (2016) geschätzten Nutzenfunktionen bewertet werden. Grundsätzlich werden verschiedene Nutzenfunktionen für Miete und Kauf, bzw. für unterschiedliche Haushaltstypen verwendet.

Parameter mit unerwarteten Werten haben in der Simulation einschneidende Auswirkungen. In der Regel bilden solche Werte nicht berücksichtigte Variablen ab oder sie entstehen aufgrund von Korrelationen zwischen den Variablen (Multikollinearität). Typisches Beispiel ist die Korrelation zwischen den Erreichbarkeiten im MIV und ÖV. Werden sie einzeln im Modell abgebildet, sind die Vorzeichen der Parameter positiv – bessere Erreichbarkeit erhöht grundsätzlich den Nutzen.⁷ Zusammen geschätzt, fällt hingegen einer der Parameter in den negativen Bereich (vgl. Ausführungen zum Schweizer FaLC Template 2015 in Bodenmann et al. (2015), sowie Modelle von Schirmer et al. (2011), Bodenmann (2003) und für Unternehmen Bodenmann (2011)). In einer Simulation mit falschen Vorzeichen verhalten sich die Agenten indes falsch: wird die Erreichbarkeit für MIV erhöht, ziehen im oben erwähnten Fall die Haushalte weg – obwohl der in den auf den Nutzenfunktionen basierenden Monte-Carlo-Simulationen angenommene Homo Oeconomicus sich keinesfalls so verhalten würde. Modelle mit offensichtlich falschen Parametern sind somit zu vermeiden – insbesondere, da die falschen Parameter auch vermeintlich korrekt geschätzte Parameter beeinflussen. Bei den erwähnten Erreichbarkeiten kann z.B. beobachtet werden, dass sich der Parameter für den ÖV wesentlich erhöht, wenn derjenige für den MIV in den negativen Bereich fällt. Die Berücksichtigung beider Erreichbarkeitsvariablen kann somit zu einem Overfitting mit verfälschten Parametern führen.⁸

⁷ Auf den ersten Blick wird oft vermutet, dass gute Erreichbarkeit mit Lärm, Emissionen und tiefer Landverfügbarkeit einhergehen. Diese Einflüsse müssen indes mit anderen Variablen abgedeckt werden – sonst kann der Einfluss der Erreichbarkeit nicht modelliert werden. Dies wäre gerade bei der Simulation von Umfahrungen problematisch. Im Modell von Fahrländer Partner wird deshalb die Dichte der Einwohner (Landerhältlichkeit) und teilweise Lärm (Fluglärm) berücksichtigt. Verkehrslärm variiert indes in einer Zone stark, deshalb ist die entsprechende Variable insignifikant.

⁸ Das Problem ist teilweise lösbar, Lösungswege müssen indes bei der Schätzung der Parameter getestet werden (z.B. Transformation der Variablen, Schätzung in mehreren Schritten, weglassen einzelner Variablen etc.).

Für die Simulationsmodelle in FaLC wurden die Modelle 16 und 20 (Wohnstandortwahlmodell für Mieter bzw. Käufer mit Erreichbarkeiten; vgl. Kap. 2.13) implementiert und anhand einer Simulation der jährlichen Entwicklung zwischen 2000 bis 2010 getestet. Obwohl – oder gerade weil die Simulationsergebnisse mit den neuen, erweiterten Parametersets eine weitaus geringere Streuung aufweisen, versagen sie in Gemeinden mit extremer Volatilität. In erster Linie Agglomerationsgemeinden mit hohen Erreichbarkeiten verlieren extrem an Bevölkerung – obwohl dies gemäss Beobachtungen teilweise die am meisten wachsenden Gemeinden in den Regionen sind (z.B. Gossau SG).

Betrachten wir die vorliegenden Modelle (vgl. Tab. 43f) wird ersichtlich, dass mehrere Variablen eine „räumliche Nähe zu Zentren bzw. dichten Gebieten“ umschreiben: die Erreichbarkeitsvariablen bezüglich Auto (LA_MIVACC_CAR) und öffentlichem Verkehr (LA_PTACC_NOCAR), die Distanz zu Schweizer Grosszentren mit dem Auto (LB_SWISSCENT_MIV) und dem öffentlichen Verkehr (LB_SWISSCENT_PT), sowie die reine Dichte bezüglich Einwohner (LS_PERS_DENS). Die von Schirmer und Matter verwendeten Ampelfarben zeigen, dass für einen Teil dieser Variablen teilweise (orange) oder grösstenteils (rot) unplausible Parameter geschätzt wurden – ein Hinweis für eine Multikollinearität zwischen den Variablen.

Da die bisherigen Modelle für die Schweiz mit den Erreichbarkeiten plausible Resultate lieferten, wurden deshalb folgende Massnahmen ergriffen, um plausible Resultate mit dem Wohnstandortmodell zu erhalten:

- **Erreichbarkeiten** (LA_MIVACC_CAR, LA_PTACC_NOCAR): nicht plausible Parameter wurden mit plausiblen Werten ersetzt (blau hinterlegt, vgl. Bodenmann et al. 2015)
- **Alle weiteren potentiell korrelierende Variablen** (LB_SWISSCENT_MIV, LB_SWISSCENT_PT, LS_PERS_DENS): werden nicht berücksichtigt.

Zudem wurde die Variable Zugänglichkeit zum See (LB_LAKEACCESS) aufgrund einzelner, nicht-plausibler Werte nicht berücksichtigt.⁹

⁹ Bergseen fernab von jeglicher Siedlung wurden ebenfalls mit einbezogen. So liegt z.B. Elm (GL) direkt am See – was im Modell kaum sinnvoll ist.

Tab. 43 Parameter Wohnstandortmodell für Mieter

Rent		Median	Standard Deviation	Mean	Communi- ty	Family	Young Couple	Young Single	Mid Couple	Mid Single	Old Couple	Old Single	Single Parent
Variable		Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value	Value
HH_LOG_DIST_PREVLOC		0.504	1.429	1.083	-2.230	-2.060	-2.280	-1.790	-2.170	-1.760	-2.000	-2.010	-1.970
HH_LOG_DIST_WORK		0.668	1.210	0.985	-2.290	-2.270	-2.670	-2.090	-1.540	-1.940	-2.220	-1.860	-2.010
LA_MIVACC_CAR		3.609	0.531	3.531	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056
LA_PTACC_NOCAR		2.992	0.668	2.982	0.148	0.111	0.223	0.281	0.056	0.211	0.083	0.113	0.091
LB_BUILT_1980-		0.100	0.059	0.106	2.460	0.111	-0.101	1.730	4.830	2.440	0.910	3.410	2.560
LB_HOMOGENEITY		0.393	0.140	0.421	1.010	-1.770	-1.520	-0.371	-0.600	-1.120	-0.560	-0.876	-1.150
LB_LAKEACCESS	dummy	1.000			0.401	0.406	0.417	0.305	0.345	0.328	0.456	0.400	0.399
LB_LAKEVIEW	135	2'707	1'295		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LB_NATUR_DIS	127	165	160		0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	-0.001	-0.001	0.000
LB_NOISE_FLIGHT	0.000	6.287	1.063		-0.008	-0.007	-0.019	-0.007	-0.016	-0.009	-0.013	-0.014	-0.011
LB_RAUMTYP01	dummy	1.000			0.424	-0.084	-0.127	0.229	0.656	-0.047	-0.027	0.697	0.092
LB_SWISSCENT_MIV	33.9	23.8	38.6		0.012	0.012	0.021	0.014	0.015	0.018	0.019	0.008	0.009
LB_SWISSCENT_PT	33.6	25.3	37.5		0.009	0.003	0.008	0.006	0.002	0.004	0.006	0.004	0.002
LP_GUETE	dummy	1.000			-0.362	-0.264	-0.129	-0.295	-0.228	-0.149	-0.196	-0.236	-0.249
LP_HIGHWAY	dummy	1.000			0.705	0.399	0.384	0.513	0.543	0.343	0.263	0.430	0.370
LP_STATION	dummy	1.000			0.406	0.437	0.446	0.469	0.385	0.417	0.476	0.559	0.521
LS_FOREIGNERS_X_FOREIGN*	0.042	0.057	0.059		5.570	13.100	8.180	6.490	4.120	5.490	8.500	6.340	9.180
LS_LEISURE_DENS	0.124	2.631	0.456		-0.019	-0.092	-0.079	-0.055	-0.030	-0.045	-0.059	-0.004	-0.084
LS_PERS_DENS	920	4'811	2'531		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LS_RETAIL-CO_DENS	3.00	52.70	17.85		-0.002	0.008	0.006	0.004	0.003	0.004	0.003	0.004	0.007
LS_SAME_LANGUAGE	dummy	1.000			0.821	0.951	1.410	1.430	1.920	1.140	0.984	1.710	1.650
LS_SERV-CO_DENS	27.0	277.1	104.1		0.001	-0.001	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.001	-0.001
RU_PRICE (m ² * 100 / 80k)	0.208	0.037	0.212		-4.820	-4.870	-5.860	-4.530	-1.170	0.335	-0.222	1.520	-3.890

* if foreigner

Quellen: Parameter: Schirmer und Matter, Modell 16 (Seite 75)
 Angepasste Parameter (blau hinterlegt): Bodenmann et al. (2015)
 Median/Mean/Standard Deviation: FaLC Synthetic Population 2014

Wie bereits in Bodenmann et al. (2015) ausgeführt, scheinen die korrigierten Parameter für die Erreichbarkeiten eher unterschätzt. Falls es zu einer wesentlichen Unterschätzung kommt, müsste dies im Kalibrationsprozess ersichtlich werden (vgl. Kapitel 5) – was indes nicht der Fall ist. Die Referenzmodelle von Fahrländer Partner scheinen beinahe frei von Multikollinearitätseffekten zu sein (vgl. Modelle 4/5 auf Seiten 44f). In einem späteren Arbeitsschritt empfiehlt es sich zu prüfen, ob diese Parameter für die Simulationen verwendet werden könnten.

Die Eliminierung der grossen Unterschiede in den Nutzenfunktionen der einzelnen Personengruppen führte zudem dazu, dass auch die Resultate der Nutzenfunktionen vergleichbar wurden. Dies vereinfacht den Kalibrationsprozess.

Tab. 44 Parameter Wohnstandortmodell für Eigentümer

Owner	Median	Standard	Mean	Comm	Family	Young	Young	Mid	Mid	Old	Old	Single
Variable	Value	Deviation	Value	unity	Value	Couple	Single	Couple	Single	Couple	Single	Parent
HH_LOG_DIST_PREVLOC	0.504	1.429	1.083	-2.920	-2.210	-2.270	-1.790	-2.180	-1.760	-2.370	-2.010	-2.240
HH_LOG_DIST_WORK	0.668	1.210	0.985	-2.400	-2.310	-2.620	-1.860	-2.120	-1.660	-1.280	-1.510	-1.910
LA_MIVACC_CAR	3.609	0.531	3.531	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056	0.056
LA_PTACC_NOCAR	2.992	0.668	2.982	0.020	0.161	0.130	0.118	0.056	0.052	0.058	0.056	0.053
LB_BUILT_1980-	0.100	0.059	0.106	2.220	-0.076	2.120	2.820	0.046	2.450	4.910	6.140	0.046
LB_HOMOGENEITY	0.393	0.140	0.421	-1.140	-2.480	-2.910	-1.270	-1.850	-1.050	-1.310	-0.294	-2.080
LB_LAKEACCESS	dummy	1.000		0.343	0.356	0.543	0.422	0.271	0.479	0.427	0.428	0.496
LB_LAKEVIEW	135	2'707	1'295	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
LB_NATUR_DIS	127	165	160	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	-0.001	0.000	0.000
LB_NOISE_FLIGHT	0.000	6.287	1.063	-0.019	-0.028	-0.026	-0.015	-0.007	-0.008	-0.015	-0.017	-0.004
LB_RAUMTYP01	dummy	1.000		0.317	0.143	0.245	-0.059	0.083	-0.010	0.387	0.529	-0.251
LB_SWISSCENT_MIV	33.9	23.8	38.6	0.825	0.825	0.825	0.825	0.829	0.822	0.830	0.821	0.827
LB_SWISSCENT_PT	33.6	25.3	37.5	0.880	0.881	0.884	0.885	0.885	0.884	0.886	0.887	0.880
LP_GUETE	dummy	1.000		-0.201	-0.188	-0.169	-0.212	-0.182	-0.171	-0.245	-0.206	-0.115
LP_HIGHWAY	dummy	1.000		0.446	0.276	0.282	0.317	0.342	0.313	0.252	0.219	0.047
LP_STATION	dummy	1.000		0.280	0.290	0.400	0.256	0.346	0.371	0.478	0.304	0.331
LS_FOREIGNERS_X_FOREI	0.042	0.057	0.059	9.100	2.120	9.510	4.960	5.010	0.738	8.470	#####	#####
LS_LEISURE_DENS	0.124	2.631	0.456	-0.084	-0.204	-0.151	-0.083	-0.139	-0.096	-0.090	-0.081	-0.151
LS_PERS_DENS	920	4'811	2'531	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880	0.880
LS_RETAIL-CO_DENS	3.00	52.70	17.85	0.004	0.011	0.010	0.004	0.009	0.006	0.005	0.003	0.009
LS_SAME_LANGUAGE	dummy	1.000		1.250	1.480	1.510	1.400	1.450	1.100	1.120	1.440	1.090
LS_SERV-CO_DENS	27.0	277.1	104.1	0.000	-0.002	-0.001	0.000	-0.001	0.000	0.000	0.000	-0.001
RU_PRICE (mwg * 100 / 80k)	0.208	0.037	0.212	-1.450	-1.610	-1.610	-0.897	-0.740	-0.632	0.115	0.007	-0.938

* if foreigner

Quellen: Parameter: Schirmer und Matter, Modell 20 (Seite 79)
 Angepasste Parameter (blau hinterlegt): Bodenmann et al. (2015)
 Median/Mean/Standard Deviation: FaLC Synthetic Population 2014

Sampling der Alternativen (potentielle Wohnorte)

Während des Standortwahl-Entscheidens, wählt jeder Haushalt aus den zur Verfügung stehenden Alternativen den künftigen Standort aus. Theoretisch wird somit eine Alternative aus 3'000 Alternativen gewählt. In einem durchschnittlichen Rechenlauf mit 3 Mio. Haushalten die jährlich mit einer Wahrscheinlichkeit von 5% umziehen werden über 10 Jahre rund 1.5 Mio. Umzüge simuliert. Typischerweise werden für ein Szenario 100 bis 200 Läufe gerechnet – dies sind somit 150 bis 300 Millionen simulierte Standortentscheide. Um die Modelle praktikabel zu halten, muss deshalb zwingend die Rechenzeit für die entsprechenden Monte-Carlo-Simulationen kurz gehalten werden.

Grundsätzlich gibt es verschiedene Wege um Monte-Carlo-Simulationen zu beschleunigen:

- Optimierung der Berechnung der Nutzenfunktion
- Reduktion der Variablen in der Nutzenfunktion
- Reduktion der Anzahl wählbarer Alternativen
- Reduktion der simulierten Entscheide

Die Berechnung der Nutzenfunktion in FaLC wurde bereits weitgehend optimiert. Beispielsweise wird die Nutzenfunktion in zwei Teilen berechnet: alle Gemeindespezifischen Teile der Funktion werden jeweils beim ersten simulierten Umzug in einer Gemeinde berechnet und anschliessend für die anderen Umzüge übernommen.

Die Reduktion der Variablen in einer Nutzenfunktion macht nur dann Sinn, wenn Variablen mit geringem Erklärungsgrad gestrichen werden können. In jedem Fall schränkt diese Option aber die Möglichkeiten für Szenarien ein und erhöht das weisse Rauschen.

Die Reduktion der Anzahl wählbarer Alternativen wurde bereits seit längerem in FaLC eingebaut. Der Grund ist die Beobachtung, dass Haushalte und Unternehmen zu über 90% ausschliesslich in einem Umkreis von 10 bis 20 km umziehen. Alternativen in grösseren Distanzen werden deshalb so gut wie nie gewählt – das ist mutmasslich auch der Grund für die ausserordentlich hohen Modellgüten bei den Schätzungen von Schirmer und Matter (2016). Für weitere Distanzen wurden in FaLC bisher nur noch besonders sichtbare Alternativen wie Städte, Agglomerationen oder Gemeinden entlang von Autobahnen einbezogen und so das Alternativenset stark reduziert. Dieses Vorgehen hat indes den Nachteil, dass mit der nicht-zufälligen Auswahl an Alternativen die Resultate mit grosser Wahrscheinlichkeit leicht verzerrt sind.¹⁰ Einzige wirksame Lösung wäre, die Parameterschätzungen mit den gleichen Regeln zu schätzen, wie sie anschliessend bei der Simulation verwendet werden.

Die Reduktion der simulierten Entscheide wird ebenfalls oft angewendet – beispielsweise werden in MATSim-Simulationen zum Verkehr oft 10%-25%-Sample der Schweiz gerechnet (z.B. Balmer et al., 2008). Das Problem dieser Option ist die starke Zunahme an weissem Rauschen, das wiederum mit zusätzlichen Rechenläufen kompensiert werden muss. Dieser Weg scheint vor allem dann sinnvoll, wenn zusätzlich zur Reduktion der Rechenzeit auch beispielsweise der Arbeitsspeicher während den Berechnungen geschont werden muss. Da dies bei FaLC bisher nicht der Fall war, wurde auf diesen Ansatz verzichtet.

Um ein möglichst wenig verzerrtes und doch zeitlich handhabbares Simulationsmodell zu erhalten, werden deshalb Subsets der wählbaren Alternativen nach den folgenden Regeln vorbereitet (ein Alternativen-Set pro Jahr und Location):

- Anhand der Pendlermatrizen wurden Samples analog zum bisherigen Schweizer Modell in FaLC mit jeweils rund 200 Alternativen bestimmt (Bodenmann et al., 2015);
- Variablen der Nutzenfunktionen werden w.m. alle verwendet;
- Es werden alle Haushalte berücksichtigt.

Ein allfälliger Bias wird mit der Kalibration aufgefangen. In einem weiteren Entwicklungsschritt ist zu prüfen, ob die Parameter der Nutzenfunktionen mit einem Subset geschätzt werden, das z.B. die „Sichtbarkeit“ der Alternativen berücksichtigt und in FaLC analog implementiert werden können. Wenn Schätzung als auch Simulation die gleichen Regeln für die Subsets der Alternativen anwenden, dürfte sich der Bias auch ausgleichen. Ein weiteres Problem, das in

¹⁰ Leicht verzerrt, da die Verzerrung nur wenige Prozente der Umzüge betrifft – diejenigen über lange Distanzen.

einer kommenden Phase gelöst werden könnte, ist die Gewichtung von kleinen und grossen Locations beim Vorkommen im Alternativenset.

4.3 Fortschreibung Bildungsstand

Aufgrund der Verknüpfung zu verschiedenen anderen Modellen in FaLC ist der Bildungsstand Teil der Synthetischen Population (vgl. Kap. 3) und muss anschliessend in den jährlichen Modellen fortgeschrieben werden. Dies geschieht zu Beginn der Modellabläufe im Sinne der Aktualisierung der Tabellen und Personenattribute (vgl. Abb. 44).

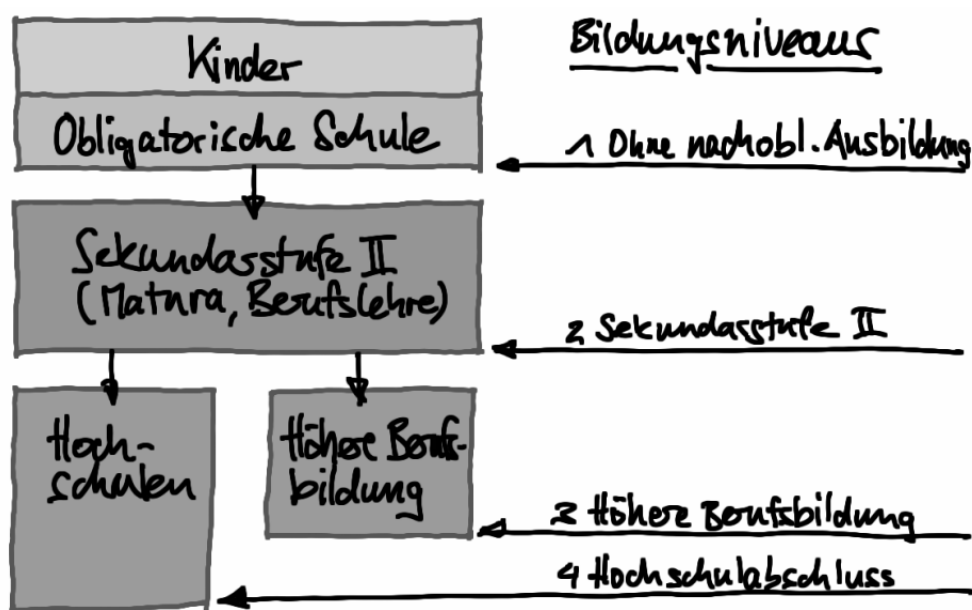
4.3.1 Konzept

Trotz Anstrengungen zur Harmonisierung im Bildungswesen sind die Systeme in den Kantonen vielfältig und können nur schwerlich miteinander verglichen werden (vgl. BFS, 2015a). Für die Modelle in FaLC ist es indes nur notwendig, dass das Bildungsniveau abgebildet wird. Deshalb werden folgende Restriktionen in Kauf genommen:

- Das Bildungskonzept wird vereinfacht, damit nur noch die wesentlichen Bildungsniveaus abgebildet und modelliert werden.
- Es wird mit Übergangswahrscheinlichkeiten (ganze Schweiz) aufgrund Alter und dem bisherigen Bildungsstand gearbeitet.

In Anlehnung an die BFS-Szenarien zur zukünftigen Entwicklung des Bildungsniveaus werden in FaLC vier Bildungsniveaus modelliert (vgl. Abb. 44). Zumindest bezüglich Lohn zeigt der Lohnrechner Salarium (BFS, 2015b), dass auf der Sekundarstufe II der Unterschied zwischen einer Matura und einem Lehrabschluss gering ist (weniger als 2% Lohnunterschied). Auf dieser Stufe wird deshalb noch zwischen Berufsbildung (Lehre) und allgemeinbildenden Schulen (Matura, o.ä.) unterschieden.

Abb. 44 Konzept des Bildungsverlaufs und den modellierten Bildungsniveaus



Da im Modell der Zeitpunkt des Abschlusses der obligatorischen Schule nicht weiter relevant ist, schliessen alle *Kinder* (Code 0) mit 15 die obligatorische Schule ab und erhalten das Bildungsniveau *Ohne nachobligatorische Ausbildung* (1). Aufgrund der Übergangswahrscheinlichkeiten nach Alter, werden (i.d.R.) im Alter von 18-20 daraus Absolventen der *Sekundarstufe II* (Matura, Berufslehre, etc.; Code 2). Etliche Jahre später – je nach Karriereverlauf kann dies sehr unterschiedlich sein – werden die Personen mit Sekundarstufe II allenfalls eine *Höhere Berufsbildung* (3) oder eine *Hochschule* (4) abschliessen.

Tab. 45 Vereinfachte Bildungsniveaus in FaLC

FaLC	BFS	ISCED
1 Ohne nachobligatorische Ausbildung	Obligatorische Schule (Primarschule, Sekundarstufe I, Besonderer Lehrplan [Primar- und Sekundarstufe I])	0-2
2 Sekundarstufe II	Sekundarstufe II (Maturitätsschulen, Fachmittelschulen FMS, Unterrichtsberufe, Berufliche Grundbildung, Berufsmaturität)	3
3 Tertiärstufe (Höhere Berufsbildung)	Tertiärstufe – Höhere Berufsbildung (höhere Fachschule HFS, höheres Berufs- oder Fachdiplom wie Eidg. Fachausweis, Eidg. Diplom, Meisterdiplom)	5B

4 Tertiärstufe (Hochschulen)	Tertiärstufe – Hochschulen (Universitäre Hochschulen, Fachhochschulen, Pädagogische Hochschulen)	5A
ISCED	International Standard Classification of Education (ISCED 97)	
Quellen:	Bildungslandschaft Schweiz, BFS (2015a)	

Das Vorgehen hat den wesentlichen Vorteil, dass so nur mit drei Übergangstabellen gearbeitet werden muss. Diese Übergangswahrscheinlichkeiten lassen sich anhand der Strukturhebung schätzen und aufgrund der tatsächlich beobachteten Bildungsniveaus überprüfen und kalibrieren.

Migranten

Eine Unsicherheit bildet das Bildungsniveau der Migranten. Insbesondere ist nur wenig bekannt über die Migranten per se – im Gegensatz zu den Ausländern, die bereits in der Schweiz sind. Zudem unterscheidet sich der Bildungsstand der Migranten je nach Herkunftsland beträchtlich. So waren beispielsweise im Jahr 2000 die Ausländer aus Deutschland besser ausgebildet als die Schweizer – bei anderen Ländern ist es hingegen gerade umgekehrt (vgl. Wanner, 2004).

Geht man davon aus, dass Ausländer aus dem nördlichen Teil Europas ein vergleichbares Bildungsniveau haben wie die Schweiz und betrachten wir ausschliesslich die Migrationssalden, dann zeigt sich, dass pro Jahr nur etwa 50'000 Personen aus bildungsschwächeren Nationen einwandern – also 0.6% der Bevölkerung in der Schweiz. Die Migranten sind deshalb nur über lange Simulationszeiträume relevant für die allgemeine Güte der Modelle.

Das Modell der Migration muss indes angepasst werden, um das Bildungsniveau für die FaLC-Modelle bereit zu stellen. Als Bildungsniveau wird den Migranten die Verteilung der Ausländer der ersten Generation (nach Alter und Nationstyp) zu Grunde gelegt. Dies ist zurzeit die genaueste verfügbare Annäherung. Wobei die Tabelle bei Vorliegen von besseren Grundlagen jederzeit ausgetauscht werden kann.

4.3.2 Quellen

Bundesamt für Statistik BFS (2015a) *Bildungslandschaft Schweiz*, <http://www.portal-stat.admin.ch/isced97/index.html>, besucht Oktober 2015.

Bundesamt für Statistik BFS (2015b) *Salarium - Individueller Lohnrechner*, www.salarium-schweiz.bfs.admin.ch, besucht Oktober 2015.

Wanner, P. (2004) *Migration und Integration, Ausländerinnen und Ausländer in der Schweiz*, Schweizerisches Forum für Migrations- und Bevölkerungsstudien, BFS, Neuenburg.

4.4 Fortschreibung Einkommen

Das Einkommen wird mit einer Ausnahme (Einkommen Arbeitslose) jährlich neu geschätzt. Die Schätzung ist identisch zum Vorgehen für die synthetische Population (vgl. Kap. 3.5). Da in diesem Modell keine Monte-Carlo-Simulation verwendet wird, ist die Schätzung für die Einzelpersonen keinem weissem Rauschen unterworfen (Bodenmann et al. 2014b), deshalb sind keine unerwarteten Einkommenssprünge zu erwarten.

Da das Einkommen als auch die Landpreise und Mieten auf „heute“ beziehen sind die Daten automatisch teuerungsbereinigt. Es werden somit Realeinkommen für 2014 und auf Kostenseite die um die Preisindizes bereinigten Preise modelliert.

4.5 Fortschreibung Mobilitätswerkzeuge

Das in Kapitel 3.6 erläuterte Konzept ist zu einem grossen Teil sowohl für die Synthetische Population als auch in den jährlichen Zyklen identisch. Im Weiteren gehen wir deshalb nur auf die wesentlichen Unterschiede ein.

4.5.1 Konzept

Das Konzept für die Fortführung geht grundsätzlich von den folgenden Prämissen aus¹¹:

- Personen, die im Vorjahr ein bestimmtes Mobilitätswerkzeug besaßen, werden i.d.R. dieses auch im Folgejahr behalten.
- Abhängigkeiten wie z.B. zwischen dem Besitz eines Autos oder der Ausschluss eines GA-Besitzes mit gleichzeitigem Besitz eines Halbtax-Abonnements werden weiterhin berücksichtigt.
- Grundsätzlich werden die identischen Nutzenfunktionen wie für die Synthetische Population verwendet.
- Im Unterschied zur Synthetischen Population stehen keine Randsummen zur Verfügung – dafür können Umrechnungsfaktoren genutzt werden, um von den Resultaten der Nutzenfunktion auf die Anzahl der Agenten mit Mobilitätswerkzeugen zu schließen.

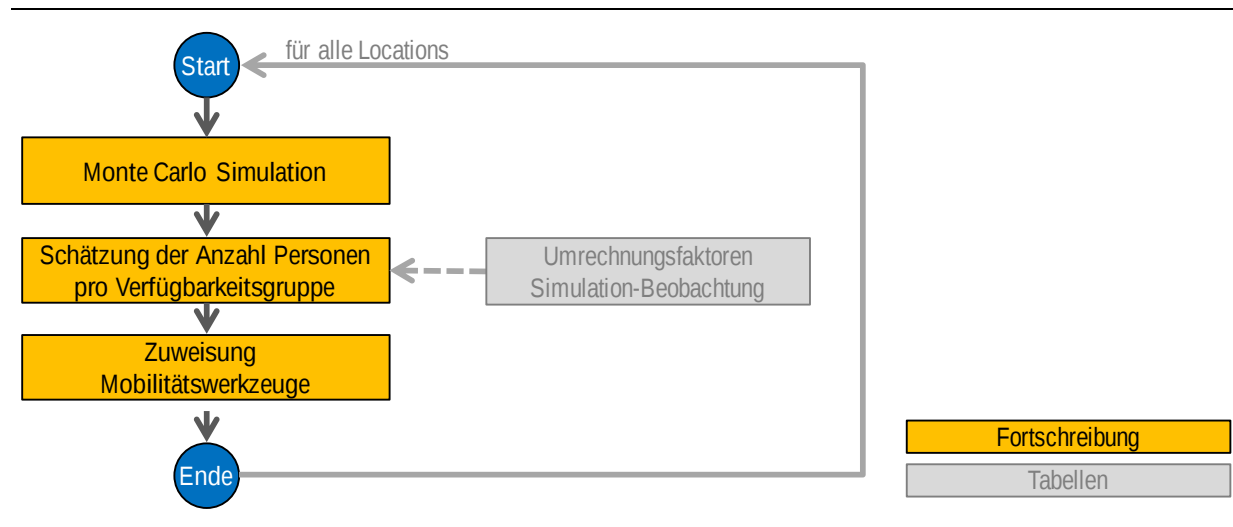
Die Verfügbarkeit der Mobilitätswerkzeuge wird analog zur synthetischen Population mehrstufig in drei Sub-Modellen für jede einzelne Zone fortgeschrieben (vgl. Abb. 45). Der Ablauf ist grundsätzlich identisch zum Vorgehen der Synthetischen Population:

In einem ersten Schritt werden die Summen der Verfügbarkeiten der Mobilitätswerkzeuge in einer Monte Carlo Simulation mit den Nutzenfunktionen aufgrund der Eigenschaften der Personen in der Synthetischen Population geschätzt. Anschliessend werden diese Summen mit den im Laufe der Erstellung der initialen Synthetischen Population ermittelten Faktoren zur

¹¹ Es ist zu beachten, dass die Implementation in FaLC zusätzliche Möglichkeiten beinhaltet um auch Wünsche von Dritten zu erfüllen aber auch zukünftige Modelle umsetzen zu können.

Anpassung an die Randsummen multipliziert und so die zu erwartenden Summen für die einzelnen Kategorien berechnet. Im dritten Schritt werden die Mobilitätswerkzeuge den Personen zugewiesen.

Abb. 45 Fortschreibung der Mobilitätswerkzeuge



Einziger Unterschied ist somit im zweiten Schritt die Berücksichtigung von Umrechnungsfaktoren anstatt Randsummen. Grundsätzlich kann auch mit Randsummen gearbeitet werden; diese wären dann im Sinne einer Annahme – z.B. für ein Szenario – extern zu bestimmen.

4.5.2 Quellen

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.

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.

4.6 Fortschreibung Kosten Wohnraum

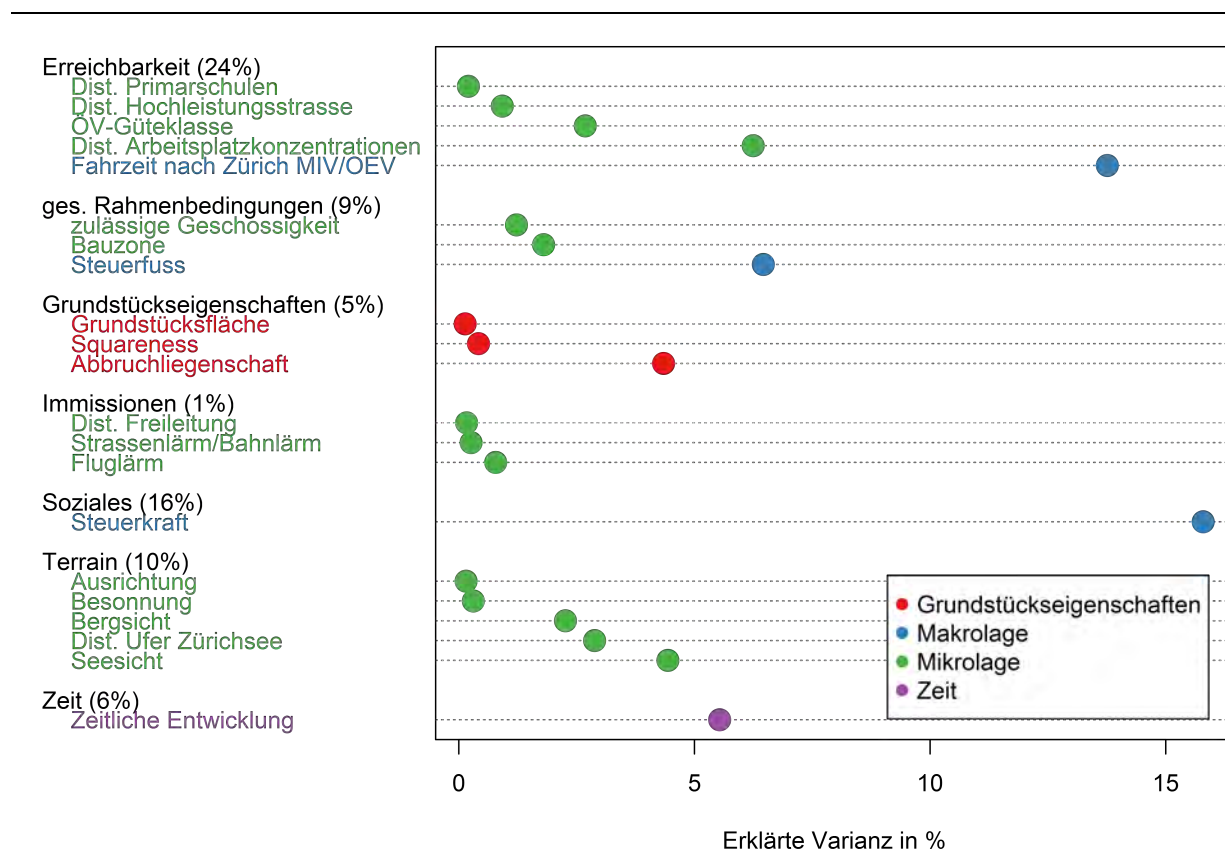
Aufgrund vorhandener Daten beim ARE werden die Wohneigentumspreise für die Locations in FaLC modelliert. Dabei stützt sich das hedonische Preismodell auf die bei FPRE (Fahrländer, 2007; FPRE, 2015) für die Zonen des Nationalen Personenverkehrsmodells geschätzten Wohneigentumspreise.

Die Schätzung der Wohnungsmieten wird jeweils aufgrund der Wohneigentumspreise durchgeführt. Die beiden Preisschätzungen sind somit eng miteinander verknüpft.

4.6.1 Konzept Niveau Wohneigentumspreise

Wohneigentums- sowie Landpreise hängen von verschiedensten, teils sehr lokalen Gegebenheiten ab. Das statistische Amt des Kanton Zürich zeigt dies eindrücklich anhand der Erklärungskraft von verschiedenen Einflussfaktoren auf (vgl. Abb. 46). Da auf Stufe der Gemeinden die entsprechenden Variablen für ein hedonisches Preismodell grösstenteils nicht verwendet werden können, basiert das Wohneigentumsmodell auf einer Arbeit von FPRE für die Landpreisschätzungen im Nationalen Personenverkehrsmodell NPVM (FPRE, 2015).

Abb. 46 Wesentliche Einflussfaktoren auf Landpreise



Quelle: Moser (2015)

Das in FaLC implementierte Modell von FPRE ist vergleichbar mit einer von der Schweizerischen Nationalbank SNB durchgeführten Studie. Darin weisen Degen und Fischer (2010) nach, dass 1% zusätzliche Zuzüger aus dem Ausland einen Anstieg des Landpreises um 2.7% erzeugen. Dieses Resultat wird durch verschiedene Forschungsarbeiten gestützt, die für andere Länder ähnliche Elastizitäten nachweisen: z.B. USA, Kanada oder Spanien (Degen und Fischer, 2010). Die Resultate einer weiteren Studie der SNB zeigen, dass weder das Bruttoinlandsprodukt BIP noch andere kurzfristige Impulse einen Einfluss auf die langfristige Entwicklung der Landpreise haben (Borowiecki, 2009). Der Argumentation der beiden SNB-Forschungsarbeiten folgend, kann davon ausgegangen werden, dass die Berücksichtigung der Migration und damit der Wohnbevölkerungsentwicklung langfristig zu plausiblen wie robusten Resultaten führt.

Die Berechnung des Wohneigentumspreises WEP_{ij} in der Zone i zum Zeitpunkt j basiert auf dem Preis im Ausgangsjahr 0 $WEP_{i,0}$ und dem mit β_T gewichteten Effekt nach Gemeindetyp T aufgrund der Bevölkerungsentwicklung seit dem Ausgangsjahr:

$$WEP_{i,j} = WEP_{i,0} + \beta_T \cdot (W_{i,j} / W_{i,0})$$

Die Wohneigentumspreise für die Zonen des NPVMs für das Startjahr $WEP_{i,0}$ wurden von FPRE berechnet (FPRE, 2015). Die Bevölkerungsentwicklung wird aus der Entwicklung der Bevölkerung in den FaLC-Simulationen abgeleitet. Die Parameter zur Gewichtung des Einflusses der Bevölkerungsentwicklung auf die Wohneigentumspreise wurden entsprechend eingebaut (vgl. Tab. 46):

Tab. 46 Einfluss der Bevölkerungsentwicklung auf die Wohneigentumspreise (β_T)

Nr	Gemeindetyp	Elastizität
1	Grosszentren*	0.50
2	Nebenzentren der GZ	0.50
3	Gürtel der GZ	0.28
4	Mittelzentren	0.68
5	Gürtel der MZ	0.31
6	Kleinzentren	0.50
7	Periurbane ländl. Gemeinden	0.32
8	Agrargemeinden	0.52
9	Touristische Gemeinden	0.15

Quellen: FPRE, 2015 / * manuell angepasster Wert aufgrund geringer Fallanzahl.

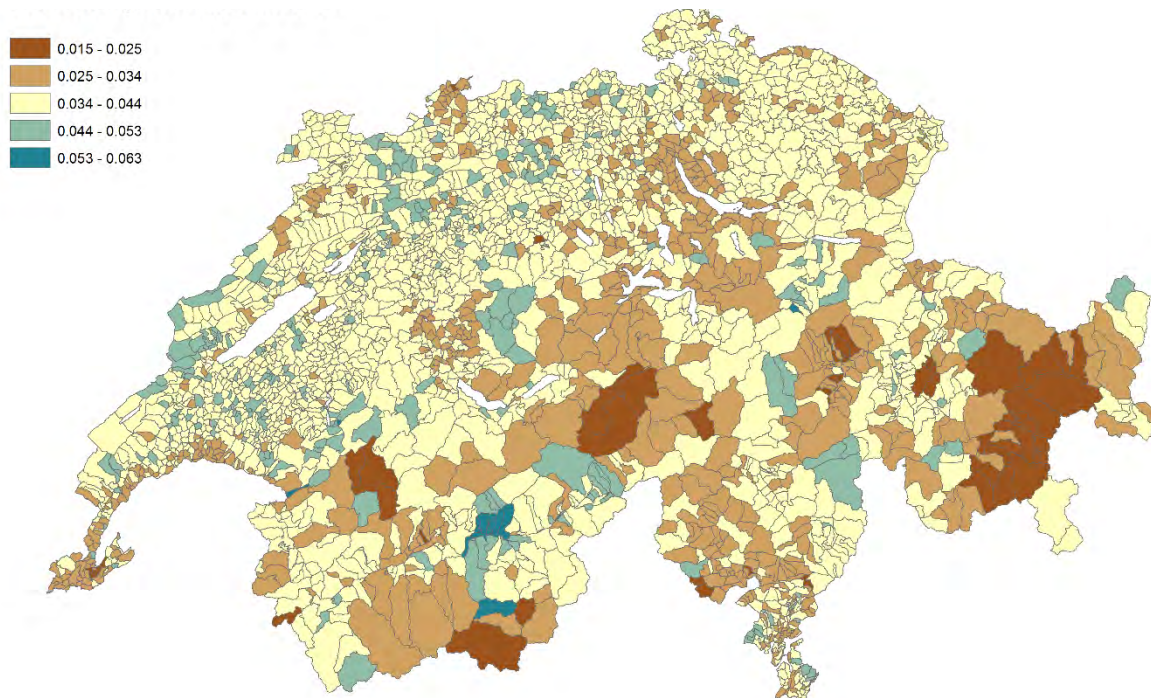
4.6.2 Konzept Niveau Wohnungsmieten

Die jährlichen Wohnungsmietpreise WMP basieren in FaLC direkt auf den Wohneigentumspreisen WEP in der entsprechenden Gemeinde i und im entsprechenden Jahr j . Hierzu wurde von FPRE ein gemeindespezifischer Umrechnungsfaktor berechnet. Idee dieses Vorgehens ist es, dass die Wohnungsmieten im Wesentlichen von ähnlichen Faktoren bestimmt werden wie die Wohneigentumspreise. Die Analysen von Fahrländer Partner (FPRE, 2015) zeigen indes, dass die Abhängigkeiten regional variieren. Der Faktor β_i entspricht dem Verhältnis zwischen der Netto-Jahresmiete und dem Marktwert einer 3.5-Zimmer-Neubauwohnung (100m², durchschnittliche Lage und Ausbaustandard, Geschosswohnung im 1. OG):

$$WMP_{i,j} = \beta_i \cdot WEP_{i,j}$$

Der generelle Umrechnungsfaktor für die Schweiz wurde auf 0.036 geschätzt – die Wohneigentumspreise sind somit generell rund 28-mal höher als die jährlichen Wohnungsmieten. Die lokalen Unterschiede sind jedoch beträchtlich. Die folgende Abb. 47 zeigt, dass der Faktor in den Zonen des NPVM zwischen 0.016 und 0.063 variiert – dies bedeutet, dass die Wohneigentumspreise letztendlich rund 64 bis 16 mal höher sind als die Mieten. Räumlich bilden sich zudem eindeutige Cluster: vor allem in den Alpen und entlang des Zürich- und des Genfersees ist Wohneigentum wesentlich teurer als Miete. Interessanterweise sind die Zonen mit den kleinsten Unterschieden ebenfalls in den Alpen anzutreffen. Generell sind die Gemeinden im Mittelland nahe am Schweizer Durchschnitt.

Abb. 47 Lokale Korrektur des Umrechnungsfaktors WMP/WEP



Quelle: FPRE (2015), vgl. Datei ...\assumptions\residential-property_rent_factor.csv

4.6.3 Berechnung der Wohnungsgrösse

Die Preisangaben in FaLC beziehen sich jeweils auf einen Quadratmeter Wohnung. Es muss deshalb für die Nutzung dieser Angabe im Standortwahlmodell noch die Wohnungsgrösse geschätzt werden. In der Nutzenfunktion des Standortwahlmodells wird die Wohnungsgrösse anschliessend mit den geschätzten Preisangaben multipliziert (vgl. Kap. zu Wohnstandortwahlmodell).

Es wird aufgrund der Ergebnisse aus der Gebäude und Wohnungsstatistik angenommen, dass für ein Einpersonenhaushalt 80 m², ein Zweipersonenhaushalt 100m² und anschliessend für jede weitere Person zusätzlich 10m² gesucht werden.¹²

4.6.4 Umsetzung in FaLC

Im Rahmen des Einlesens aller Daten für das Startjahr (u.a. der Synthetischen Population) werden die Wohneigentumspreise in die Tabelle der Locations eingelesen. Anschliessend werden am Ende der Jahreszyklen die Wohneigentumspreise jährlich fortgeschrieben.

Für die Mietpreise wird im Ordner *Assumptions* eine Liste mit den lokalen Umrechnungsfaktoren gespeichert. Für die Flughafen-Zonen wurden keine Faktoren berechnet, die entsprechenden Zonen fehlen deshalb in der Datei. Um bei fehlenden Werten keinen Simulations-Abbruch zu riskieren, werden in diesem Fall jeweils der durchschnittliche Faktor für die ganze Schweiz berücksichtigt (0.0362).

4.6.5 Quellen

Degen K., Fischer A. (2010) *Immigration and Swiss House Prices*, Swiss National Bank Working Papers.

Fahrländer S. (2007) *Hedonische Immobilienbewertung: Eine empirische Untersuchung der Schweizer Märkte für Wohneigentum 1985 bis 2005*, Forum Wirtschaft, Martin Maidenbauer Verlag, München.

Fahrländer Partner AG FPRE (2015) Tool Bevölkerung Beschäftigte, Dokumentation zu den Datenlieferungen, Schlussbericht 23. März 2015, Bundesamt für Raumentwicklung ARE, Ittigen.

Moser P. (2015) *Ein hedonisches Bodenpreismodell für den Kanton Zürich*, Statistisches Amt, Kanton Zürich, Zürich.

Borowiecki K.J. (2009) The Determinants of House Prices and Construction: An Empirical Investigation of the Swiss Housing Economy, *International Real Estate Review*, 12 (3) 193-220.

¹² Vgl. durchschnittliche Wohnfläche pro Bewohner nach Haushaltszusammensetzung, nach Kanton <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/kataloge-datenbanken/tabellen.assetdetail.313549.html>

4.7 Arbeitsplatzwahl

Das vorgeschlagene Arbeitsplatzwahl-Modell basiert auf dem bestehenden Modell in FaLC. Grundsätzlich ist es sehr ähnlich zum Vorgehen im SustainCity-Projekt der ETH Zürich (Schirmer et al., 2015).

FaLC in der heutigen Version versucht für jede Firma einer Zone, allen freien Arbeitsplätzen einen Angestellten zuzuweisen. Hierfür wird in einem ersten Schritt anhand einer Wahrscheinlichkeitsverteilung der Wohnort des zukünftigen Angestellten bestimmt. Anschliessend wird aus den Personen ohne Arbeit eine zufällige Wahl getroffen.

Zukünftig soll es indes möglich sein, gewisse Personengruppen zu bevorzugen. Das folgende Konzept kann in einer späteren Phase weiterentwickelt und implementiert werden.

4.7.1 Konzeptidee

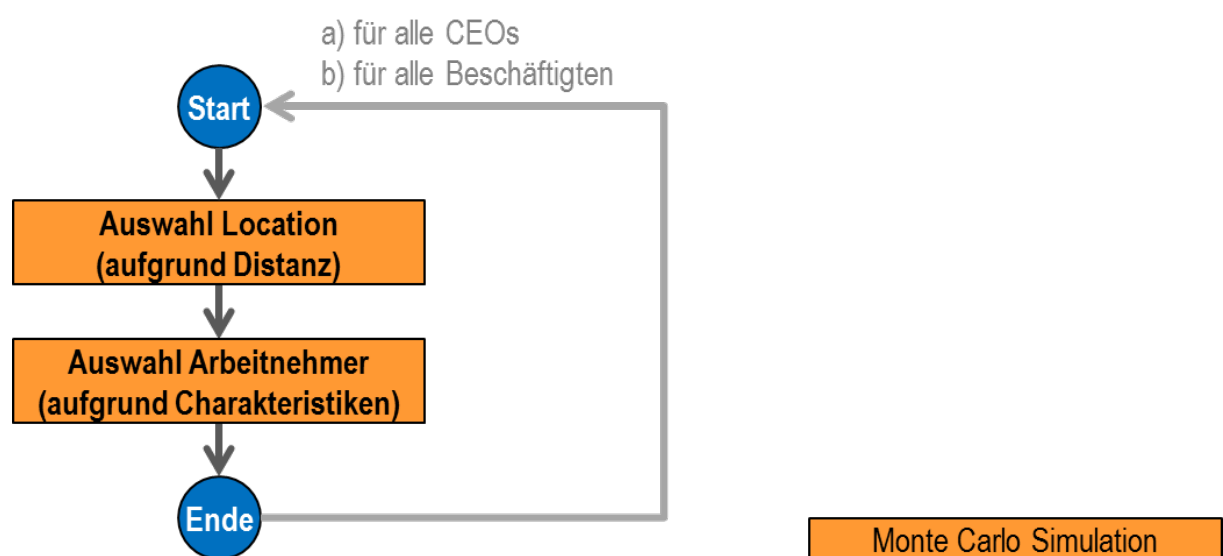
Die Wahl des Arbeitsplatzes hängt in der realen Welt von Faktoren wie der Bildung, der Position, der Distanz zum Arbeitsort oder dem Lohnniveau ab. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren kann die Wahrscheinlichkeit, mit der ein bestimmter Arbeitsplatz gewählt wird, bestimmt und jeder Person ein geeigneter Arbeitsplatz zugewiesen werden.

Ziel ist es, die folgenden Einflussvariablen zu berücksichtigen:

- Distanz Wohnort zu Arbeitsort
- Verteilungen der Charakteristiken der Beschäftigten: Geschlecht, Alter, Haushaltstyp

Die Charakteristiken der Beschäftigten sind insofern zentral, als sie auch das Lohnniveau einer Gemeinde (und global) stark beeinflussen. Deshalb ist es wichtig, die relativen Verhältnisse bei den Arbeitnehmern bezüglich Geschlecht, Alter und Haushaltstyp stabil zu halten.

Abb. 48 Konzept Zuordnung Arbeitnehmer - Arbeitsplatz



Das Modell läuft in zwei mal zwei Schritten ab: grundsätzlich werden in einem ersten Schritt a) die Geschäftsführer (CEO) gesucht und anschliessend in einem zweiten Schritt b) die übrigen Beschäftigten zugewiesen. Diese Zuweisungsschritte erfolgen ebenfalls in zwei Monte-Carlo-Simulationen: zuerst wird die Gemeinde des Arbeitnehmers gewählt (damit wird ein Sampling der potentiellen Arbeitnehmer erreicht), anschliessend wird der Arbeitnehmer bzw. die Arbeitnehmerin ausgewählt.

Distanz Wohnort zu Arbeitsort

In der aktuellen Implementation von FaLC wird ausschliesslich die Distanz zwischen Wohn- und Arbeitsort berücksichtigt. In Anlehnung an die Resultate von Beige (2008) wird eine negative exponentielle Nutzenfunktion wie folgt verwendet:

$$N_l = e^{\beta \cdot d}$$

mit

N	Nutzen des Standortes l
β	Gewichtung der Distanz ($\beta = 0.1$)
d	Distanz Arbeitsplatz zu Wohnort

Die verwendete Gewichtung β für die Distanz scheint für die synthetische Population zu restriktiv zu sein. Dies ist über eine Validierungs- und Kalibrationsrunde zu prüfen und allenfalls zu korrigieren. In den jährlichen Modellen sind die Resultate indes plausibler. Sie müssen indes ebenfalls noch geprüft werden.

Verteilungen der Charakteristiken der Beschäftigten

Aufgrund der Schweizerischen Arbeitskräfteerhebung (SAKE) des BFS (2004) können die Wahrscheinlichkeiten, dass die Personen nach Geschlecht, Alter und Haushaltstyp einer Arbeit nachgehen, auf Stufe der Schweiz berechnet werden.

Diese Wahrscheinlichkeiten werden für die Monte-Carlo-Simulation verwendet. Damit ist gewährleistet, dass die charakteristischen Verhältnisse der Arbeitnehmer gewahrt werden.

4.7.2 Daten

Basis bildet der MZMV und die Schweizerischen Arbeitskräfteerhebung (SAKE):

- **Pendlerdistanzen:** Prozentuale Verteilung der Pendlerdistanzen z.B. in 5km-Klassen (MZMV 2000, 2005, 2010)
- **Beschäftigungswahrscheinlichkeiten:** Wahrscheinlichkeit, dass Personen beschäftigt sind nach Beschäftigten: Geschlecht, Alter (5-Jahres-Klassen), Haushaltstyp (SAKE; 2000-2014)

4.7.3 Quellen

Bundesamt für Statistik BFS, Bundesamt für Raumentwicklung (2012) Mobilität in der Schweiz, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010, BFS, Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik BFS (2004) Die Schweizerische Arbeitskräfteerhebung (SAKE); Konzepte – Methodische Grundlagen – Praktische Ausführung; Statistik der Schweiz, Fachbereich: 3 Arbeit und Erwerb, BFS, Neuenburg.

Schirmer, P., C. Zöllig Renner, K. Müller and K.W. Axhausen (2015) Land use and transport microsimulation in the canton of Zurich using UrbanSim, in R. Hurtubia, M. Bierlaire, P. Wadell and A. de Palma (eds.) *Integrated transport and land use modeling for sustainable cities*, EPFL Press, Lausanne.

Beige, S. (2008) *Long-term and mid-term mobility decisions during the life course*, Dissertation Nr. 17623, ETH Zürich, Zürich.

Killer, V. and 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.

4.8 Migration

Das Migrationsmodell basiert im Wesentlichen auf dem bestehenden Modell in FaLC. Neu muss die Zuordnung von Nationengruppen berücksichtigt werden, da diese für die Modelle zum Bildungsstand und in der Folge für das Einkommen relevant sind.

4.8.1 Konzept

Die Modellierung der Migration geht von der Prämisse aus, dass sich Migranten dort ansiedeln, wo auch Arbeitsplätze zur Verfügung stehen. Das Migrationsmodell läuft deshalb in mehreren Schritten ab:

1. Es werden aufgrund der Anzahl zu erwartenden Migranten und der angenommenen Alters- und Haushaltsstrukturen die in die Schweiz einziehenden Haushalte gebildet.
2. Die Migranten reisen über die Locations proportional zur Arbeitsplatzverteilung ein. Zum Beispiel in die Region Zürich reisen dementsprechend mehr Personen ein als in die Regionen in den Alpen. Der Einreiseort bestimmt auch die Nationalität der Personen. Zudem stehen die Personen ab diesem Schritt dem Arbeitsmarkt zur Verfügung.
3. Anschliessend suchen sich die Migranten einen Wohnort indem sie vom Einreiseort an ihren Wohnort umziehen. Hierzu wird eine analoge Nutzenfunktion zur Standortwahl der Haushalte verwendet.

Die ersten beiden Schritte werden mit dem Migrationsmodell abgedeckt, der Umzug an den Wohnort ist indes Teil des Wohnstandortwahl-Modells. Die Nationen werden nach Relevanz und Datenverfügbarkeit gruppiert (vgl. Löchl, 2010 und BFS, 2016):

Tab. 47 Gruppierung der Nationalitäten

FaLC	BFS	Anteil*
0 Schweiz	Schweiz	-
1 Deutschland, Österreich, Lichtenstein	Deutschland, Österreich, Lichtenstein	12%
2 Italien	Italien,	15%
3 Frankreich	Frankreich, Monaco, San Marino	10%
4 NW-Europa	Belgien, Luxemburg, Niederlande, Dänemark, Finnland, Vereinigtes Königreich, Irland, Island, Norwegen, Schweden	3%
5 SW-Europa	Portugal, Spanien, Andorra	18%

6	SO-Europa	Malta, Albanien, Griechenland, Serbien, Kosovo, Montenegro, , Kroatien, Slowenien, Bosnien und Herzegowina, Mazedonien, Bulgarien, Türkei, Zypern	11%
7	O-Europa	Pole, Rumänien, Ungarn, Slowakei, Tschechische Republik, Moldova, Ukraine, Belarus, Estland, Lettland, Litauen	15%
8	Afrika	Afrika	3%
9	Asien	Asien, inkl. Russland	9%
10	Amerika / Ozeanien	Nord- und Südamerika, Australien, Neuseeland, Ozeanien	4%

* Anteil Migranten aus der entsprechenden Ländergruppe (im Jahr 2014, BFS, 2016)
Quelle: nach Löchl (2010); STATPOP, BFS (2016)

Die Zuweisung der Nationen erfolgt über die bestehende Verteilung der internationalen Wanderungen nach Staatsangehörigkeit auf Stufe der Kantone (BFS: PETRA, ESPOP, STATPOP).

Der Bildungsstand wird im entsprechenden Modell zugewiesen. Dabei wird die Verteilung der Bildungsstände der ständigen Wohnbevölkerung der ersten Generation nach Geschlecht, Altersklasse und Nationalitätengruppe auf Stufe der Schweiz verwendet.

Einschränkungen des Modells

Die räumliche Verteilung der Migranten ist in FaLC eng mit dem Arbeitsplatzangebot verknüpft. Administrativ auf die Gemeinden verteilte Flüchtlinge sind somit nicht abgebildet.

4.8.2 Validierung und Kalibration

Die Validierung erfolgt über die Wohnbevölkerungsentwicklung in den Gemeinden. Die Kalibration kann über einen gemeinde- oder kantonsspezifischen Parameter erfolgen. Die anvisierte Genauigkeit über zehn Jahre ist +/-10% über 10 Jahre bei Gemeinden über 2'000 Einwohnern.

4.8.3 Daten

Für die Bildung der einreisenden Personen bzw. Haushalte werden die Altersverteilung und Nationalitätengruppen benötigt. Das Migrationsmodell benötigt somit mehrere neue Input-Datensätze. Folgende Datensätze werden für die Schätzung der Parameter genutzt:

- **Ausbildungsstand der ausländischen Bevölkerung der 1. Generation:** Strukturerhebung 2011-2013; Volkszählung 2000 (w.m. Angaben zu Personen, die im letzten Jahr eingewandert sind).
- **Altersverteilung, Geschlecht und Haushaltstypen der Migranten aus dem Ausland:** STATPOP 2010-2014 (w.m. Angaben zu Personen, die im letzten Jahr eingewandert sind).

5 Validierung Gesamtmodell

Die Validierung der Modelle erfolgt in drei Schritten. Dabei werden die Stabilität der Resultate (weisses Rauschen), die Korrekturparameter aufgrund der Kalibration 2000 – 2010, die erreichte Modellgüte bezüglich Wohnbevölkerung und Sensitivitätsanalysen untersucht.

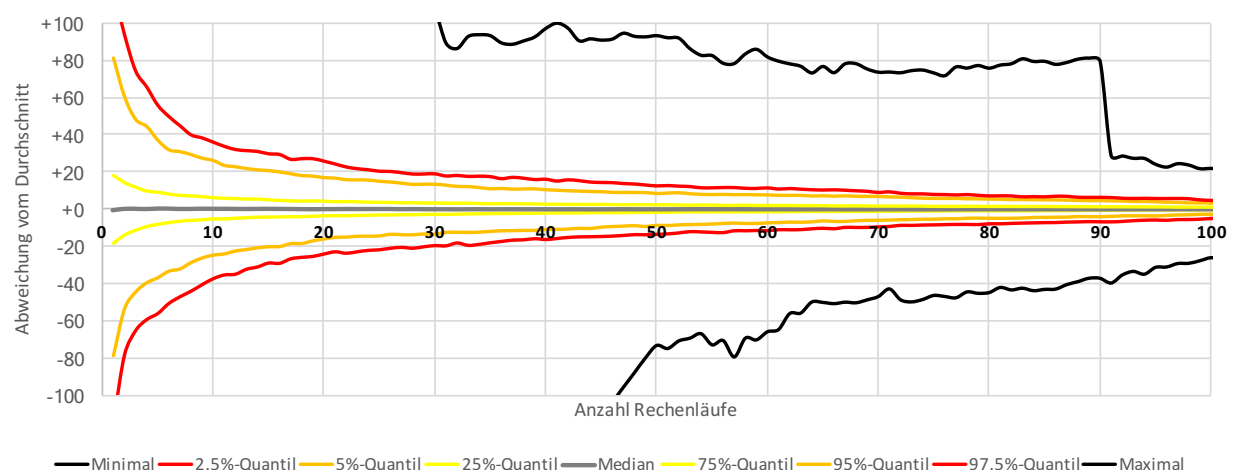
5.1 Weisses Rauschen

Aufgrund der mehr oder weniger zufälligen Ausgänge der Monte-Carlo-Simulationen, entsteht ein weisses Rauschen. Dieses zeigt sich, indem identische Rechenläufe jeweils nicht identische Simulationsergebnisse ergeben. So weichen die Resultate eines einzelnen Laufes bei 5% der Gemeinden um über 100 Einwohnern vom erwarteten Wert ab. Gerade beim Vergleich von verschiedenen Szenarien ist dies ein wesentliches Problem: so sind bei kleineren Effekten nur noch die Zufallsabweichungen des weissen Rauschens sichtbar.

Um das weisse Rauschen zu reduzieren, stehen in FaLC zwei Lösungsansätze im Vordergrund: einerseits bessere, d.h. statistische Modelle mit höherer Erklärungskraft und andererseits die Wiederholung der Simulationsläufe.

In der Abb. 49 wird die Reduktion des weissen Rauschens in einer Simulation über 10 Jahre (2000 bis 2010) mit zunehmender Anzahl Rechenläufe gezeigt. Basis für den zu erwartenden Wert bildet der Durchschnitt aus 200 Rechenläufen. Nach 10 Läufen erreichen 95% der Gemeinden einen Fehler von maximal ± 37 Einwohnern (95%-Konfidenzintervall). Nach 20 Läufen reduziert sich der Fehler auf ± 25 Einwohner und nach 50 Läufen gar auf ± 13 Personen. Mit 100 Läufen werden gar ± 5 Personen erreicht.

Abb. 49 Reduktion des Weissen Rauschens durch wiederholte Rechenläufe (nach 10 Jahren)



Im Vergleich zum bisherigen Modell (Bodenmann et al., 2015) ist dies deutlich besser – so wurden bisher nach 10 Läufen nur gerade ein 95%-Konfidenzintervall von ± 45 Personen erreicht. Dies dürfte auf die deutlich verbesserten Modelle zurück zu führen sein.

5.2 Kalibration

Um das Gesamtmodell zu kalibrieren, wurde in der Nutzenfunktion der Standortwahl der Haushalte ein Korrekturparameter eingeführt. Wird in den Simulationen ab 2000 im Jahr 2010 die Anzahl Einwohner in der Location bzw. Gemeinde unterschätzt – wird der Parameter entsprechend erhöht und der Standort damit attraktiver modelliert. Wird die Anzahl Einwohner hingegen überschätzt, wird der Parameter indes reduziert.

Die Korrektur der Nutzenfunktion hat die folgende Form:

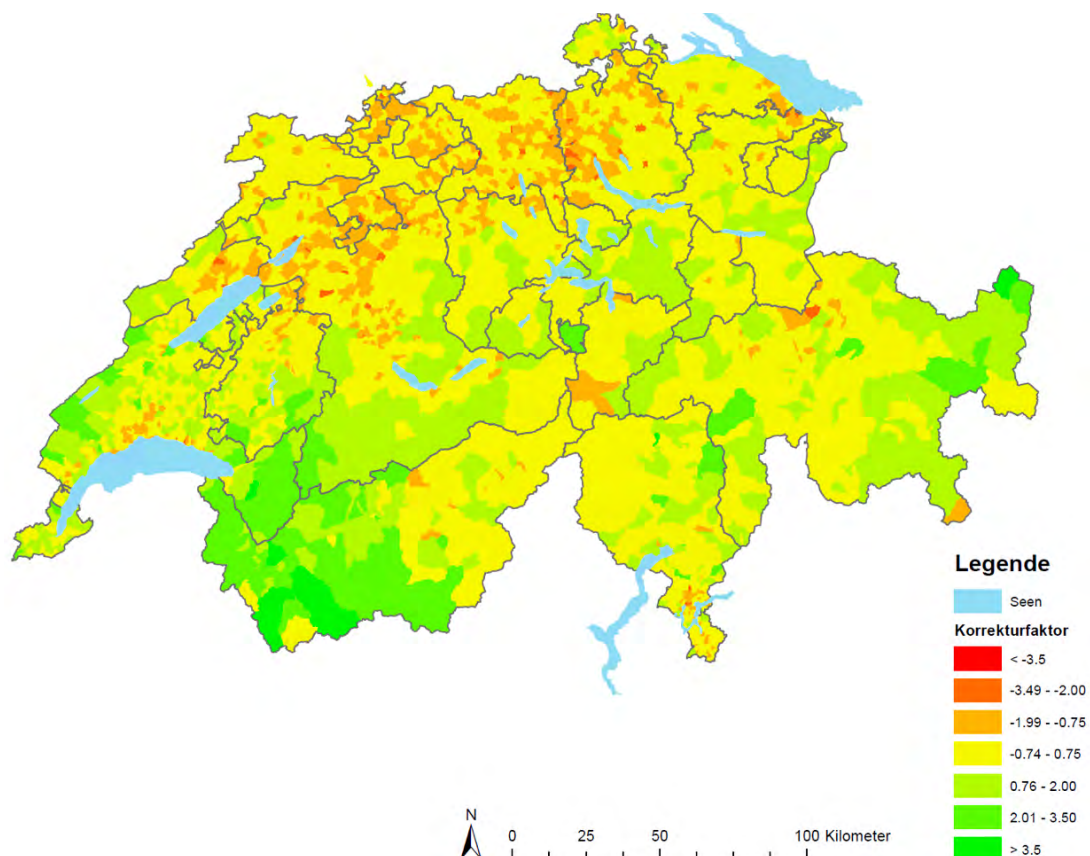
$$NK_{\ell} = N_{\ell} + k_{\ell}$$

mit NK_{ℓ} resultierender, kalibrierter Nutzen des Standortes ℓ
 N_{ℓ} Nutzen des Standortes ℓ ohne Kalibration (vgl. Kap. 4.2)
 k_{ℓ} Korrekturparameter für den Standort ℓ

Für die Kalibration wurden 10 Iterationen mit jeweils 10 Rechenläufen gerechnet.

Bei rund 60% der Zonen (1749 von 2949 Zonen) liegt der Korrekturwert zwischen -0.75 und +0.75, bei knapp 75% der Zonen (2140) liegt der Wert zwischen -1.00 und +1.00. Lediglich bei 4.5% der Zonen (130) liegt der Korrekturwert bei unter -2 bzw. über 2. Der Median des Korrekturfaktors liegt erstaunlicherweise nicht bei 0, sondern bei -0.0955. Grund dafür sind die tendenziell unterschätzten Zentrumsgebiete mit einer grossen Anzahl an Einwohnern.

Abb. 50 Räumliche Verteilung der Korrekturparameter für die Simulation 2000 bis 2010

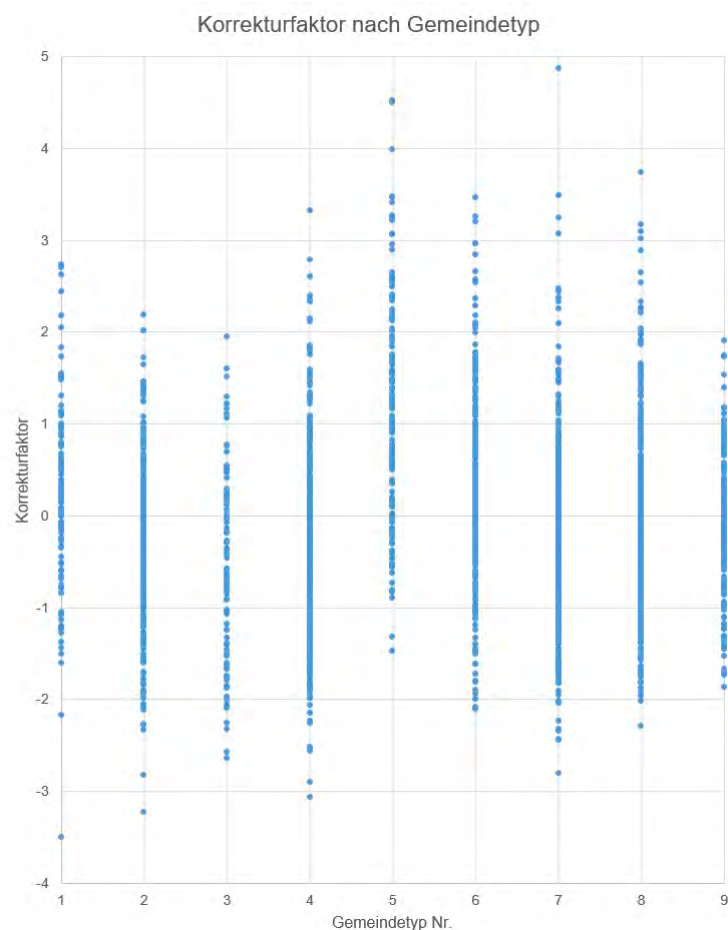


Die räumliche Verteilung der resultierenden Korrekturparameter wird in Abb. 50 grafisch dargestellt. Die roten Bereiche mit negativen Korrekturfaktoren werden von FaLC überschätzt, die synthetische Population wird nach unten korrigiert. Umgekehrt werden die grünen Bereiche mit positiven Korrekturfaktoren unterschätzt und damit nach oben korrigiert.

Die Abbildung zeigt, dass die bestehenden Modelle ohne Korrekturparameter die Einwohnerzahlen weiter Teile im Berggebiet unterschätzen und dafür zentrale Lagen eher überschätzen. Insbesondere die ländlichen Regionen im Waadtland, Unterwallis und in Graubünden werden oft deutlich unterschätzt. Demgegenüber liegen die überschätzten Gebiete vor allem im Mittelland.

Betrachten wir die Korrekturparameter nach Gemeindetypen (vgl. Abb. 51), wird ersichtlich, dass vor allem die touristischen Gemeinden (Code 5) korrigiert werden müssen. Die verwendete Nutzenfunktion der Haushaltsumzüge oder die Verteilung der Einwanderer scheinen somit die Attraktivität der Tourismusregionen generell zu unterschätzen.

Abb. 51 Korrekturparameter nach Gemeindetyp



Gemeindetyp Nr. gemäss Tab. 48 Kennwerte der Korrekturparameter nach Gemeindetyp

Tab. 48 Kennwerte der Korrekturparameter nach Gemeindetyp

Nr.	Bezeichnung	Mittelwert	Median	Standardabweichung
1	Zentren (CEN)	0.1491	0.0653	0.9772
2	Suburbane Gemeinden (SUB)	-0.3428	-0.3570	0.8760
3	Einkommensstarke Gemeinden (RE)	-0.5156	-0.5177	1.0402
4	Periurbane Gemeinden (PERI)	-0.3597	-0.4549	0.9884
5	Touristische Gemeinden (TOUR)	1.0167	0.9006	1.2202
6	Industrielle und tertiäre Gemeinden (IND)	0.2325	0.1275	0.9491
7	Ländliche Pendlergemeinden (PEND)	-0.3198	-0.3297	0.8835
8	Agrar-gemischte Gemeinden (MIX)	-0.0084	-0.0216	0.8956
9	Agrarische Gemeinden (AGR)	-0.0659	0.0000	0.5866

5.2.1 Prüfung auf Multikollinearität

Ziel der Korrekturparameter ist es, nicht abgebildete Einflüsse zu berücksichtigen. Sie sollen aber nicht unter- oder übergewichtete Modellparameter korrigieren. Deshalb wurde im Anschluss überprüft, ob Multikollinearitäten gerade auch zwischen dem Korrekturparameter und den anderen Einflussvariablen bestehen.

Dabei konnte grundsätzlich keine Korrelation festgestellt werden: die grösste Korrelation wurde mit der Erreichbarkeit (Total) festgestellt. Das Bestimmtheitsmass von -0.268 ist aber sehr klein. Damit ist sichergestellt, dass der Korrekturparameter von keiner anderen Variable des Modells abhängt. Beispielhaft sind in Tab. 49 einige Koeffizienten der überprüften Korrelationen zwischen dem Korrekturparameter und den jeweiligen Attributen aufgeführt.

Tab. 49 Korrelationskoeffizient zwischen dem Korrekturfaktor und ausgewählten Attributen

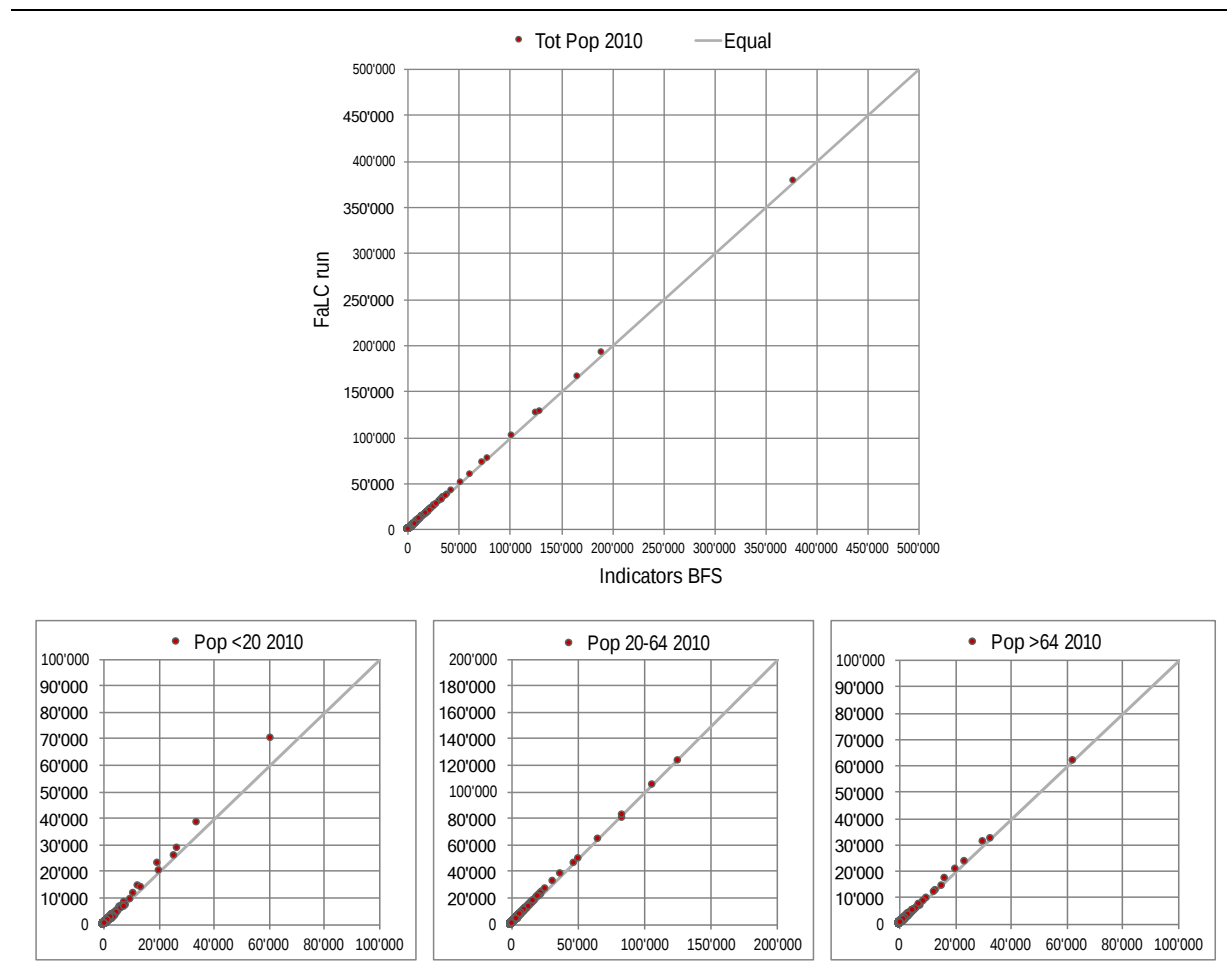
Korrelationskoeffizient	Attribut
0.081	Einwohner
0.025	Erwerbstätige
-0.202	Landpreis
-0.139	Bildungsgrad
-0.143	Steuer Privatpersonen
0.052	Steuern Firmen
-0.268	Erreichbarkeit

5.3 Modellgüte 2000 - 2010

Um die allgemeine Modellgüte zu überprüfen, wurden die Resultate der FaLC-Simulationen 2000 bis 2010 mit den Bevölkerungsdaten des BFS verglichen. Die Abb. 52 zeigt diesen Vergleich für die Gesamtbevölkerung (Tot Pop 2010) und drei verschiedene Altersgruppen: unter 20 Jährige (Pop <20), 20- bis 64 Jährige (Pop 20-64) sowie über 64 jährige Personen (Pop >64).

Die Resultate aus den FaLC-Simulationen bilden die Realität beinahe perfekt ab – so werden in der Regel Bestimmtheitsmasse von 1.00 erreicht. Einzig bei der Verteilung der jungen Bevölkerung unter 20 Jahren wird die entsprechende Anzahl Einwohner gerade in der Stadt Zürich weiterhin überschätzt. Das Bestimmtheitsmass ist indes trotzdem bei hohen 0.99 Punkten.

Abb. 52 Vergleich der Resultate der FaLC-Simulationen mit den Bevölkerungsdaten des BFS



Der Vergleich mit den entsprechenden Auswertungen zum bisherigen Modell (Bodenmann et al., 2015) zeigt, dass die Modelle verbessert wurden.

5.4 Sensitivitätsanalysen

Die 2254 Gemeinden in der Schweiz werden in 22 oder in 9 Gemeindetypen unterteilt. Nach der Kalibration der verschiedenen Simulationen werden die Daten anhand von Stichproben betrachtet. Dazu werden die 9 Gemeindetypen des BFS verwendet. Von jedem der 9 Raumtypen wird mindestens eine Gemeinde in Betracht gezogen. Zudem sollen die Stichproben in der Schweiz eine räumliche Verteilung aufweisen.

5.4.1 Auswahl Gemeinden

Die 2254 Gemeinden der Schweiz werden in folgende 22 Gemeindetypen (siehe folgende Tabelle) aufgeteilt. Die Gemeindetypologie wurde gemäss Zentren-Peripherie-Konzept klassifiziert (BFS 2000).¹³

Tab. 50 Die 22 Gemeindetypen nach der Raumgliederung des ARE

Nr	Gemeindetyp	Anzahl Gemeinden
1	Grosszentren (CG)	5
2	Mittelzentren (CM)	22
3	Kleinzentren (CP)	44
4	Peripheriezentren (CPE)	23
5	Einkommensstarke Gemeinden (RE)	86
6	Touristische Gemeinden (TT)	54
7	Semitouristische Gemeinden (TST)	73
8	Gemeinden mit Heimen und Institutionen (THI)	22
9	Arbeitsplatzgemeinden metropolitaner Regionen (ME)	113
10	Suburbane Gemeinden metropolitaner Regionen (MS)	70
11	Periurbane Gemeinden metropolitaner Regionen (MP)	220
12	Arbeitsplatzgemeinden nicht-metropolitaner Regionen (NE)	89
13	Suburbane Gemeinden nicht-metropolitaner Regionen (NS)	43
14	Periurbane Gemeinden nicht-metropolitaner Regionen (NP)	169
15	Wegpendlergemeinden mit hoher Zuwanderung (NAL)	270
16	Wegpendlergemeinden mit geringer Zuwanderung (NAU)	173
17	Industriell-tertiäre Gemeinden (SIT)	143
18	Industrielle Gemeinden (SI)	83
19	Agrar-industrielle Gemeinden (SAI)	173
20	Agrar-tertiäre Gemeinden (SAT)	221

¹³ Die neue Gemeindetypologie des BFS war bei der Durchführung dieses Arbeitsschritts noch nicht publiziert.

21	Agrarische Gemeinden (SA)	132
22	Gemeinden mit starkem Bevölkerungsrückgang (SR)	26
Total		2'254

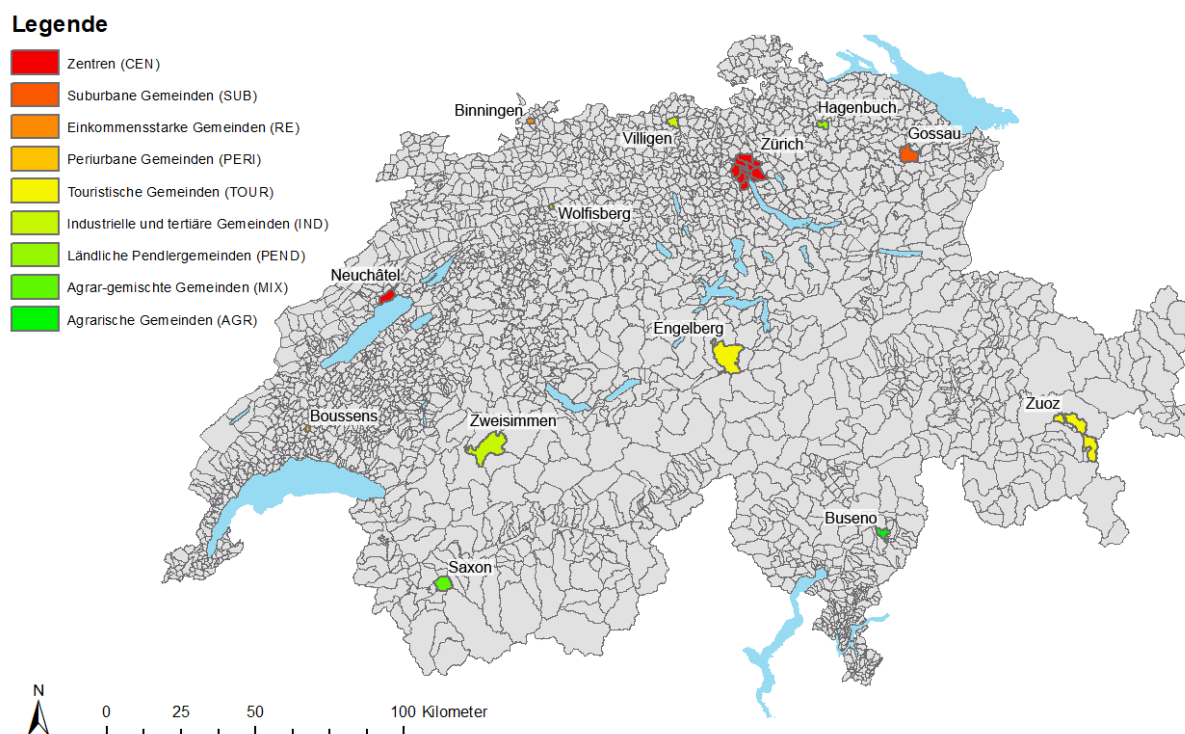
Die 22 Gemeindetypen wurden vom BFS wiederum nach verschiedenen Kriterien in 9 Haupttypen zusammengefasst:

Tab. 51 Die 9 Gemeindetypen nach der Raumgliederung des ARE

Nr	Gemeindetyp	Zusammensetzung (Gemeindetypen 22)	Anzahl in CH
1	Zentren (CEN)	1, 2, 3	71
2	Suburbane Gemeinden (SUB)	9, 10, 12, 13	315
3	Einkommensstarke Gemeinden (RE)	5	86
4	Periurbane Gemeinden (PERI)	11, 14	389
5	Touristische Gemeinden (TOUR)	6, 7	127
6	Industrielle und tertiäre Gemeinden (IND)	4, 8, 17, 18	270
7	Ländliche Pendlergemeinden (PEND)	15, 16	443
8	Agrar-gemischte Gemeinden (MIX)	19, 20	395
9	Agrarische Gemeinden (AGR)	21, 22	158
Total			2'254

Für die Analyse der Resultate wurden 13 Gemeinden ausgewählt. Bei der Auswahl wurde darauf geachtet, dass alle Gemeindetypen (Typ 9) sowie alle Regionen vertreten sind. Die folgende Abb. 53 und Tab. 52 zeigen die Lage und die Eckwerte für die ausgewählten Gemeinden.

Abb. 53 Für die Analyse ausgewählte Gemeinden nach Gemeindetypen 1-9



Quelle: BFS (2013)

Tab. 52 Eckwerte für die ausgewählten Gemeinden nach den 9 Gemeindetypen

Nr	Gemeinde	Kanton	Typ 22	Typ 9	Bauzone	Err_MIV	Err_ÖV
					in ha	Anz. Pers.	Anz. Pers.
261	Zürich	1	1	1	2'190	196'842	32'669
6458	Neuchâtel	24	2	1	639	49'778	26'694
3443	Gossau	17	12	2	503	34'407	19'566
2765	Binningen	13	5	3	265	83'565	14'068
5473	Boussens	22	11	4	34	41'335	920
1402	Engelberg	6	6	5	149	6'874	3'884
3791	Zuoz	18	7	5	55	3'913	1'726
794	Zweisimmen	2	4	6	128	4'468	2'773
4121	Villigen	19	17	6	73	30'209	2'608
220	Hagenbuch	1	15	7	29	15'296	1'051
996	Wolfisberg	2	16	7	6	21'262	392
6141	Saxon	23	20	8	248	15'952	6'893
3804	Buseno	18	22	9	9	3'413	140

5.4.2 Sensitivitäten

Die erfolgreiche Kalibration zeigte bereits, dass die Erhöhung bzw. Reduktion des Nutzens in der Simulation der Umzüge der Haushalte einen sichtbaren, voraussagbaren und stabilen Effekt auf die Resultate hat. Damit sind die Sensitivitäten ebenfalls nachgewiesen. Die nachfolgenden Analysen sollen zudem zeigen, ob die Elastizitäten regional oder nach Gemeindetyp unterschiedlich sind,

Der Median der Korrekturparameter liegt bei rund -0.1. In den Sensitivitäten wurde deshalb getestet, welchen Einfluss eine Erhöhung des Nutzens um +0.1 in den ausgewählten Gemeinden hat. Damit wird der Effekt der Median-Korrektur in den einzelnen Zonen getestet. Das Basisszenario wurde 200 Mal gerechnet, das Vergleichsszenario 50 Mal. Dies ergibt ein Konfidenzintervall von ca. +/- 15 Personen.

In der folgenden Tabelle sind die relativen und absoluten Effekte für die ausgewählten Gemeinden ersichtlich. Zwischen den Regionen scheinen die Werte nicht eindeutig zu variieren. Vielmehr dürften Gemeindetyp und vor allem die Lage einen grossen Einfluss haben. So müssen in einer Region auch genügend Personen vorhanden sein, um ein entsprechendes Wachstum generieren zu können: beispielsweise in Zürich würde ein zusätzliches Wachstum von 3% rund 12'000 Einwohner ausmachen – was auch in einer Stadt wie Zürich ausserordentlich viel ist. Demgegenüber sind im Umfeld von Zweisimmen und Villigen per se deutlich weniger potentielle Einwohner vorhanden. Bei kleinen Gemeinden ist zu beachten, dass das 95%-Konfidenzintervall +/-15 Einwohner beträgt. Für Gemeinden unter 5'000 Einwohner sind zumindest die relativen Angaben deshalb ungenau.

Tab. 53 Sensitivitäten bei einer Nutzengewinn von +0.1

Nr	Gemeinde	Kt.	Typ 22	Typ 9	Einwohner (Referenz)	Effekt (absolut)	Effekt (relativ)
					Anz. Pers.	Anz. Pers.	%
261	Zürich	1	1	1	378892	6709	1.77
6458	Neuchâtel	24	2	1	33362	1122	3.36
3443	Gossau	17	12	2	17887	616	3.44
2765	Binningen	13	5	3	14844	473	3.18
5473	Boussens	22	11	4	863	25	2.89
1402	Engelberg	6	6	5	4038	82	2.04
3791	Zuoz	18	7	5	1356	33	2.43
794	Zweisimmen	2	4	6	2886	42	1.46
4121	Villigen	19	17	6	1997	37	1.87
220	Hagenbuch	1	15	7	1119	36	3.2
996	Wolfisberg	2	16	7	223	6	2.53
6141	Saxon	23	20	8	4494	164	3.65
3804	Buseno	18	22	9	93	3	3.39

Die Sensitivitätsanalysen zeigen somit, dass eine Veränderung des Nutzens vor allem in Zentren, sowie in suburbanen und einkommensstarken Gemeinden grosse – messbare – Effekte erzielt. Auch in den übrigen Gemeinden ist der Effekt grundsätzlich nachweisbar und relativ in einem ähnlichen Rahmen (bei einer Erhöhung des Nutzens i.d.R. 2-3% Bevölkerungszuwachs). Da diese Gemeinden aber meist weit unter 10'000 Einwohner aufweisen, sind die Effekte letztendlich entsprechend klein (bei 1000 Einwohner nur gerade 20 bis 30 Personen).

5.5 Fazit

Die Validierung des Gesamtmodells zeigt, dass sich das Gesamtmodell in verschiedenen Bereichen deutlich verbessert werden konnte. So kann folgendes festgestellt werden:

- Die Validierung der FaLC-Simulationen zeigte sehr schnell, dass Teile der geschätzten Nutzenfunktion der Standortwahl der Haushalte für die Simulation angepasst werden mussten.
- Die Modelle sind eindeutiger und damit wurde das weisse Rauschen reduziert (um 20 bis 30%). Bei einem Vergleich eines Referenzszenarios mit 200 Rechenläufen und einem Szenario mit 50 Rechenläufen kann somit mit einem 95%-Konfidenzintervall von +/- 16 Personen gerechnet werden.
- Die Sensitivitätstests zeigen, dass der in der Monte-Carlo-Simulation der Umzüge berechnete Nutzen einen sichtbaren und nachvollziehbaren Effekt im Umzugsverhalten hat. Dies zeigt sich insbesondere auch bei der erfolgreichen Kalibration, die dadurch erst ermöglicht wird.
- Die Korrekturparameter aus der Kalibration zeigen, dass mit den heute verwendeten Nutzenfunktionen für die Umzüge der Haushalte und mit den Annahmen zur Verteilung der Migration verschiedene Regionen und Gemeindetypen tendenziell die Einwohnerzahlen zu hoch oder zu tief eingeschätzt werden: Agglomerationsgemeinden im Mittelland werden generell eher zu hoch eingeschätzt, während das ländliche Gebiet und vor allem touristische Gemeinden eher zu tief eingeschätzt werden.
- Die Korrekturparameter aufgrund der Kalibration korrelieren mit keiner der anderen Modellvariablen der Nutzenfunktion für die Umzüge der Haushalte und decken somit ausschliesslich noch nicht berücksichtigte Faktoren ab – was grundsätzlich die Idee der vorgenommenen Kalibration ist.

Die Kalibration kann mit verschiedenen Skripts in FaLC einfach und effizient vorgenommen werden. Die Kalibrationsläufe zeigten aber auch, dass die Kalibration nicht vollautomatisch ablaufen kann. So muss jeweils die Gesamtzahl der Einwohner im Perimeter in FaLC mit derjenigen der Zielwerte übereinstimmen. Hierzu wurden die Migrationszahlen entsprechend erhöht oder verringert. Zudem muss bei der Kalibration berücksichtigt werden, dass die Bauzonenkapazität allenfalls angepasst werden muss, damit eine höhere Anzahl Einwohner in einer dicht besiedelten Gemeinde erhöht werden kann. Da in FaLC die Entwicklung der Korrekturparameter indes gespeichert wird, können entsprechende «Problemgemeinden» schnell auffindig gemacht werden – allerdings per Hand.

Die Validierung zeigte zudem einige Verbesserungsmöglichkeiten für die künftige Weiterentwicklung des Modelles und von FaLC auf:

- Zurzeit wird die Anzahl Einwohner je Location bzw. Verkehrszone kalibriert. Grundsätzlich wäre zu prüfen, ob nicht noch weitere Resultate kalibriert werden könnten. Offensichtlich wäre dies die Anzahl Beschäftigten und/oder die Anzahl Einwohner in den verschiedenen Altersklassen. FaLC würde eine Kalibration mehrerer Variablen gleichzeitig grundsätzlich zulassen.
- Heute können nur eine sehr beschränkte Zahl an Variablen zwischen den Rechenläufen übergeben werden – damit ist auch die Anzahl der zu kalibrierenden Variablen begrenzt. Zurzeit sind maximal 20 Variablen möglich. In einem der kommenden Entwicklungsschritte von FaLC wird deshalb die Anzahl dieser temporären Variablen deutlich erhöht.
- Allgemein hat sich gezeigt, dass die in FaLC implementierte Möglichkeit zur Kalibration für verschiedene weitere Anwendungen genutzt werden kann: z.B. die Schätzung unbekannter Parameter (wie die Entwicklung der Arbeitsplätze in den Sektoren) oder die Optimierung von verschiedenen Zielwerten (Nachhaltigkeit).

Einziger Wermutstropfen ist die längere Rechenzeit aufgrund der zusätzlichen Modelle. So benötigte bisher eine Simulation der ganzen Schweiz über 10 Jahre rund 40 Minuten Rechenzeit. Neu sind es 60 Minuten. Da aber das weisse Rauschen deutlich reduziert wurde, werden im Gegenzug weniger Rechenläufe benötigt, um verlässliche Daten zu erhalten – was diesen Zeitverlust zumindest teilweise ausgleicht. Um die Rechenzeiten (wieder) senken zu können, wäre die Modellierung verschiedener Scripting-Rechenschritte direkt in Java möglich. Davon wurde bisher abgesehen, da damit viel Flexibilität verloren geht und die Möglichkeit von parallelen Berechnungen auf mehreren Computern einen wesentlich grösseren Zeitgewinn ergibt und die Rechenzeit für 10 Simulationsjahre auf einem einzelnen Rechner an Bedeutung verliert.

6 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.
- 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.R. (2011) *Location choice of firms with special emphasis on spatial accessibility*, Dissertation, Department Bau, Umwelt und Geomatik, ETH, 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.R. 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 BR, 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.R., G. Horvath und T. Mauchle (2009) *Standortbestimmung Gemeinde Eglisau*, Gemeinde Eglisau, www.eglisau.ch/portal/entwicklung, Aug. 2012.
- Bodenmann, B.R., T. Mauchle und A. Zeiler (2012) *Grundlagen Siedlungspolitik Appenzell I.Rh.*, Schlussbericht, Bau- und Umweltdepartement, Kanton Appenzell Innerrhoden, Appenzell.
- Bodenmann BR, I Vecchi, B Sanchez, J Bode, A Zeiler and KW Axhausen (2014a) Implementation of a Synthetic Population for Switzerland, *FaLC Working Paper*, CS 01, regioConcept and IVT, Herisau/Zürich.
- Bodenmann, BR, BJ Vitins, I Vecchi, A Zeiler, J Hackney, and KW 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 Raumentwicklung ARE (2006), Erstellung des nationalen Personenverkehrsmodell für den öffentlichen und privaten Verkehr – Modellbeschreibung.
- 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 (2013), Nationales Personen- und Güterverkehrsmodell des UVEK, Aktualisierung auf den Basiszustand 2010.
- Bundesamt für Statistik BFS, Bundesamt für Raumentwicklung (2012) *Mobilität in der Schweiz, Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010*, BFS, Neuchâtel.
- Bundesamt für Statistik BFS (2013) *Die «Mitte» im Fokus. Die Entwicklung der mittleren Einkommensgruppen von 1998 bis 2009*, BFS, Neuchâtel.
- Bundesamt für Statistik BFS (2016) *Erwerbstätige Bevölkerung nach Wohn- und Arbeitsgemeinde – Pendlermatrix auf Basis Registerverknüpfung Ende 2011*, Methodische Bemerkungen, BFS, Bern.
- Bundesamt für Statistik BFS (2017): Die Raumgliederungen der Schweiz 2017, *Statistische Grundlagen und Übersichten*, Gemeindestand 01.01.2017, OFS, BFS, UST.
- 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.
- 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.
- McFadden, D. (1978) Modelling the choice of residential location, in A. Karlsqvist, L. Lundqvist, F. Snickars und J. Weibull (hrsg.), *Spatial Interaction Theory and Planning Models*, 75–96, North Holland, Amsterdam.
- Müller, K. und 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 (2011) *Benutzerhandbuch VISUM, Analyse und Planung von Verkehrsnetzen*, PTV, Karlsruhe.
- Schirmer und Matter (2016) Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung FaLC: Wohnstandortwahl, Schlussbericht AP1, Fahrländer Partner AG, Zürich.

- 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.
- 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 Massstabsebenen., 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. 54 FaLC Table persons

Attribute	Description	Allocated by
person_id	ID person	IVT
household_id	ID household	IVT
position_in_hh	Position in household 3 Child (together with parents) 5 Partner (if head of hh is a pair) 0 all other cases	IVT
position_in_bus	Position in business 0 Unemployed 1 CEO 2 Employee 3 Apprentice	IVT
employed_since	Employed since (year)	IVT
Sex	Sex 1 Male 0 Female	IVT
Dbirth	Date of birth (DD.MM.YYYY)	IVT
Status	Status 0 Residents in Perimeter 7 Immigrant	IVT
Education	Level of education 1 without post-compulsory education 2 Secondary School II 3 tertiary education (higher education) 4 tertiary education (university) see concept section 1.2.1	IVT
Nation	Grouping of nationalities 0 Schweiz 1 Deutschland, Österreich, Lichtenstein 2 Italien, Vatikanstadt 3 Frankreich, Monaco, San Marino 4 NW-Europa (Belgien, Luxemburg, Niederlande, Dänemark, Finnland, Vereinigtes Königreich,	IVT

	Irland, Island, Norwegen, Schweden)			
5	SW-Europa (Portugal, Spanien, Andorra)			
6	SO-Europa (Malta, Albanien, Griechenland, Jugoslawien, Kroatien, Slowenien, Bosnien und Herzegowina, Mazedonien, Bulgarien, Türkei, Zypern)			
7	O-Europa (Polen, Rumänien, Ungarn, Slowakei, Tschechische Republik, Moldova, Ukraine, Belarus, Estland, Lettland, Litauen)			
8	Afrika			
9	Asien (ink. Russland)			
10	Amerika / Ozeanien (Nord- und Südamerika, Australien, Neuseeland, Ozeanien)			
Language	Language	Code	(former Code)	2000: IVT 2014: rC
	German	1	(110)	
	French	2	(120)	
	Italian	3	(130)	
	Rumantsch	4	(140)	
	Others	5	(>140)	
Type_1	Business sector			IVT
	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)			IVT
	0 - 100			
Type_3	Single-Person in shared apartment/house			IVT
	0	no		
	1	yes		
Type_4	ownership			regioCon- cept
	0	no		
	1	yes		
business_id	ID business			regioCon- cept

Income	Available Income (in CHF per year)	regioCon- cept
Mobility	Mobility Tools 0 no mobility tool available 1 Half-fare travel card (Halbtax) 2 Travel card (GA) 5 Local travel card 6 Local travel card and Swiss half-fare travel card 10 Car available 11 Car available and half-fare travel card 12 Car available and travel card (GA) 15 Car available and local travel card 16 Car available, local travel card and Swiss half-fare travel card	regioCon- cept
* prepared for use in later versions		

Tab. 55 FaLC Table households

Attribute	Description	Allocated by
Household_id	ID household	IVT
Location_id	ID location	IVT
Partner_id_a	ID Partner A (deleted due to redundancy)	IVT
Partner_id_b	ID Partner B (deleted due to redundancy)	IVT
Type_1	Used in FaLC calculation (immigration)	
Type_2	Used in FaLC calculation (hh formation, syntese)	
Type_3	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)	IVT
Type_4	Ownership of flat/house 0 no (rent) 1 yes (owner)	in model (yearly cycle)
Type_5	Income Household	See persons
dfoundation	Not used	

Tab. 56 FaLC Table households

Attribute	Description	Allocated by
Business_id	ID business	2000: rC* 2014: IVT
Location_id	ID location	2000: rC* 2014: IVT
Type_1	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	2000: rC* 2014: IVT
Type_2	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)	2000: rC* 2014: IVT
Type_3	Not used	
Dfoundation	Date of foundation	2000: rC* 2014: IVT
Nr_of_jobs	Number of jobs (0..x)	2000: rC* 2014: IVT
* existing FaLC table for year 2000 (ARE-Model 2013)		

B Detailtabellen zur Validierung der synthetischen Population

B 1 Detaillierter Vergleich des Ausbildungsstands und der Anstellung

Tab. 57 Validierung des Attributs "Höchster Ausbildungsstand"

indicator	education_1				education_2				education_3				education_4	
msreg key	SE	SynPop	SynPop - SE	SE	SynPop	SynPop - SE	SE	SynPop	SynPop - SE	SE	SynPop	SynPop - SE	SE	SynPop
1 (Zürich)	20.4%	19.3%	-3371	37.8%	37.6%	-734	10.4%	10.5%	239	31.4%	32.6%	3865		
2 (Glattal-Furttal)	22.8%	23.3%	751	50.2%	49.5%	-1052	13.4%	13.3%	-78	13.6%	13.9%	378		
3 (Limmattal)	27.5%	27.2%	-218	48.4%	48.6%	116	11.5%	11.6%	83	12.6%	12.7%	18		
4 (Knönaueamt)	17.0%	18.1%	438	50.3%	50.1%	-98	16.2%	16.2%	3	16.4%	15.6%	-343		
5 (Zimmerberg)	17.4%	17.8%	379	46.8%	45.9%	-856	13.2%	13.1%	-134	22.6%	23.2%	611		
6 (Pfannenstiel)	15.8%	16.2%	379	43.4%	43.1%	-304	14.8%	15.1%	251	25.9%	25.6%	-325		
7 (Zürcher Oberland)	21.9%	21.3%	-894	50.9%	51.1%	279	14.8%	15.0%	338	12.4%	12.6%	276		
8 (Winterthur)	21.7%	21.5%	-398	48.3%	48.5%	273	14.0%	14.2%	317	16.0%	15.8%	-191		
9 (Weinland)	18.7%	19.6%	244	52.7%	53.9%	314	17.1%	16.3%	-226	11.5%	10.2%	-332		
10 (Zürcher Unterland)	21.8%	22.0%	195	53.3%	53.1%	-208	13.6%	13.5%	-48	11.4%	11.5%	61		
11 (Bern)	19.9%	19.7%	-429	47.0%	47.3%	675	13.3%	13.3%	-73	19.8%	19.7%	-171		
12 (Erlach-Seeland)	22.5%	23.5%	490	55.8%	53.7%	-983	14.6%	14.6%	12	7.1%	8.1%	481		
13 (Biel/Bienne)	27.1%	28.4%	1075	50.0%	49.3%	-644	12.2%	11.5%	-574	10.7%	10.8%	143		
14 (Jura bernois)	32.0%	32.2%	64	49.8%	49.9%	28	9.7%	9.8%	16	8.5%	8.1%	-108		

Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl

15 (Oberraargau)	23.6%	24.3%	462	57.0%	55.7%	-939	12.7%	13.3%	354	6.6%	6.8%	123
16 (Burgdorf)	24.5%	23.4%	-690	54.7%	55.4%	442	13.7%	13.4%	-198	7.1%	7.8%	446
17 (Oberes Emmental)	29.0%	28.0%	-214	56.7%	57.4%	156	9.3%	9.7%	75	5.0%	4.9%	-16
18 (Aaretal)	20.9%	20.0%	-477	56.5%	57.4%	451	15.1%	15.1%	16	7.5%	7.5%	8
19 (Schwarzwasser)	25.9%	25.1%	-109	54.6%	54.2%	-64	13.3%	14.1%	114	6.2%	6.6%	60
20 (Thun)	22.2%	21.4%	-846	56.5%	56.7%	141	13.1%	13.9%	817	8.2%	8.1%	-111
21 (Saanen-Obersimmental)	30.2%	31.9%	239	51.3%	49.5%	-265	11.1%	11.6%	60	7.3%	7.1%	-34
22 (Kandertal)	27.2%	26.8%	-44	59.2%	58.1%	-145	9.9%	10.4%	57	3.8%	4.8%	132
23 (Oberland-Ost)	23.9%	24.6%	293	59.0%	57.3%	-710	10.7%	11.0%	104	6.3%	7.1%	312
24 (Grenchen)	28.6%	29.6%	308	53.1%	51.7%	-441	11.7%	10.9%	-244	6.5%	7.7%	376
25 (Laufental)	24.8%	24.0%	-339	52.7%	51.7%	-493	12.3%	12.5%	101	10.2%	11.8%	730
26 (Luzern)	23.8%	24.4%	1040	48.9%	48.8%	-150	14.0%	13.9%	-305	13.2%	12.9%	-585
27 (Sursee-Seetal)	25.4%	24.8%	-382	50.6%	50.3%	-174	15.5%	16.5%	637	8.5%	8.4%	-80
28 (Willisau)	30.7%	30.3%	-202	51.8%	51.2%	-298	12.3%	12.8%	219	5.2%	5.8%	280
29 (Entlebuch)	35.9%	35.3%	-81	49.4%	50.2%	103	11.0%	10.9%	-17	3.7%	3.7%	-4
30 (Uri)	33.4%	32.9%	-130	50.3%	50.4%	37	10.0%	10.4%	131	6.3%	6.2%	-38
31 (Innerschwyz)	27.6%	27.1%	-287	49.8%	50.0%	113	12.8%	13.0%	107	9.8%	9.9%	66
32 (Einsiedeln)	27.4%	29.8%	439	54.7%	49.9%	-888	10.7%	11.1%	74	7.1%	9.2%	374
33 (March-Höfe)	23.6%	22.5%	-609	48.1%	48.7%	341	13.7%	13.3%	-230	14.6%	15.5%	498
34 (Sarneraatal)	26.4%	26.5%	35	51.6%	50.4%	-315	13.9%	14.3%	108	8.2%	8.8%	171
35 (Nidwalden)	24.8%	24.1%	-264	51.7%	52.2%	178	14.2%	13.8%	-139	9.3%	9.9%	225
36 (Glarner Unterland)	31.2%	30.8%	-93	49.7%	50.3%	152	11.8%	11.6%	-71	7.2%	7.3%	13
37 (Glarner Hinterland)	30.1%	29.4%	-59	54.5%	54.1%	-38	8.8%	9.5%	55	6.5%	7.0%	42
38 (Zug)	19.8%	19.7%	-174	45.8%	45.3%	-454	14.2%	14.1%	-108	20.2%	21.0%	736
39 (La Sarine)	33.4%	34.8%	1162	38.5%	37.3%	-968	9.2%	9.0%	-207	18.9%	18.9%	13
40 (La Gruyère)	39.5%	39.2%	-99	40.1%	39.8%	-111	9.5%	9.7%	86	10.9%	11.2%	124
41 (Sense)	27.0%	27.8%	310	51.5%	51.2%	-97	12.2%	11.4%	-316	9.3%	9.5%	103

Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl

42 (Murten/Morat)	25.7%	26.2%	255	50.1%	48.8%	-588	13.6%	13.6%	-10	10.6%	11.3%	343
43 (Glâne-Veveyse)	34.9%	34.5%	-150	44.8%	44.7%	-34	10.6%	10.9%	93	9.6%	9.9%	91
44 (Olten)	26.2%	26.1%	-42	53.1%	52.0%	-909	12.1%	12.5%	299	8.6%	9.4%	653
45 (Thal)	33.6%	31.6%	-244	49.8%	52.7%	345	13.3%	12.6%	-79	3.3%	3.1%	-22
46 (Solothurn)	22.8%	22.9%	75	53.5%	53.7%	101	13.7%	13.7%	11	10.0%	9.7%	-187
47 (Basel-Stadt)	25.2%	25.3%	109	40.2%	40.1%	-278	9.8%	9.4%	-616	24.7%	25.2%	784
48 (Unteres Baselbiet)	21.5%	22.2%	1026	50.2%	49.5%	-1015	12.2%	12.0%	-189	16.2%	16.3%	178
49 (Oberes Baselbiet)	23.4%	23.2%	-122	53.7%	54.2%	395	12.6%	12.6%	0.0%	10.3%	10.0%	-272
50 (Schaffhausen)	24.1%	23.6%	-361	52.0%	51.5%	-358	12.2%	12.6%	269	11.7%	12.4%	449
51 (Appenzell A.Rh.)	25.5%	25.8%	160	51.9%	51.6%	-134	12.8%	12.8%	17	9.9%	9.8%	-43
52 (Appenzell I.Rh.)	30.6%	27.9%	-305	51.1%	52.7%	184	11.1%	12.7%	188	7.2%	6.6%	-67
53 (St.Gallen)	25.9%	25.6%	-474	49.9%	50.1%	321	12.5%	12.5%	104	11.7%	11.7%	48
54 (Rheintal)	26.8%	26.4%	-205	52.4%	52.4%	48	12.6%	12.5%	-49	8.3%	8.7%	206
55 (Werdenberg)	27.7%	27.3%	-117	49.8%	50.0%	44	11.4%	10.9%	-148	11.1%	11.8%	220
56 (Sarganserland)	26.9%	26.1%	-281	53.2%	53.3%	18	11.0%	11.5%	182	9.0%	9.2%	81
57 (Linthgebiet)	25.7%	26.1%	194	51.5%	50.6%	-467	12.6%	12.7%	68	10.2%	10.6%	205
58 (Toggenburg)	27.7%	29.9%	635	55.8%	53.2%	-766	10.6%	10.5%	-25	5.9%	6.4%	156
59 (Wil)	25.9%	25.2%	-642	53.6%	53.5%	-80	13.0%	13.5%	443	7.5%	7.8%	279
60 (Chur)	23.7%	24.0%	146	52.0%	52.2%	73	12.7%	12.9%	188	11.6%	10.9%	-408
61 (Prättigau)	25.3%	25.4%	21	54.8%	56.3%	187	10.6%	10.3%	-45	9.3%	8.0%	-163
62 (Davos)	22.8%	24.3%	152	50.9%	50.4%	-53	12.4%	13.1%	77	13.8%	12.2%	-176
63 (Schanfigg)	21.6%	21.9%	13	60.6%	56.0%	-201	10.6%	11.3%	31	7.3%	10.8%	157
64 (Mittelbünden)	27.3%	27.0%	-22	52.1%	51.7%	-32	11.6%	10.8%	-75	9.0%	10.4%	130
65 (Viamala)	28.7%	28.7%	-6	55.1%	55.3%	27	10.7%	10.2%	-56	5.5%	5.8%	34
66 (Surselva)	32.0%	30.7%	-299	51.5%	52.3%	176	8.1%	8.2%	19	8.4%	8.8%	104
67 (Engiadina Bassa)	26.7%	26.2%	-40	54.8%	53.5%	-106	9.8%	10.2%	33	8.8%	10.1%	113
68 (Oberengadin)	24.6%	27.2%	586	53.8%	51.4%	-553	10.3%	11.1%	187	11.3%	10.3%	-220

Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl

69 (Mesolcina)	31.8%	34.2%	170	53.0%	50.5%	-178	8.7%	8.6%	-11	6.4%	6.7%	19
70 (Aarau)	25.1%	25.0%	-39	51.9%	51.5%	-773	13.6%	13.7%	270	9.5%	9.7%	542
71 (Brugg-Zurzach)	25.4%	24.7%	-471	51.8%	51.2%	-415	12.6%	12.8%	199	10.2%	11.2%	687
72 (Baden)	21.8%	21.8%	-39	47.3%	46.9%	-348	13.7%	14.3%	547	17.2%	17.1%	-158
73 (Mutschellen)	18.9%	19.4%	286	53.4%	53.0%	-211	15.7%	15.5%	-128	11.9%	12.0%	53
74 (Freiamt)	26.3%	26.0%	-184	54.1%	53.9%	-146	12.7%	13.0%	130	6.9%	7.2%	200
75 (Fricktal)	22.9%	22.7%	-114	53.5%	52.2%	-843	12.5%	13.4%	557	11.1%	11.7%	399
76 (Thurtal)	23.8%	24.3%	423	53.7%	52.7%	-724	13.9%	14.2%	223	8.7%	8.8%	76
77 (Untersee)	22.8%	22.2%	-308	50.7%	50.8%	87	12.7%	12.6%	-34	13.8%	14.3%	256
78 (Oberthurgau)	26.6%	26.2%	-192	53.3%	53.2%	-46	13.2%	13.0%	-105	7.0%	7.6%	345
79 (Tre Valli)	35.2%	35.9%	175	48.1%	47.4%	-165	9.2%	9.4%	62	7.6%	7.3%	-71
80 (Locarno)	29.3%	29.6%	173	47.6%	47.4%	-117	11.2%	11.4%	80	11.9%	11.7%	-136
81 (Bellinzona)	31.3%	30.8%	-227	45.9%	46.3%	176	10.3%	10.8%	190	12.5%	12.1%	-139
82 (Lugano)	26.9%	27.0%	155	44.0%	43.8%	-176	10.2%	10.3%	121	18.9%	18.8%	-100
83 (Mendrisio)	29.4%	29.4%	20	47.6%	47.0%	-328	9.2%	9.7%	252	13.8%	13.9%	56
84 (Lausanne)	30.7%	30.9%	452	35.9%	35.7%	-489	9.0%	9.1%	243	24.4%	24.3%	-207
85 (Morges)	24.9%	26.1%	787	39.7%	40.2%	313	12.0%	11.2%	-473	23.4%	22.5%	-627
86 (Nyon)	21.8%	22.2%	255	37.4%	37.7%	230	11.0%	10.4%	-370	29.8%	29.7%	-115
87 (Vevey)	27.6%	27.8%	93	40.2%	39.9%	-251	10.6%	10.7%	139	21.6%	21.6%	19
88 (Aigle)	36.6%	35.3%	-455	41.3%	41.9%	208	9.9%	9.8%	-19	12.3%	13.1%	266
89 (Pays d'Enhaut)	33.8%	33.5%	-15	46.1%	46.5%	17	9.7%	10.2%	17	10.4%	9.9%	-19
90 (Gros-de-Vaud)	26.2%	26.6%	182	48.4%	47.5%	-467	12.3%	12.5%	127	13.1%	13.4%	156
91 (Yverdon)	32.7%	33.3%	275	43.9%	44.3%	219	10.7%	9.9%	-417	12.7%	12.5%	-77
92 (La Vallée)	37.2%	35.6%	-154	45.8%	46.1%	24	8.6%	9.8%	114	8.4%	8.5%	15
93 (La Broye)	34.2%	34.8%	420	45.6%	45.3%	-199	10.1%	9.8%	-174	10.1%	10.1%	-46
94 (Goms)	32.2%	33.3%	49	51.0%	48.9%	-93	9.2%	9.4%	9	7.6%	8.4%	34
95 (Brig)	27.5%	26.2%	-299	51.9%	52.5%	143	8.7%	9.3%	137	12.0%	12.0%	18

Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl

96 (Visp)	29.5%	31.0%	491	54.7%	53.7%	-337	7.6%	8.0%	105	8.1%	7.4%	-260
97 (Leuk)	32.1%	34.6%	264	53.6%	48.4%	-557	7.1%	8.8%	181	7.1%	8.2%	112
98 (Sierre)	35.1%	35.2%	47	41.0%	40.9%	-43	10.5%	10.5%	27	13.4%	13.3%	-31
99 (Sion)	34.1%	34.2%	110	42.0%	42.3%	235	9.0%	9.2%	115	14.9%	14.3%	-461
100 (Martigny)	35.4%	36.3%	507	44.3%	43.3%	-560	10.0%	10.0%	-1	10.3%	10.4%	54
101 (Monthey)	34.5%	35.9%	595	46.6%	45.3%	-552	9.9%	9.7%	-76	9.0%	9.1%	33
102 (Neuchâtel)	28.0%	28.3%	275	42.3%	42.4%	82	11.6%	11.7%	135	18.1%	17.5%	-493
103 (La Chaux-de-Fonds)	37.3%	37.6%	170	43.0%	43.1%	74	10.0%	10.3%	165	9.7%	9.0%	-410
104 (Val-de-Travers)	35.4%	35.0%	-35	47.6%	47.8%	22	9.1%	9.3%	25	8.0%	7.8%	-12
105 (Genève)	30.8%	30.6%	-436	33.4%	32.6%	-2924	8.9%	8.9%	72	26.9%	27.8%	3289
106 (Jura)	33.4%	33.8%	257	47.6%	47.2%	-232	9.5%	9.2%	-171	9.6%	9.8%	145

Tab. 58 Validierung des Attributs "Stellung im Beruf"

indicator	position_in_bus_0			position_in_bus_1			position_in_bus_2			position_in_bus_3		
msreg key	SE	SynPop	SynPop - SE	SE	SynPop	SynPop - SE	SE	SynPop	SynPop - SE	SE	SynPop	SynPop - SE
1 (Zürich)	32.9%	32.3%	-1870	3.0%	3.1%	242	62.8%	63.4%	2054	1.4%	1.2%	-425
2 (Glattal-Furttal)	33.4%	32.3%	-1818	3.2%	3.2%	-3	60.6%	61.7%	1723	2.7%	2.8%	97
3 (Limmattal)	36.7%	35.6%	-854	3.3%	3.4%	72	57.5%	58.7%	874	2.5%	2.4%	-92
4 (Knonaueramt)	32.6%	32.6%	6	4.5%	4.5%	-11	59.8%	60.0%	54	3.1%	3.0%	-49
5 (Zimmerberg)	35.7%	36.2%	559	4.5%	4.5%	-4	57.5%	57.1%	-431	2.3%	2.2%	-124
6 (Pfannenstiel)	38.8%	39.0%	180	5.8%	5.7%	-57	53.5%	53.3%	-203	1.9%	2.0%	80
7 (Zürcher Oberland)	33.1%	33.8%	1006	2.8%	2.7%	-191	60.5%	60.5%	-54	3.6%	3.0%	-760
8 (Winterthur)	34.6%	34.8%	330	2.8%	2.7%	-183	59.9%	59.9%	106	2.7%	2.6%	-253
9 (Weinland)	32.7%	32.6%	-15	3.6%	3.5%	-14	59.8%	60.1%	67	3.9%	3.8%	-37

Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl

10 (Zürcher Unterland)	31.0%	31.8%	724	3.2%	2.8%	-410	62.9%	62.2%	-622	2.9%	3.3%	308
11 (Bern)	35.9%	35.6%	-619	2.7%	2.6%	-250	59.0%	59.4%	1016	2.4%	2.3%	-145
12 (Erlach-Seeland)	31.6%	32.0%	210	2.8%	3.1%	176	62.6%	61.7%	-378	3.1%	3.1%	-9
13 (Biel/Bienne)	41.3%	40.0%	-1101	3.0%	2.7%	-235	53.2%	55.0%	1482	2.6%	2.4%	-145
14 (Jura bernois)	40.2%	40.3%	20	3.6%	3.5%	-21	52.9%	53.4%	176	3.3%	2.8%	-175
15 (Oberraargau)	34.5%	35.7%	800	2.6%	2.5%	-63	59.6%	58.6%	-620	3.3%	3.1%	-116
16 (Burgdorf)	33.9%	34.0%	39	2.6%	2.1%	-335	59.6%	60.5%	526	3.8%	3.5%	-230
17 (Oberes Emmental)	32.1%	33.5%	274	2.6%	2.4%	-22	60.3%	59.8%	-121	5.0%	4.3%	-129
18 (Aaretal)	33.9%	34.3%	246	2.8%	3.5%	387	59.1%	58.8%	-192	4.2%	3.4%	-441
19 (Schwarzwasser)	33.0%	35.9%	411	4.0%	3.2%	-119	59.1%	57.9%	-166	3.9%	3.0%	-125
20 (Thun)	37.8%	37.1%	-642	2.4%	2.3%	-47	56.8%	57.4%	658	3.0%	3.1%	32
21 (Saanen-Obersimmental)	33.7%	34.0%	43	4.0%	4.0%	1	57.9%	58.2%	48	4.4%	3.8%	-93
22 (Kandertal)	36.8%	38.3%	190	3.1%	3.2%	13	54.1%	52.7%	-178	6.0%	5.8%	-25
23 (Oberland-Ost)	33.5%	33.7%	94	2.4%	2.7%	100	61.0%	60.7%	-89	3.2%	2.9%	-106
24 (Grenchen)	37.1%	36.5%	-158	3.1%	3.1%	8	57.3%	57.4%	35	2.6%	2.9%	114
25 (Laufental)	38.2%	37.8%	-163	2.7%	2.7%	18	55.6%	56.1%	218	3.5%	3.4%	-74
26 (Luzern)	35.1%	34.9%	-399	2.4%	2.5%	156	59.8%	60.0%	305	2.6%	2.6%	-62
27 (Sursee-Seetal)	30.0%	30.3%	216	3.3%	3.2%	-56	62.6%	63.2%	390	4.1%	3.3%	-550
28 (Willisau)	31.4%	31.0%	-206	3.1%	3.0%	-49	61.2%	62.1%	437	4.3%	3.9%	-181
29 (Entlebuch)	34.9%	34.8%	-13	3.0%	2.5%	-67	56.5%	57.9%	196	5.7%	4.8%	-116
30 (Uri)	37.3%	38.5%	374	2.6%	2.6%	1	56.8%	55.6%	-346	3.4%	3.3%	-29
31 (Innerschwyz)	33.1%	33.5%	233	3.5%	3.3%	-97	59.6%	59.7%	92	3.9%	3.5%	-229
32 (Einsiedeln)	34.6%	35.4%	147	3.9%	3.9%	-8	58.8%	57.3%	-293	2.6%	3.4%	155
33 (March-Höfe)	32.6%	32.2%	-280	4.8%	5.1%	149	60.0%	60.2%	141	2.6%	2.5%	-10
34 (Sarneraatal)	30.9%	31.5%	168	2.7%	3.3%	172	62.8%	62.0%	-230	3.6%	3.2%	-109
35 (Nidwalden)	34.0%	34.0%	13	3.2%	3.1%	-12	59.6%	59.8%	46	3.2%	3.1%	-47
36 (Glarner Unterland)	33.3%	33.8%	128	2.6%	3.0%	88	60.7%	60.1%	-142	3.4%	3.1%	-74

Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl

37 (Glarner Hinterland)	39.2%	39.3%	9	2.1%	2.4%	21	54.4%	54.2%	-17	4.3%	4.1%	-14
38 (Zug)	34.1%	33.9%	-192	4.3%	4.4%	53	59.2%	59.3%	126	2.4%	2.4%	12
39 (La Sarine)	37.3%	37.2%	-92	3.0%	3.2%	160	57.1%	56.7%	-307	2.6%	2.9%	239
40 (La Gruyère)	37.4%	35.3%	-840	3.4%	3.2%	-71	56.2%	58.5%	974	3.0%	2.9%	-62
41 (Sense)	33.2%	34.1%	312	2.7%	2.7%	-8	61.0%	60.2%	-282	3.1%	3.0%	-21
42 (Murten/Morat)	33.1%	33.5%	154	3.9%	4.1%	99	59.5%	59.1%	-163	3.4%	3.2%	-90
43 (Glâne-Veveyse)	33.7%	33.7%	-6	3.3%	3.4%	54	59.0%	59.1%	18	4.0%	3.8%	-66
44 (Olten)	35.0%	35.2%	149	2.4%	2.2%	-208	59.4%	59.7%	234	3.2%	2.9%	-175
45 (Thal)	38.1%	38.9%	95	3.2%	3.5%	39	54.7%	54.0%	-84	3.9%	3.5%	-49
46 (Solothurn)	34.4%	34.8%	309	2.6%	2.6%	29	59.8%	59.6%	-164	3.2%	3.0%	-174
47 (Basel-Stadt)	42.3%	41.5%	-1303	2.7%	2.8%	198	53.7%	54.3%	1105	1.3%	1.3%	-1
48 (Unteres Baselbiet)	42.7%	42.2%	-701	2.9%	2.8%	-185	52.5%	53.0%	738	2.0%	2.1%	148
49 (Oberes Baselbiet)	36.4%	37.7%	1029	2.8%	2.8%	36	57.3%	56.3%	-813	3.5%	3.1%	-252
50 (Schaffhausen)	36.6%	36.6%	26	3.3%	3.2%	-35	57.3%	57.3%	40	2.9%	2.8%	-31
51 (Appenzell A.Rh.)	33.9%	34.2%	154	3.2%	2.9%	-122	59.4%	59.6%	101	3.6%	3.3%	-132
52 (Appenzell I.Rh.)	33.2%	35.1%	211	3.2%	2.8%	-54	59.1%	58.1%	-118	4.4%	4.1%	-38
53 (St.Gallen)	36.5%	35.9%	-947	2.8%	2.8%	36	57.3%	58.3%	1592	3.4%	2.9%	-682
54 (Rheintal)	34.5%	34.5%	27	2.5%	2.6%	67	59.2%	59.4%	114	3.9%	3.5%	-209
55 (Werdenberg)	33.0%	33.9%	266	3.0%	3.1%	51	60.4%	59.7%	-211	3.7%	3.3%	-106
56 (Sarganserland)	34.1%	35.6%	535	2.5%	2.8%	116	59.9%	58.5%	-508	3.5%	3.1%	-142
57 (Linthgebiet)	33.8%	34.4%	271	3.1%	3.4%	183	59.9%	59.3%	-298	3.2%	2.9%	-156
58 (Toggenburg)	37.4%	39.0%	454	2.4%	2.6%	69	56.6%	55.0%	-480	3.6%	3.5%	-43
59 (Wil)	33.2%	33.2%	53	2.8%	3.1%	282	60.4%	60.0%	-314	3.7%	3.6%	-21
60 (Chur)	35.7%	35.4%	-230	3.1%	2.8%	-168	58.4%	59.3%	574	2.8%	2.5%	-174
61 (Prättigau)	35.5%	35.6%	14	3.6%	4.0%	52	56.0%	56.2%	23	4.8%	4.1%	-91
62 (Davos)	29.3%	27.4%	-207	4.3%	4.4%	5	64.2%	65.7%	162	2.1%	2.5%	38
63 (Schanfigg)	36.9%	29.4%	-333	2.2%	2.6%	15	57.6%	65.2%	339	3.4%	2.9%	-22

Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl

64 (Mittelbünden)	37.9%	34.6%	-315	3.0%	2.7%	-23	57.5%	60.7%	302	1.6%	2.0%	35
65 (Viamala)	37.0%	37.9%	97	3.1%	2.8%	-26	56.0%	55.5%	-53	3.9%	3.8%	-18
66 (Surselva)	37.5%	36.6%	-203	3.7%	3.7%	10	54.8%	56.6%	389	4.0%	3.1%	-196
67 (Engiadina Bassa)	35.3%	34.3%	-92	5.3%	4.6%	-62	57.4%	58.7%	115	2.0%	2.4%	39
68 (Oberengadin)	34.3%	33.5%	-193	5.6%	5.4%	-54	58.2%	59.2%	223	1.9%	2.0%	25
69 (Mesolcina)	44.8%	49.0%	303	6.1%	3.9%	-163	46.9%	45.1%	-129	2.1%	2.0%	-10
70 (Aarau)	34.4%	34.3%	-233	2.6%	2.6%	-71	59.9%	60.2%	729	3.1%	2.9%	-425
71 (Brugg-Zurzach)	35.9%	35.7%	-128	2.7%	2.7%	-17	58.0%	58.5%	379	3.4%	3.1%	-233
72 (Baden)	34.3%	34.4%	105	2.6%	2.4%	-204	60.8%	60.9%	107	2.3%	2.3%	-8
73 (Mutschellen)	33.3%	34.4%	616	3.8%	3.7%	-42	60.2%	59.2%	-569	2.7%	2.7%	-4
74 (Freiamt)	31.7%	31.9%	89	3.2%	3.3%	66	61.2%	61.3%	75	3.9%	3.5%	-230
75 (Fricktal)	35.0%	35.6%	401	2.9%	2.9%	-48	59.0%	58.7%	-202	3.1%	2.9%	-150
76 (Thurtal)	33.0%	32.6%	-297	3.0%	2.9%	-47	60.4%	61.0%	442	3.6%	3.5%	-98
77 (Untersee)	34.9%	35.0%	94	3.1%	3.3%	100	59.2%	59.2%	-18	2.8%	2.5%	-175
78 (Oberthurgau)	35.7%	36.4%	405	2.8%	3.0%	114	58.1%	57.4%	-431	3.4%	3.3%	-87
79 (Tre Valli)	49.2%	49.9%	186	3.8%	3.7%	-12	44.7%	44.3%	-101	2.3%	2.0%	-72
80 (Locarno)	47.7%	48.5%	444	5.2%	5.2%	-44	45.0%	44.4%	-337	2.1%	1.9%	-62
81 (Bellinzona)	47.2%	47.3%	21	4.1%	3.9%	-71	46.7%	46.8%	45	2.0%	2.0%	4
82 (Lugano)	46.9%	46.6%	-320	5.8%	5.9%	152	45.8%	46.0%	256	1.5%	1.4%	-89
83 (Mendrisio)	48.5%	48.4%	-54	5.8%	5.6%	-93	44.2%	44.4%	68	1.4%	1.6%	78
84 (Lausanne)	40.5%	39.4%	-2345	3.5%	3.5%	-17	53.9%	55.0%	2618	2.1%	2.0%	-255
85 (Morges)	37.2%	37.7%	384	5.3%	4.9%	-243	55.3%	55.0%	-166	2.3%	2.3%	25
86 (Nyon)	39.7%	39.3%	-291	6.1%	6.0%	-111	52.5%	53.2%	467	1.7%	1.6%	-64
87 (Vevey)	42.3%	42.2%	-56	4.5%	4.3%	-161	51.2%	51.6%	268	2.0%	2.0%	-50
88 (Aigle)	43.1%	40.8%	-807	3.5%	3.3%	-71	50.6%	53.1%	881	2.8%	2.8%	-1
89 (Pays d'Enhaut)	37.8%	42.4%	188	5.3%	5.4%	0.0%	53.7%	48.9%	-198	3.1%	3.3%	8
90 (Gros-de-Vaud)	33.6%	33.4%	-112	4.2%	4.2%	5	58.8%	59.2%	189	3.4%	3.2%	-82

Weiterentwicklung Flächennutzungsmodellierung: Wohnstandortwahl

91 (Yverdon)	41.2%	41.2%	22	3.7%	3.4%	-148	52.2%	52.5%	138	2.9%	2.9%	-12
92 (La Vallée)	40.6%	37.7%	-278	3.1%	4.1%	90	52.6%	54.2%	150	3.6%	4.0%	36
93 (La Broye)	36.6%	37.0%	279	3.7%	3.8%	116	56.2%	55.8%	-220	3.6%	3.3%	-176
94 (Goms)	42.8%	43.6%	36	3.1%	3.3%	8	51.9%	51.0%	-39	2.2%	2.1%	-6
95 (Brig)	40.3%	39.5%	-194	3.3%	3.4%	26	53.4%	54.0%	132	3.0%	3.1%	35
96 (Visp)	35.9%	34.4%	-501	3.4%	3.2%	-51	56.8%	58.9%	682	3.8%	3.4%	-129
97 (Leuk)	37.1%	38.4%	138	4.1%	4.2%	8	55.5%	53.8%	-188	3.2%	3.6%	41
98 (Sierre)	42.1%	42.3%	53	4.1%	4.8%	262	51.1%	50.6%	-210	2.6%	2.4%	-105
99 (Sion)	40.1%	39.8%	-164	3.5%	3.8%	237	53.7%	53.8%	88	2.7%	2.5%	-161
100 (Martigny)	38.7%	38.5%	-131	3.5%	3.6%	29	54.9%	54.7%	-100	2.9%	3.3%	202
101 (Monthey)	40.3%	39.8%	-242	2.9%	2.9%	-21	53.8%	54.6%	352	3.0%	2.7%	-89
102 (Neuchâtel)	40.6%	40.5%	-55	3.7%	3.6%	-49	53.6%	53.9%	249	2.1%	2.0%	-144
103 (La Chaux-de-Fonds)	42.7%	41.7%	-574	3.4%	3.5%	39	51.1%	52.1%	566	2.8%	2.7%	-32
104 (Val-de-Travers)	40.9%	43.0%	221	3.9%	3.3%	-62	51.6%	49.9%	-171	3.6%	3.8%	12
105 (Genève)	44.8%	43.8%	-3699	4.3%	4.2%	-531	49.5%	50.6%	4102	1.4%	1.4%	127
106 (Jura)	41.2%	41.2%	2	3.7%	3.6%	-80	51.9%	52.1%	101	3.2%	3.1%	-23

Tab. 59 Validierung des Attributs "Stellenprozente" (Mittelwert)

indicator	type_2		
msreg key	SE	SynPop	SynPop - SE
1 (Zürich)	54.2%	54.9%	0.7%
2 (Glattal-Furttal)	54.0%	55.2%	1.2%
3 (Limmattal)	50.5%	51.8%	1.4%
4 (Knonaueramt)	53.0%	53.1%	0.2%
5 (Zimmerberg)	51.6%	51.4%	-0.2%
6 (Pfannenstiel)	48.2%	48.3%	0.1%
7 (Zürcher Oberland)	53.1%	52.4%	-0.7%
8 (Winterthur)	51.8%	51.9%	0.2%
9 (Weinland)	52.3%	53.0%	0.7%
10 (Zürcher Unterland)	55.5%	55.6%	0.1%
11 (Bern)	49.6%	50.0%	0.4%
12 (Erlach-Seeland)	53.6%	53.3%	-0.3%
13 (Biel/Bienne)	46.2%	47.7%	1.6%
14 (Jura bernois)	47.8%	48.1%	0.3%
15 (Oberraargau)	51.3%	50.6%	-0.7%
16 (Burgdorf)	51.1%	51.1%	0.0%
17 (Oberes Emmental)	51.8%	50.3%	-1.5%
18 (Aaretal)	49.7%	50.0%	0.2%
19 (Schwarzwasser)	50.8%	48.1%	-2.7%
20 (Thun)	47.9%	49.0%	1.2%
21 (Saanen-Obersimmental)	50.7%	50.2%	-0.5%
22 (Kandertal)	48.0%	47.4%	-0.6%
23 (Oberland-Ost)	51.1%	51.1%	0.0%
24 (Grenchen)	51.7%	52.0%	0.3%
25 (Laufental)	47.5%	48.3%	0.8%
26 (Luzern)	50.9%	51.4%	0.5%
27 (Sursee-Seetal)	54.5%	54.4%	-0.1%
28 (Willisau)	52.6%	53.1%	0.4%
29 (Entlebuch)	47.7%	48.5%	0.9%

30 (Uri)	49.0%	48.3%	-0.7%
31 (Innerschwyz)	53.1%	52.6%	-0.6%
32 (Einsiedeln)	50.4%	50.2%	-0.2%
33 (March-Höfe)	54.8%	55.2%	0.4%
34 (Sarneraatal)	52.9%	52.7%	-0.2%
35 (Nidwalden)	52.7%	52.4%	-0.3%
36 (Glarner Unterland)	53.5%	53.0%	-0.5%
37 (Glarner Hinterland)	49.0%	49.3%	0.3%
38 (Zug)	52.6%	53.0%	0.4%
39 (La Sarine)	49.1%	49.4%	0.3%
40 (La Gruyère)	49.6%	51.4%	1.7%
41 (Sense)	51.9%	50.3%	-1.5%
42 (Murten/Morat)	53.4%	53.1%	-0.4%
43 (Glâne-Veveyse)	51.6%	52.1%	0.4%
44 (Olten)	51.2%	51.4%	0.2%
45 (Thal)	47.4%	47.5%	0.1%
46 (Solothurn)	52.0%	52.2%	0.2%
47 (Basel-Stadt)	44.6%	45.3%	0.7%
48 (Unteres Baselbiet)	45.1%	45.3%	0.2%
49 (Oberes Baselbiet)	49.7%	48.5%	-1.2%
50 (Schaffhausen)	49.9%	50.1%	0.2%
51 (Appenzell A.Rh.)	51.1%	51.2%	0.1%
52 (Appenzell I.Rh.)	51.7%	48.2%	-3.5%
53 (St.Gallen)	50.1%	50.8%	0.7%
54 (Rheintal)	52.4%	52.0%	-0.4%
55 (Werdenberg)	54.2%	54.2%	0.0%
56 (Sarganserland)	51.4%	50.8%	-0.6%
57 (Linthgebiet)	52.1%	51.6%	-0.4%
58 (Toggenburg)	47.6%	46.7%	-0.9%
59 (Wil)	52.8%	52.6%	-0.2%
60 (Chur)	50.5%	50.9%	0.4%
61 (Prättigau)	48.5%	48.1%	-0.4%
62 (Davos)	56.0%	58.0%	2.0%
63 (Schanfigg)	46.6%	55.8%	9.2%
64 (Mittelbünden)	46.6%	50.7%	4.1%

65 (Viamala)	48.3%	46.9%	-1.4%
66 (Surselva)	47.6%	47.0%	-0.7%
67 (Engiadina Bassa)	48.1%	50.1%	2.0%
68 (Oberengadin)	51.8%	53.3%	1.6%
69 (Mesolcina)	44.0%	40.3%	-3.7%
70 (Aarau)	52.3%	52.3%	0.0%
71 (Brugg-Zurzach)	50.2%	50.4%	0.2%
72 (Baden)	52.8%	52.9%	0.1%
73 (Mutschellen)	53.2%	52.6%	-0.6%
74 (Freiamt)	53.9%	53.9%	0.0%
75 (Fricktal)	51.4%	51.6%	0.2%
76 (Thurtal)	53.2%	53.9%	0.7%
77 (Untersee)	50.9%	50.9%	0.0%
78 (Oberthurgau)	50.7%	50.2%	-0.5%
79 (Tre Valli)	39.9%	39.7%	-0.2%
80 (Locarno)	41.1%	40.1%	-1.0%
81 (Bellinzona)	42.0%	41.9%	-0.1%
82 (Lugano)	42.4%	42.7%	0.3%
83 (Mendrisio)	40.8%	40.9%	0.1%
84 (Lausanne)	48.2%	49.2%	0.9%
85 (Morges)	50.9%	50.6%	-0.4%
86 (Nyon)	49.1%	49.8%	0.7%
87 (Vevey)	46.2%	46.4%	0.2%
88 (Aigle)	44.8%	47.3%	2.4%
89 (Pays d'Enhaut)	46.2%	44.8%	-1.4%
90 (Gros-de-Vaud)	53.0%	53.3%	0.2%
91 (Yverdon)	47.2%	47.2%	-0.1%
92 (La Vallée)	48.2%	50.9%	2.6%
93 (La Broye)	51.3%	51.0%	-0.3%
94 (Goms)	42.5%	42.1%	-0.4%
95 (Brig)	45.7%	46.9%	1.2%
96 (Visp)	50.4%	51.9%	1.6%
97 (Leuk)	48.9%	48.0%	-1.0%
98 (Sierre)	44.4%	45.1%	0.7%
99 (Sion)	47.3%	47.5%	0.2%

100 (Martigny)	48.6%	49.3%	0.8%
101 (Monthey)	47.2%	47.8%	0.6%
102 (Neuchâtel)	47.4%	47.2%	-0.2%
103 (La Chaux-de-Fonds)	45.9%	46.6%	0.7%
104 (Val-de-Travers)	46.1%	44.4%	-1.8%
105 (Genève)	44.4%	45.4%	1.0%
106 (Jura)	46.2%	46.6%	0.4%