

Einfluss nicht-verkehrlicher Variablen auf die Verkehrs- mittelwahl

Influence de variables sans rapport direct avec les transports sur le choix des moyens de déplacement

Influence of non-transport performance variables on mode choice

Zusammenfassung d, f, e

**büro widmer ag
Paul Widmer**

**IVT ETH Zürich
Kay W. Axhausen
Basil Schmid
Felix Becker**

**Universität Duisburg-Essen
Petra Stein**

**Forschungsauftrag SVI 2015/007 auf Antrag der Schweizerischen
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

Mai 2020

ZUSAMMENFASSUNG

Als nicht-verkehrliche Variablen werden in der vorliegenden Studie namentlich nicht direkt beobachtbare Werte und Einstellungen (latente Variablen) der Verkehrsteilnehmer sowie die Wechselwirkungen zwischen Wohnortwahl, Wahl des Mobilitätswerkzeugbesitzes und Verkehrsmittelwahl betrachtet. Nicht-verkehrliche Variablen, wie z.B. die soziodemographischen Eigenschaften Alter, Geschlecht und Einkommen der Verkehrsteilnehmer werden in bisherigen Verkehrsmittelwahlmodellen standardmässig berücksichtigt. Hier wird nun untersucht, wie sich die Berücksichtigung latenter Variablen und der Wechselwirkungen zwischen den Entscheidungsebenen Wohnortwahl, Mobilitätswerkzeugwahl und Verkehrsmittelwahl auf die geschätzten Modellparameter auswirken und wie sich diese von jenen bisheriger Verkehrsmittelwahlmodelle unterscheiden.

Die Sichtung der umfangreichen Literatur zum Einfluss von Werten und Einstellungen auf die Wahl des Wohnortes, den Mobilitätswerkzeugbesitz und die Verkehrsmittelwahl zeigte, dass in der vorliegenden Studie insbesondere die Selbstsektionseffekte bei der Wahl des Wohnortes sowie die Endogenität der Werte und Einstellungen in allen Entscheidungsebenen beachtet werden müssen.

Aufgrund der Ergebnisse der Literaturrecherche, durchgeführter Fokusgruppen sowie theoretischer und sachlogischer Überlegungen wurde ein Hypothesenmodell zu den Zusammenhängen zwischen den verkehrlichen und den nicht-verkehrlichen Variablen, der Wohnortwahl, der Wahl der Mobilitätswerkzeuge und der Verkehrsmittelwahl erstellt. Dieses Hypothesenmodell bildete die Grundlage für die Konzeption der Datenerhebung, insbesondere der Befragungsinstrumente, und für die zu schätzenden Entscheidungsmodelle.

Die Datenerhebung erfolgte mit einem von uns entworfenen Fragebogen. Die durch das Bundesamt für Statistik (BFS) gezogene Stichprobe umfasste Personen älter als 18 Jahre und gliederte sich in zwei Teilstichproben. Die erste Teilstichprobe umfasste Leute, welche innerhalb des letzten Jahres ihre Wohngemeinde gewechselt hatten, für die zweite bestand diesbezüglich keine Restriktion. Es wurden die soziodemographischen Attribute der Befragten, deren Mobilitätswerkzeugbesitz, psychometrische Statements zu Werten und Einstellungen sowie die Attribute typischerweise durchgeführter Wege abgefragt. Der Fragebogen war lang, so dass trotz aufwändiger Erinnerungsanrufe nur ein Rücklauf von 8.2% (total 825 vollständig ausgefüllten Fragebogen) erreicht werden konnte.

Die erhobenen Daten wurden mit Imputationen fehlender Werte bei den Einstellungsfragen sowie mit Raumstruktur- und Wegedaten aus vorhandenen Datenquellen ergänzt. Festgestellte Verzerrungen der Stichprobe gegenüber den Daten des Mikrozensus Mobilität und Verkehr wurden bei den Modellschätzungen mit entsprechenden Gewichtungen berücksichtigt. Die Erhebung der Werte und Einstellungen mittels der Verwendung von Statement-Batterien, welche anhand einer – in der Regel 5-stufigen – Likert-Skala zu beurteilen waren, lieferte plausible Mittelwerte.

Mittels Faktorenanalysen konnten aus den Antworten zu den oben genannten Itembatterien zehn latente Variablen zur Beschreibung der Werte und Einstellungen der Befragungsteilnehmer gewonnen werden. Für diese wurden in einer zusätzlichen Analyse simultan Mess- und Strukturmodelle geschätzt.

Schliesslich wurde, als Hauptergebnis der vorliegenden Studie, ein integrales Modell unter Berücksichtigung der latenten Variablen geschätzt, welches die Wohnort-, die Mobilitätswerkzeug- und die Verkehrsmittelwahl simultan abbildet. Dessen Parameter wurden mit jenen eines singulären Verkehrsmittelwahl-Modells verglichen. Auch wurden die Unterschiede beleuchtet, welche sich ergeben, wenn die latenten Variablen nicht berücksichtigt werden.

Die Wahl des Wohnortes wurde nicht direkt, sondern über dessen Erreichbarkeit – also als kontinuierliche Variable – modelliert. Dazu wurde ein linearer Regressionsansatz verwendet. Für die Modellierung des Mobilitätswerkzeugbesitzes wurden ÖV-Abonnemente und die ständige Verfügbarkeit eines Personenwagens berücksichtigt. Die beiden Entscheidungen wurden mit einem binären Mixed-Logit-Modell abgebildet und über eine Cholesky-Dekomposition verbunden. Für die Ver-

kehrsmittelwahl wurde ein multinomiales Mixed-Logit-Modell verwendet. Der Einfluss der Einstellungen wurde anhand der Faktorladungen aus der Faktorenanalyse sequenziell abgebildet.

Die Ergebnisse der Modellschätzungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Verknüpfung der Entscheidungsdimensionen Wohnortwahl, Mobilitätswerkzeugwahl und Verkehrsmittelwahl erlaubt die getrennte Beobachtung der direkten und indirekten Effekte. Statt zum Beispiel den totalen Effekt des Einkommens auf die Verkehrsmittelwahl zu betrachten, kann zwischen dem Effekt des Einkommens auf die Wohnortwahl, die Wahl der Mobilitätswerkzeuge und dem tatsächlichen, verbleibenden Effekt auf die Verkehrsmittelwahl unterschieden werden. Dies erlaubt zu unterscheiden, welchen Einfluss diverse Variablen haben, sollten der Mobilitätswerkzeugbesitz und/oder der Wohnort über einen bestimmten Zeitraum fixiert sein.
- Bisherige Modelle, welche die oben genannte Verknüpfung nicht berücksichtigen, liefern verzerrte Parameter für die kurz und mittelfristige Betrachtungen.
- Werden die längerfristigen Entscheidungen (Wohnort- und Mobilitätswerkzeugwahl) simultan berücksichtigt, ist der kurzfristige Effekt der Angebotsvariablen (wie z.B. Reisezeit und Umsteigevorgänge) auf die Verkehrsmittelwahl sichtbar abgeschwächt. Es ist davon auszugehen, dass mit den bisher üblichen SP-Experimenten bzw. kurzfristigen RP-Datensätzen zur Verkehrsmittelwahl (bei denen ein fixer Wohnort und Mobilitätswerkzeugbesitz angenommen werden) und den auf dieser Basis etablierten Verkehrsmittelwahlmodellen die Zeitkosten der Reisezeiteinsparungen (VTTS) überschätzt worden sind. Dies wiederum hätte direkte Folgen für die Ergebnisse beispielsweise von auf dieser Basis durchgeführten Kosten-Nutzen-Analysen.
- Die Berücksichtigung von Werten und Einstellungen der Verkehrsteilnehmer bei der Modellschätzung hat einen substantiellen Einfluss auf die resultierenden marginalen Wahrscheinlichkeitseffekte der soziodemographischen Variablen. Dies liegt unter anderem daran, dass die Einstellungen nicht unabhängig von den im Modell berücksichtigten soziodemographischen Variablen sind. Die Berücksichtigung von Einstellungen (latenten Variablen) im Modell erweist sich als vorteilhaft, da dies zu weniger verzerrten Schätzungen der Parameter beobachtbarer soziodemographischer Variablen führt.

Die Studie schliesst mit den folgenden Empfehlungen und Hinweisen für den weiteren Forschungsbedarf:

- Der gewählte Ansatz, im Modell für die Wohnortwahl anstelle von diskreten Alternativen die kontinuierliche Variable "Erreichbarkeit" zu wählen, ist neu. Für weitere Anwendungen dieses Ansatzes empfiehlt es sich, das hier verwendete Erreichbarkeitsmass zu erweitern, indem beispielsweise für den Wohnort auch die Erreichbarkeiten von Einkaufs- und Freizeitmöglichkeiten mitberücksichtigt werden. Für Pendlerwege sollte zusätzlich auch die Berücksichtigung der Wahl des Arbeitsortes resp. von dessen Erreichbarkeit geprüft werden.
- Aus Sicht der Autoren wäre es sicher aufschlussreich, die hier entwickelte Modellierungsstrategie auf die Daten des Schweizer Mikrozensus (MZMV) anzuwenden. Zwar gibt dieser keine Auskunft über den vorherigen Wohnort, jedoch ist die Stichprobengrösse deutlich höher.
- Im Hinblick auf zukünftige SP-Experimente zur Verkehrsmittelwahl sollte die Berücksichtigung aller drei Entscheidungsebenen Wohnort, Mobilitätswerkzeuge und Verkehrsmittelwahl geprüft werden. Auf der Basis solcher Daten simultan geschätzte drei-dimensionale Modelle dürften, wie die vorliegenden Studienergebnisse vermuten lassen, realistischere – tiefere – Werte für die Reisezeit liefern als ein-dimensionale Modelle.

RÉSUMÉ

Les variables non liées au trafic prises en compte dans cette étude sont notamment les valeurs et les attitudes (variables latentes) des voyageurs qui ne sont pas directement observables ainsi que les interactions entre le choix du lieu de résidence, le choix des outils de mobilité et le choix du mode de transport. Les variables non liées au transport, telles que les caractéristiques sociodémographiques de l'âge, du sexe et des revenus des usagers des transports, sont considérées comme standard dans les modèles précédents de choix de transport. Dans le cadre de ce projet, nous examinons comment la prise en compte des variables latentes et les interactions entre les niveaux de décision du choix du lieu de résidence, du choix des outils de mobilité et du choix du moyen de transport affectent les paramètres estimés du modèle et comment ils diffèrent de ceux des modèles précédents.

Une revue de la littérature abondante sur l'influence des valeurs et des attitudes sur le choix du lieu de résidence, la possession d'outils de mobilité et le choix du mode de transport a montré que dans la présente étude, une attention particulière doit être accordée aux effets d'auto-sélection ainsi qu'à l'endogénéité des valeurs et des attitudes à tous les niveaux de décision.

Sur la base des résultats de l'analyse documentaire, de groupes de discussion organisés et de considérations théoriques et logiques, un modèle d'hypothèse a été élaboré sur les relations entre les variables de trafic et les variables non liées au trafic, le choix du lieu de résidence, le choix des outils de mobilité et le choix du mode de transport. Ce modèle d'hypothèse a servi de base à la conception de la collecte de données, en particulier les instruments d'enquête, et à l'établissement des modèles de décision à estimer.

La collecte de données s'est faite sur la base d'un questionnaire détaillé. L'échantillon établi par l'Office fédéral de la statistique (OFS) comprenait des personnes de plus de 18 ans et a été divisé en deux sous-échantillons. Le premier sous-échantillon comprenait les personnes qui avaient changé de commune de résidence au cours de l'année précédente, alors qu'il n'y avait aucune restriction pour le second. Les attributs sociodémographiques des répondants, leur possession d'outils de mobilité, les déclarations psychométriques sur les valeurs et les attitudes ainsi que les attributs des voyages typiques ont été inclus dans l'enquête. Le questionnaire était probablement trop long, c'est pourquoi seulement 8,2 % (825 questionnaires complets retournés) des répondants ont répondu malgré de nombreux rappels.

Les données recueillies ont été complétées par des imputations de valeurs manquantes dans les questions sur les attitudes ainsi que par des données sur la structure spatiale et les voyages provenant de sources de données existantes. Les distorsions observées de l'échantillon par rapport aux données du microrecensement sur la mobilité et le transport ont été prises en compte dans les estimations du modèle avec les pondérations correspondantes. La collecte de valeurs et d'attitudes au moyen de batteries de relevés, qui devaient être évaluées sur la base d'une échelle de Likert – généralement en 5 étapes –, a fourni des résultats plausibles, comme on a pu le conclure à partir de l'analyse des valeurs moyennes des réponses.

Grâce à des analyses factorielles, dix variables latentes ont pu être obtenues à partir des réponses aux batteries d'énoncés mentionnées ci-dessus pour décrire les valeurs et les attitudes des participants à l'enquête. Pour celles-ci, des modèles de mesure et de structure simultanés ont été estimés dans le cadre d'une analyse supplémentaire.

Enfin, comme principal résultat de la présente étude, un modèle intégré a été estimé, prenant en compte les variables latentes, qui intègre simultanément le choix du lieu de résidence, les outils de mobilité et les modes de transport. Les paramètres de ce modèle ont été comparés à ceux de modèles de choix indépendants. En outre, les différences par rapport aux modèles qui n'incluaient pas de variables latentes liées aux attitudes et aux valeurs ont été examinées.

Le choix du lieu de résidence n'a pas été modélisé directement, mais via son accessibilité - c'est-à-dire comme une variable continue. Une approche de régression linéaire a été utilisée à cette fin. Les abonnements aux transports publics et la disponibilité permanente d'une voiture particulière

ont été pris en compte pour la modélisation de la possession d'un outil de mobilité. Les deux décisions ont été modélisées à l'aide d'un modèle binaire à logits mixtes et reliées par une décomposition de Cholesky. Un modèle multinomial à logits mixtes a été utilisé pour le choix du mode de transport. L'influence des attitudes a été estimée de manière séquentielle en utilisant les charges factorielles de l'analyse factorielle.

Les résultats des estimations du modèle peuvent être résumés comme suit :

- La modélisation conjointe des dimensions décisionnelles du choix du lieu de résidence, du choix de l'outil de mobilité et du choix des modes de transport permet d'observer séparément les effets directs et indirects des variables sociodémographiques. Par exemple, l'effet total du revenu sur le choix du mode de transport peut ainsi être séparé en son effet sur le lieu de résidence, les outils de mobilité et l'effet réel, résiduel, sur le choix du mode de transport. Cela permet d'effectuer des analyses qui supposent que le lieu de résidence ou les outils de mobilité sont fixés pour une certaine période.
- Les modèles précédents, qui ne tiennent pas compte des interdépendances susmentionnées, fournissent des paramètres faussés pour le court et le moyen terme.
- Si les décisions à plus long terme (choix du lieu de résidence et outil de mobilité) sont considérées simultanément, l'effet à court terme des variables d'offre (telles que le temps de déplacement et les transferts) sur le choix du mode de transport est visiblement affaibli. On peut supposer que les valeurs des économies de temps de déplacement (VTTS) ont été surestimées avec les expériences SP habituelles (ou les ensembles de données RP à court terme) sur le choix du mode (en supposant un lieu de résidence fixe et la possession d'un outil de mobilité). Cela aurait à son tour des conséquences directes sur les résultats, par exemple, des analyses coûts-bénéfices réalisées sur cette base.
- La prise en compte des valeurs et des attitudes des usagers des transports dans l'estimation du modèle a une influence substantielle sur les effets de probabilité marginale des variables sociodémographiques qui en résultent. Cela s'explique en partie par le fait que les attitudes ne sont pas indépendantes des variables sociodémographiques prises en compte dans le modèle. L'inclusion des attitudes (variables latentes) dans le modèle s'avère avantageuse car elle conduit à des estimations moins biaisées des paramètres des variables sociodémographiques observables.

L'étude se termine par les recommandations et les indications suivantes pour les besoins de recherche ultérieurs :

- L'approche choisie, qui consiste à utiliser la variable continue d'accessibilité au lieu d'alternatives discrètes dans le modèle pour le choix du lieu de résidence, est nouvelle. Pour d'autres applications de cette approche, il est conseillé d'étendre la mesure d'accessibilité utilisée ici, par exemple en prenant en compte l'accessibilité des commerces et des loisirs pour le lieu de résidence. Pour les trajets domicile-travail, il convient également de prendre en considération le choix du lieu de travail et son accessibilité.
- Selon les auteurs, il serait certainement judicieux d'appliquer la stratégie de modélisation développée ici aux données du microrecensement suisse (MZMV). Bien que celui-ci ne fournisse aucune information sur le lieu de résidence précédent, la taille de l'échantillon est nettement plus importante.
- En ce qui concerne les futures expériences SP sur le choix du mode de transport, il convient d'examiner les trois niveaux de décision – lieu de résidence, outils de mobilité et choix du mode de transport. Sur la base de ces données, les modèles tridimensionnels estimés simultanément devraient, comme le suggèrent les résultats des études disponibles, fournir des valeurs plus réalistes – plus faibles – pour le temps de déplacement que les modèles unidimensionnels.

SUMMARY

Non-traffic variables considered in this study are namely values and attitudes (latent variables) of travelers that are not directly observable as well as the interactions between choice of place of residence, choice of mobility tools and choice of transport mode. Non-transport variables, such as the socio-demographic characteristics of age, gender and income of transport users, are considered as standard in previous transport choice models. Within the scope of this project, we examine how the consideration of latent variables and interactions between the decision-making levels of choice of place of residence, choice of mobility tools and choice of transport mode affect the estimated model parameters and how they differ from those of previous transport choice models.

A review of the extensive literature on the influence of values and attitudes on the choice of place of residence, the possession of mobility tools and the choice of transport mode showed that in the present study particular attention must be paid to the self-selection effects on the choice of place of residence as well as the endogeneity of values and attitudes on all levels of decision making.

Based on the results of the literature review, focus groups conducted, and theoretical and logical considerations, a hypothesis model was developed on the relationships between both traffic and non-traffic variables, the choice of place of residence, the choice of mobility tools, and the choice of transport mode. This hypothesis model formed the basis for the design of the data collection, especially the survey instruments, and the establishment of the decision models to be estimated.

The data collection was based on an extensive questionnaire. The sample drawn by the Federal Statistical Office (FSO) included persons over 18 years of age and was divided into two subsamples. The first sub-sample included people who had changed their municipality of residence within the last year, while there was no restriction for the second. The socio-demographic attributes of the respondents, their possession of mobility tools, psychometric statements on values and attitudes as well as the attributes of typical trips were included in the survey. The questionnaire was probably too long, which is why only 8.2% (total of 825 completed questionnaires returned) of the respondents responded despite extensive reminder calls.

The collected data were supplemented with imputations of missing values in the attitude questions as well as with spatial structure and trip data from existing data sources. Observed distortions of the sample compared to the data of the microcensus on mobility and transport were taken into account in the model estimates with corresponding weightings. The collection of values and attitudes by means of statement batteries, which were to be assessed on the basis of a - usually 5-step - Likert scale, provided plausible results, as could be concluded from the analysis of the mean values of the answers.

Using factor analyses, ten latent variables could be obtained from the answers to the item batteries mentioned above to describe the values and attitudes of the survey participants. For these, simultaneous measurement and structural models were estimated in an additional analysis.

Finally, as the main result of the present study, an integrated model was estimated, taking into account the latent variables, which simultaneously incorporates the choice of place of residence, mobility tools and transport modes. The parameters of this model were compared with those of independent choice models. In addition, the differences to models that did not include latent variables related to attitudes and values were examined.

The choice of the place of residence was not modelled directly, but via its accessibility - i.e. as a continuous variable. A linear regression approach was used for this purpose. Public transport subscriptions and the permanent availability of a passenger car were considered for the modelling of mobility tool ownership. The two decisions were modelled with a binary mixed-logit model and connected by a Cholesky decomposition. A multinomial mixed-logit model was used for the choice of transport mode. The influence of the attitudes was estimated sequentially using the factor loads from the factor analysis.

The results of the model estimates can be summarized as follows:

- The joint modeling of the decision dimensions of choice of place of residence, choice of mobility tool and choice of transport modes allows for the separate observation of direct and indirect effects of sociodemographic variables. For example, the total effect of income on mode choice can thus be separated into its effect on the place of residence, mobility tools and the actual, remaining effect on mode choice. This allows for analyses that assume that the place of residence or mobility tools are fixed for a certain period.
- Previous models, which do not consider the above-mentioned interdependencies, provide distorted parameters for the short and medium term.
- If longer-term decisions (choice of residence and mobility tool) are considered simultaneously, the short-term effect of supply variables (such as travel time and transfers) on the choice of transport mode is visibly weakened. It can be assumed that the values of travel time savings (VTTS) have been overestimated with the usual SP experiments (or short term RP-datasets) on mode choice (assuming a fixed place of residence and mobility tool ownership). This in turn would have direct consequences for the results of, for example, cost-benefit analyses carried out on this basis.
- The consideration of values and attitudes of transport users in the model estimation has a substantial influence on the resulting marginal probability effects of the socio-demographic variables. This is partly because attitudes are not independent of the sociodemographic variables considered in the model. The inclusion of attitudes (latent variables) in the model proves to be advantageous as it leads to less biased estimates of the parameters of observable socio-demographic variables.

The study concludes with the following recommendations and pointers for further research needs:

- The chosen approach of using the continuous variable "accessibility" instead of discrete alternatives in the model for the choice of place of residence is new. For further applications of this approach, it is advisable to extend the accessibility measure used here, for example by taking into account the accessibility of shopping and leisure facilities for the place of residence. For commuter routes, consideration of the choice of work location and its accessibility should also be examined.
- In the authors' view, it would certainly be insightful to apply the modelling strategy developed here to the data of the Swiss Microcensus (MZMV). Although this does not provide any information on the previous place of residence, the sample size is significantly larger.
- With regard to future SP experiments on transport mode choice, consideration of all three decision-making levels - place of residence, mobility tools and transport mode choice - should be examined. Based on such data, simultaneously estimated three-dimensional models should, as the available study results suggest, provide more realistic - lower - values for travel time than one-dimensional models.