

Einfluss des Parkierungs- angebotes auf das Verkehrsverhalten und den Energieverbrauch

**Influence de l'offre en stationnement
sur le comportement et la consommation d'énergie**

**Effects of Parking Supply on Travel Behavior
and Energy Consumption**

Zusammenfassung d, f, e, i

**büro widmer ag
Paul Widmer
Thomas Buhl**

**TransOptima GmbH
Milenko Vrtic
Claude Weis (ab 05/2012)**

**IVT ETH Zürich
Claude Weis (bis 04/2012)
Lara Montini
Kay W. Axhausen**

**Forschungsprojekt SVI 2008/002 auf Antrag der Schweizerischen
Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI)**

November 2016

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Forschungsarbeit wurden in einer Hauptstudie und in einer Projekterweiterung Modellansätze geschätzt, mit welchen die Auswirkungen geplanter Änderungen des Parkierungsangebotes auf das alltägliche Verkehrsverhalten (hier: Wahl des Parkplatzes, Zielwahl und Verkehrsmittelwahl) für verschiedene Wegezwecke und räumliche Kontexte prognostiziert werden können.

Als Grundlage für die Modellschätzungen wurden Revealed Preference- (RP-) und Stated Preference- (SP-) Befragungen durchgeführt. In den RP-Befragungen wurden neben den soziodemographischen Kennwerten die Daten zu durchgeführten Arbeits-, Freizeit- und Einkaufswegen erhoben. In der Hauptstudie wurde zusätzlich auch nach der üblicherweise angewandten Strategie bei der Parkplatzsuche gefragt. Ein Grossteil der Befragten fährt immer direkt in ein Parkhaus während ca. ein Drittel mehrere bekannte Parkmöglichkeiten nacheinander abfährt bis ein freier Parkplatz gefunden ist.

Die SP-Befragungen umfassten Experimente zu folgenden Wahlsituationen (in Klammern sind jeweils die zur Wahl stehenden Alternativen angegeben):

- Wahl des Parkplatzes (zwei Standorte sowie Abbruch der Suche)
- Wahl des Zielortes (zwei Zielorte sowie Abbruch der Fahrt)
- Wahl des Verkehrsmittels (Auto, ÖV, Velo, zu Fuss)
- Wahl des Arbeitsplatzes (bisheriger, neuer Arbeitsplatz)¹

Die Projekterweiterung hatte zum Hauptziel, den Einfluss der in der Hauptstudie verwendeten, bezüglich soziodemographischer Daten gegenüber den Daten des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010 verzerrten, Stichprobe auf die Parameter der geschätzten Modellansätze zu untersuchen. Da in der Hauptstudie alle die Selektivität beeinflussenden Variablen in die Modellschätzung eingeflossen waren, konnte erwartet werden, dass die Verzerrung der Stichprobe keinen massgeblichen Einfluss auf deren Ergebnisse hatte. Dies konnte mit der Projekterweiterung, für welche eine unverzerrte Stichprobe verwendet wurde, bestätigt werden.

In der Hauptstudie konnten 1'043 Personen, in der Projekterweiterung 1'275 Personen befragt werden. Mit jeder Person wurden je zwei der oben genannten SP-Experimente durchgeführt. Mit den gewonnenen Daten wurden für jede Wahlsituation einzeln sowie kombiniert für die Parkplatz-, Ziel- und Verkehrsmittelwahl diskrete Entscheidungsmodelle (Multinomiale Logit Modelle) geschätzt. Für die Nutzenfunktionen wurden sowohl lineare als auch nicht lineare Zusammenhänge zwischen den einzelnen Attributen angenommen. In der Hauptstudie gelangte für das Modell zur Wahl des Arbeitsplatzes auch ein Mixed Logit Ansatz zur Anwendung.

Die geschätzten Modelle bestätigen, dass der Einfluss von Änderungen des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten nicht nur von diesen selbst, sondern auch von verschiedenen weiteren Attributen des Verkehrsangebotes (insb. alternative Parkierungsmöglichkeiten sowie ÖV- und LV-Angebote), von der relativen Attraktivität (z.B. Preisniveau, Preis-/Leistungsverhältnis) der möglichen Zielorte sowie von den Eigenschaften des Autofahrers (Einkommen, Besitz von Mobilitätswerkzeugen usw.) abhängt.

Bei der Parkplatzwahl spielen die Such- und die Abgangszeit² eine wichtige Rolle. Sie werden insbesondere im Einkaufsverkehr deutlich negativer bewertet als die reine Fahrtzeit. Bei längeren Parkdauern steigt die Zahlungsbereitschaft für Parkgebühren. Generell werden offene Parkplätze und Parkgaragen gegenüber dem Parkieren am Strassenrand bevorzugt. Insgesamt reagiert die Parkplatznachfrage unelastisch auf Veränderungen der Abgangszeit, der Fahrtzeit, der Suchzeit und der Parkgebühren.

¹ Die SP-Befragungen zur Wahl des Arbeitsplatzes wurden nur in der Hauptstudie durchgeführt.

² Gehzeit vom und zum Parkplatz

Für die Zielwahl im Freizeit- und Einkaufsverkehr spielt die Abgangszeit eine geringere Rolle als bei der Parkplatzwahl. Mit zunehmender Dauer der geplanten Aktivität am Zielort wird die Parkplatzsuchzeit weniger negativ bewertet. Neben dem Parkierungsangebot ist die Attraktivität (Preis/Leistungsverhältnis) eines Zielortes im Vergleich zu den konkurrierenden Zielorten eine wichtige Einflussgrösse für die Zielwahl.

Bei der Verkehrsmittelwahl sind die Abgangszeit (mehr als doppelt so negativ bewertet wie die Fahrtzeit), die Parkkosten (bis zum Faktor 1.5 negativer bewertet wie die Fahrkosten) und die Parksuchzeit (um den Faktor 1.3 negativer bewertet wie die Fahrtzeit) wichtige erklärende Variablen. Ganz entscheidend ist aber auch der Besitz von Mobilitätswerkzeugen, hier insbesondere eines GA: GA-Besitzer wechseln bei verschlechtertem Parkierungsangebot viel eher auf den ÖV als Personen ohne GA.

Im kombinierten Parkplatz-, Ziel- und Verkehrsmittelwahlmodell sind die relativen Bewertungen der einzelnen Angebotsvariablen sowie der Einfluss des GA-Besitzes in etwa gleich wie bei den Einzelmodellen. Zudem zeigt sich, dass die Bewertungen der Zeit- und Kostenvariablen vom Einkommen abhängig sind.

Im Modell zum längerfristigen Entscheid betr. Wechsel des Arbeitsplatzes zeigt sich, dass primär das am neuen Arbeitsplatz im Vergleich zum bisherigen erzielbare Einkommen bestimmend ist. Wichtig sind auch die Reisezeiten und -kosten sowie ein vom Arbeitgeber zur Verfügung gestelltes GA. Demgegenüber sind die Verfügbarkeit eines Parkplatzes oder eines Firmenwagens von untergeordneter Bedeutung.

Zur Austestung und Demonstration der praktischen Anwendbarkeit wurde das kombinierte Modell in das bestehende Gesamtverkehrsmodell des Kantons Zürich eingebaut und dieses für drei Planfälle mit fiktiven Änderungen des Parkierungsangebotes (höhere Parksuchzeiten und/oder höhere Parkgebühren) in Winterthur angewendet. Die mit dem Modell berechneten Änderungen des Verkehrsaufkommens und die Verschiebungen des Modal Split sind plausibel und von der erwarteten Grössenordnung. Die angenommenen Änderungen des Parkierungsangebotes beschränken sich auf die Stadt Winterthur. Hier ergibt sich eine spürbare Reduktion des Verkehrsaufkommens im MIV. Ausserhalb von Winterthur sind Veränderungen als Folge der Zielwahleffekte aber deutlich kleiner.

Neben den Modellparametern werden im Forschungsbericht auch die aus diesen abgeleiteten Zahlungsbereitschaften und Elastizitäten ausführlich dokumentiert und deren Anwendbarkeit beschrieben.

Für die Abschätzung der Auswirkungen des Parkierungsangebotes auf den Energieverbrauch bilden die Modellschätzungen wichtige Vorarbeiten. Erst diese erstellten Modelle und deren Integration in ein Verkehrsmodell gestatten es, zuerst die Veränderungen der Verkehrsbelastungen und darauf basierend die Veränderungen des Energieverbrauchs (und der CO₂-Emissionen) als Folge von Änderungen des Parkierungsangebotes abzuschätzen.

In der Hauptstudie wurde am Fallbeispiel Winterthur demonstriert, wie mit den vom Verkehrsmodell berechneten Verkehrsbelastungen und den in der Literatur dokumentierten Emissionsfaktoren die Auswirkungen auf den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen ermittelt werden können. Die Ergebnisse führen zur Empfehlung, dass wenn mit einer Parkplatzbewirtschaftung eine massgebliche Reduktion des Energiebedarfs und der CO₂-Emissionen erzielt werden soll, die Massnahmen möglichst flächendeckend einzuführen sind und ein attraktives ÖV- und LV-Angebot vorhanden sein muss.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Auswirkungen von Änderungen des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten vom Kontext (z.B. Fahrtzweck, ÖV-Angebot, relative Attraktivität alternativer Zielorte, usw.) und natürlich von den Ausprägungen der Veränderungen abhängen. Allgemein gültige Aussagen zur Wirkung von Parkplatzbewirtschaftungs-Massnahmen sind nicht möglich und aus fachlicher Sicht nicht zulässig. Die Ergebnisse der Forschungsarbeit bestätigen aber, dass im Einzelfall die Parkplatzbewirtschaftung durchaus als Instrument zur Beeinflussung des Verkehrsverhaltens, insbesondere auch der Verkehrsmittelwahl, eingesetzt werden kann.

Als Hauptergebnis der vorliegenden Forschungsarbeit liegen erstmals für die Schweiz gültige Modelle vor, welche es gestatten, kontextspezifisch den Einfluss von Änderungen des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten und darauf basierend auf den Energieverbrauch zu quantifizieren. Damit können für die Bewertung und die Diskussion von Parkraumbewirtschaftungs-Massnahmen objektive Grundlagen bereitgestellt werden.

RÉSUMÉ

Dans la présente recherche, constituée de l'étude principale et d'une extension du projet, des formulations de modélisation ont été estimées avec lesquelles peut être pronostiquée l'influence des modifications envisagées au niveau de l'offre en stationnement sur le comportement à court terme (choix de la place de stationnement, choix de la destination et choix du moyen de transport) pour différents motifs de déplacement et différentes situations spatiales.

Comme bases pour les estimations de modèles, des enquêtes de préférences constatées (ou Revealed Preference RP) et déclarées (ou Stated Preference SP) ont été effectuées. Dans les enquêtes RP, les stratégies utilisées normalement dans la recherche d'une place de stationnement ont été collectées en plus des caractéristiques sociodémographiques et des données sur les déplacements effectués pour le travail, les loisirs et les achats.

Dans l'étude principale, les questions ont aussi porté sur les stratégies appliquées habituellement dans la recherche d'une place de stationnement. Une grande partie des personnes interrogées va directement dans un parking tandis qu'environ un tiers passe par plusieurs endroits connus avec des possibilités de stationnement jusqu'à ce qu'il trouve une place libre.

Les enquêtes SP ont porté sur des situations face aux choix suivants (les variantes à disposition sont chaque fois indiquées entre parenthèses):

- Choix de la place de stationnement (deux endroits ainsi qu'interruption de la recherche)
- Choix de la destination (deux destinations ainsi qu'interruption du déplacement)
- Choix du moyen de transport (auto, transports publics, vélo, marche)
- Choix de la place de travail (pas de changement, nouvelle place de travail)³

L'extension du projet avait pour principal objectif d'examiner l'influence de l'échantillon utilisé dans l'étude principale, échantillon distordu par rapport aux caractéristiques sociodémographiques du micro-recensement transport de 2010, sur les paramètres des modèles estimés. Comme lors de l'étude principale toutes les variables influençant la sélectivité étaient prises en compte, on pouvait s'attendre à ce que cette distorsion de l'échantillon n'ait pas d'influence prépondérante sur les résultats des estimations de modèles. Cela a été confirmé par l'extension du projet qui a utilisé un échantillon sans distorsion.

1'043 personnes ont pu être interrogées dans l'étude principale et 1'275 dans l'extension du projet. Chacune d'entre elle a été confrontée à deux des situations SP mentionnées ci-dessus. Les données obtenues ont permis d'estimer des modèles discrets de décision (modèles logit multinomial) pour chaque situation seule ainsi que combinée pour le choix de la place de stationnement, celui de la destination et celui du moyen de transport. Les fonctions d'utilité envisagées ont été des combinaisons aussi bien linéaires que non linéaires des variables. Pour le choix de la place de travail, une formulation logit mixte a aussi été utilisée.

Les modèles estimés confirment que l'influence de modifications au niveau de l'offre en stationnement sur le comportement ne dépend pas seulement de cette offre, mais aussi des différentes autres variables de transport (en particulier des autres possibilités de stationnement de même que de l'offre des transports publics et de la mobilité douce), de l'attractivité relative des autres destinations possibles (p. ex. niveau des prix, rapport prix/prestations) ainsi que des caractéristiques du conducteur (revenu, possession d'instruments de transport etc.).

Les temps de recherche et d'accès⁴ jouent un rôle important lors du choix de la place de stationnement. En particulier pour les achats, ils sont considérés comme nettement plus négatifs que le seul temps de parcours. La disposition à payer le parking augmente avec les durées de stationnement. D'une manière générale, les parkings à ciel ouvert ou fermés sont préférés au stationne-

³ Les enquêtes SP sur le choix de la place de travail n'ont été exécutées que dans l'étude principale.

⁴ Temps entre la place de stationnement et la destination finale

ment le long des rues. Dans l'ensemble, la demande en stationnement réagit de manière inélastique aux modifications des temps d'accès, de parcours et de recherche ainsi que du coût.

Lors des choix de la destination pour les loisirs et les achats, le temps d'accès joue un rôle moindre que lors du choix de la place de stationnement. Le temps de recherche d'une place est moins considéré comme négatif avec l'augmentation de la durée prévue de l'activité à destination. L'attractivité d'une destination (rapport prix/prestations) est, à côté de l'offre en stationnement, un important facteur de choix en comparaison avec les destinations en concurrence.

Lors du choix du moyen de transport, le temps d'accès (considéré comme plus que doublement négatif que le temps de parcours), les coûts du stationnement (considérés jusqu'à 1,5 fois plus négatif que les coûts de parcours) et le temps de recherche d'une place (considéré 1,3 fois plus négatif que le temps de parcours) sont les plus importantes variables explicatives. La possession d'instruments de transport est aussi résolument décisive, en particulier ici celle d'un abonnement général de transports publics (AG): les personnes qui en possèdent un passent bien plus facilement aux transports publics que celles qui n'en ont pas lors d'une péjoration de l'offre en stationnement.

Dans le modèle combinant les choix de la place, de la destination et du moyen de transport, les évaluations relatives de chacune des variables de l'offre ainsi que l'influence de la possession d'un AG sont à peu près les mêmes que dans les modèles individuels. En outre, les évaluations des variables de temps et de coûts se révèlent dépendantes du revenu.

Dans le modèle de décision à long terme concernant le changement de la place de travail, c'est d'abord le revenu à la nouvelle place par rapport à l'actuelle qui se révèle déterminant. Les temps et les coûts de déplacement ainsi que la mise à disposition d'un AG par l'employeur sont aussi importants. En revanche, la disponibilité d'une place de stationnement ou une voiture de fonction sont d'une importance secondaire.

Pour tester et démontrer l'applicabilité pratique, le modèle combiné a été implanté dans le modèle des transports existant du canton de Zurich et utilisé pour simuler trois cas de modifications fictives de l'offre en stationnement à Winterthur (temps de recherche et/ou coûts plus élevés). Les changements de la demande en déplacements et les glissements de la répartition modale sont plausibles et d'un ordre de grandeur attendu. Les modifications admises pour l'offre en stationnement se limitent à la ville de Winterthur, dans laquelle elles provoqueraient une diminution sensible de la demande en transports individuels motorisés. En dehors de Winterthur, les évolutions suite aux effets du choix des destinations sont cependant nettement plus faibles.

A côté des paramètres du modèle, le rapport de recherche documente aussi en détail les dispositions à payer et les élasticités qui en découlent et il décrit leur applicabilité

Pour l'évaluation des effets de l'offre en stationnement sur la consommation d'énergie, les estimations issues de modèles sont des préalables importants. En effet, seules les formulations élaborées et leur intégration dans un modèle de transport permettent d'estimer d'abord l'évolution des volumes de trafic puis, à partir de là, celle de la consommation d'énergie (et des émissions CO₂) à la suite des modifications de l'offre en stationnement.

L'exemple de Winterthur a démontré, dans l'étude principale, comment les effets sur la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ pouvaient être établis à partir des volumes de trafic calculés par le modèle et des facteurs d'émission documentés dans les publications. Les résultats aboutissent à recommander que, si une diminution sensible de la consommation d'énergie et des émissions de CO₂ doit être obtenue par une gestion du stationnement, les mesures doivent être introduites si possible sur un large territoire et qu'une offre attrayante pour les transports publics et la mobilité douce doit exister.

Les résultats de la recherche montrent que les effets de modifications à l'offre de stationnement sur le comportement en matière de déplacement dépendent du contexte (p. ex. motif de déplacement, offre en transports publics, attractivité relative d'autres destinations etc.) et naturellement des caractéristiques de ces modifications. Des déductions de portée générale sur l'effet de la

gestion du stationnement ne sont ni possibles ni admissibles d'un point de vue technique. Les résultats de la recherche confirment cependant que, dans certains cas, la gestion du stationnement peut tout à fait être utilisée pour influencer le comportement en matière de déplacements et plus particulièrement le choix du moyen de transport.

Le principal résultat de la présente recherche est d'avoir, pour la première fois en Suisse, des modèles valables qui permettent de quantifier l'influence de modifications de l'offre en stationnement sur le comportement et, à partir de là, sur la consommation d'énergie. Des bases objectives peuvent ainsi être mises à disposition pour l'évaluation et la discussion de mesures concernant la gestion du stationnement.

SUMMARY

This project, consisting of a main and an extension study, estimated models for the prediction of the impacts of changes in parking supply on daily travel behavior for different trip purposes and spatial contexts. The behavioral dimensions considered are:

- choice of parking location and type,
- destination choice and
- mode choice.

Both revealed (RP) and stated (SP) preference surveys were conducted. The RP survey included the socio-demographic variables as well as the description of the regular work, leisure and shopping trips.

The main study also included the preferred parking search strategies. A majority of the respondents always drives directly into a parking lot, while one third checks several known parking areas until a free parking space is found.

The four SP experiments addressed the following choices (alternatives offered):

- Choice of parking location (two locations and abandonment of the trip)
- Choice of destination (two destinations and abandonment of the trip)
- Choice of mode (car driver, public transport, bicycle, walking)
- Choice of work location (current and new work place/location)⁵

The extension study's primary objective was to examine the influence of the bias with respect of sociodemographic characteristics in the sample used for the main study on the estimated model parameters. Since all variables affecting the selectivity are included in the parameter estimation it could be expected that the biased sample had no significant influence on the results. The extension study, which used an unbiased sample, confirmed this anticipation.

The sample size of the main study was 1'043 and of the extension study 1'275 respondents. Each respondent took part in two of the four SP experiments. Discrete choice models (MNL) were estimated for each of the four experiments individually as well as for the pooled data. The formulations were linear and non-linear in the attributes. For the choice of workplace, a Mixed Logit Model was used.

The effects of changes in parking supply on travel behavior depend on the situational context such as the availability of alternative parking locations, supply of public transport and cycling/walking possibilities as well as on the socioeconomic characteristics of the decision maker.

Search and access/egress times are crucial for parking choices. They are valued more negatively than pure in-vehicle time, especially for shopping trips. The willingness to pay increases with the duration of stay. Parking lots and garages are preferred to on-street parking. The demand for parking is inelastic with respect to in-vehicle time, search time and fees.

For leisure and shopping trips access/egress time is less important for the choice of the destination than for the choice of the parking location. The impact of parking search time decreases with the duration of stay. The price worthiness of the location is an important attribute in the destination choice model.

The ratios of the respective parameters to in-vehicle time are 2 for egress time, 1.3 for search time, while parking fees are valued 1.5 more than car operating costs. The ownership of an annual public transport ticket increases the likelihood of a modal shift strongly.

The relative valuations remain the same in the joint model across the mode, parking location and location choice experiments. The joint model is used to explore the dependence of the time and cost variables on the respondent's income.

⁵ The SP-experiments addressing the choice of work location was part of the main study only.

The work place experiment showed an overwhelming influence of the income differential for this choice. Still, commute times and costs, e.g. an employer provided annual season ticket, do play a role. The parking space and company car were much less important.

The estimated model was integrated into the existing transport model for the Canton Zürich. It was tested with three scenarios with different levels of parking fees and search times in the city of Winterthur. The changes in demand and in mode choice were of the expected magnitude. The changes are concentrated on Winterthur and are small in the remaining study area.

The report documents next to the model parameters the derived indicators of the willingness-to-pay and of the elasticities in detail.

The models as implemented are necessary to estimate the changes in energy consumption and CO₂ emissions due to changes in the parking supply. In the main study these calculations were undertaken for the study area using published emission factors. The results showed that a substantial reduction in fuel use and CO₂ emission require an area wide program of parking restrictions and an attractive supply of the alternative modes.

The results of the study show that the impact of changes in the supply of parking spaces depends of the context (e.g. trip purpose, alternative modes, relative attractiveness of alternative destinations) and the intensity of the changes. Universal statements on the impact of parking restrictions are not possible. However, the results of this project show that in individual cases parking restrictions are a valuable instrument for influencing travel behavior, especially mode choice.

The main result of this project are the models estimated for the first time in Switzerland which can be used to quantifying the context specific effects of changes in parking supply on travel behavior and energy consumption.

RIASSUNTO

Con questa ricerca, articolata in uno studio principale e un'estensione di progetto, è stato parametrizzato un modello in grado di simulare gli effetti sul comportamento a breve termine di una modifica nell'offerta di parcheggi. Sono stati studiati diversi motivi di spostamento e contesti territoriali. Il comportamento a breve termine può essere modificato:

- nella scelta del luogo di stazionamento
- nella scelta della destinazione
- nella scelta del mezzo di trasporto

I dati di base per la modellizzazione sono stati ricavati da interviste secondo il metodo della Revealed Preference (RP) e della Stated Preference (SP). Nell'intervista RP sono stati raccolti, oltre alle informazioni sociodemografiche, dati su percorsi svolti dall'intervistato per recarsi al lavoro, per il tempo libero o per gli acquisti. Nello studio principale sono state inoltre poste domande sulla strategia utilizzata abitualmente per la ricerca di un posteggio. Quando disponibile, una grossa parte degli intervistati si dirige direttamente in un autosilo, mentre circa un terzo esplora una serie di luoghi conosciuti alla ricerca di un posto libero.

L'inchiesta SP induceva gli intervistati a scegliere tra le seguenti situazioni (tra parentesi le alternative proposte):

- scelta del parcheggio (due possibili luoghi di stazionamento oppure interruzione della ricerca)
- scelta della destinazione (due possibili destinazioni oppure interruzione del viaggio)
- scelta del mezzo di trasporto (auto, trasporto pubblico, bicicletta o a piedi)
- scelta del posto di lavoro (l'attuale posto di lavoro o uno nuovo)⁶

Lo scopo principale dell'estensione di progetto è stato quello di studiare l'influsso sui risultati delle differenze statistiche tra il campione intervistato nello studio principale e un campione rappresentativo dell'intera popolazione rispetto ai risultati del Microcensimento mobilità e trasporti del 2010. Dato che il campione dello studio principale considerava tutte le variabili che caratterizzano le scelte, ci si poteva attendere che nonostante la discrepanza tra i campioni non comportasse variazioni rilevanti nei risultati. In effetti l'estensione di progetto, che ha coinvolto un campione di popolazione statisticamente identico a quello del Microcensimento 2010, ha confermato i risultati.

Nello studio principale sono state intervistate 1'043 persone, nell'estensione di progetto 1'275 persone. Ogni intervistato ha preso parte a due degli esperimenti SP di cui sopra. Con i dati ricavati sono stati sviluppati modelli decisionali discreti (modelli Logit multinomiali) che riproducono ciascuna situazione singolarmente, nonché modelli combinati di scelta del posteggio, della destinazione e del mezzo di trasporto. Per le funzioni relative ai profitti sono state considerate le interazioni sia lineari che non lineari tra i diversi attributi. Nello studio principale, per la modellizzazione della scelta del posto di lavoro è stato impiegato anche un modello Mixed Logit.

I modelli elaborati confermano che l'effetto di cambiamenti all'offerta di parcheggi non dipende soltanto da quest'ultima, ma anche da diversi altri attributi dell'offerta di trasporto (in particolare l'esistenza di parcheggi alternativi, l'offerta di trasporto pubblico o del traffico lento). Altri fattori di influenza sono l'attrattività relativa delle destinazioni (ad esempio i prezzi o il rapporto qualità prezzo nel caso degli acquisti) o la situazione personale dell'automobilista (livello di salario, disponibilità dei mezzi di trasporto, eccetera). Ecco alcune osservazioni fatte:

Nella scelta di un parcheggio il tempo di ricerca e la distanza da percorrere a piedi fino alla destinazione giocano un ruolo importante. In particolare nel traffico per acquisti vengono valutati in modo molto più negativo del semplice tempo di viaggio.

Per tempi di sosta più lunghi cresce la disponibilità a pagare una tassa di stazionamento. In generale gli autosili e i piazzali vengono preferiti allo stazionamento lungo la carreggiata.

⁶ L'inchiesta SP sulla scelta del posto di lavoro è stata oggetto unicamente dello studio principale.

Complessivamente comunque, la domanda di stazionamento reagisce in modo poco elastico alle variazioni della distanza da percorrere a piedi fino alla destinazione, al tempo di viaggio, al tempo di ricerca di un posteggio e alle tasse di stazionamento.

Nel tempo libero e negli acquisti, la distanza da percorrere a piedi fino alla destinazione può influire sulla scelta del parcheggio, solo subordinatamente sulla scelta della destinazione. Crescendo il tempo di permanenza previsto alla destinazione cresce il tempo che si è disposti a impiegare nella ricerca di un posteggio. Accanto all'offerta di stazionamento, l'attrattiva della destinazione rispetto alle alternative disponibili, gioca un ruolo importante.

Quando si tratta di scegliere un mezzo di trasporto, i tempi di spostamento a piedi sono valutati molto più negativamente del tempo di viaggio complessivo (oltre il doppio). Anche i costi di parcheggio sono valutati 1,5 volte più negativamente dei costi complessivi del viaggio. Il tempo di ricerca di un parcheggio è valutato 1,3 volte più negativamente del tempo di viaggio complessivo. Queste tre variabili (tempo di spostamento a piedi, costi di parcheggio e tempo di ricerca) hanno quindi un ruolo importante nella spiegazione del comportamento collettivo. Decisiva è però anche la possibilità di accedere ai mezzi di trasporto: in particolare chi dispone di un abbonamento generale è molto più propenso a optare per il trasporto pubblico se l'offerta di stazionamento è insoddisfacente.

Nel modello combinato tra scelta del posteggio, della destinazione e del mezzo di trasporto, le valutazioni relative delle singole variabili e l'influsso del possesso di un abbonamento generale, sono pressoché identiche a quelle dei modelli a singole variabili. Si evidenzia inoltre che le variabili relative a tempo e costi sono influenzate dal livello di reddito.

Nel modello relativo alla scelta del posto di lavoro, appare evidente come il primo criterio di scelta tra l'attuale e un nuovo posto di lavoro sia lo stipendio offerto. Giocano un ruolo importante anche il tempo e i costi di viaggio, come pure l'eventuale abbonamento messo a disposizione dal datore di lavoro. La disponibilità di un parcheggio o di un veicolo aziendale hanno per contro un ruolo secondario.

A titolo dimostrativo e di test, il modello combinato è stato implementato nel modello generale del traffico del Canton Zurigo e utilizzato per simulare tre situazioni fittizie di modifica dell'offerta di stazionamento nella città di Winterthur (aumento del tempo di ricerca del posteggio o aumento delle tasse di stazionamento). Le variazioni dei volumi di traffico e del modal split che ne risultano sono plausibili e rientrano nell'ordine di grandezza atteso. Le variazioni all'offerta di parcheggi è stata operata limitatamente al territorio di Winterthur. Qui il modello mostra una sensibile riduzione dei volumi di traffico individuale motorizzato. All'esterno della città si osservano variazioni dovute alla scelta di altre destinazioni, ma in modo meno marcato.

Accanto ai parametri per la modellizzazione, il rapporto documenta anche i valori relativi alla disponibilità a pagare e all'elasticità, descrivendone le possibilità di utilizzo.

Questo modello fornisce le premesse fondamentali per valutare gli effetti dell'offerta di stazionamento sul consumo energetico. L'implementazione di questo modello nel modello generale del traffico di una regione consente di valutare le modifiche ai volumi di traffico e, sulla base di questi, il consumo energetico e quindi la produzione di CO₂ legata a modifiche nella politica di gestione dei parcheggi.

Nello studio principale è stato dimostrato sull'esempio di Winterthur che, in base ai volumi calcolati con il modello generale del traffico e i fattori di emissione documentati nella letteratura, è possibile calcolare le emissioni di CO₂. Questi risultati portano a formulare la raccomandazione secondo cui per ottenere una riduzione significativa delle emissioni attraverso misure di gestione dei posteggi, è necessario introdurre le misure in modo diffuso e uniforme sul territorio. Deve inoltre essere presente un'attrattiva offerta di trasporto pubblico e traffico lento.

I risultati dello studio mostrano che gli effetti di una modifica dell'offerta di stazionamento dipendono dal contesto (p.es. motivo dello spostamento, offerta di trasporto pubblico, attrattiva relativa delle destinazioni alternative) e dall'ampiezza delle modifiche. Non è possibile trarre da questo

studio conclusioni generali sull'efficacia di misure di gestione dei parcheggi. Dal punto di vista scientifico ciò non è ammesso. Tuttavia i risultati di questa ricerca dimostrano che in casi specifici le misure di gestione dei parcheggi possono senz'altro costituire un mezzo per influenzare il comportamento del traffico, e più specificamente anche la scelta del mezzo di trasporto.

Quale principale risultato, questa ricerca mette a disposizione per la prima volta modelli validi per la Svizzera che consentono, riferendoli ad un contesto, di stimare gli effetti di modifiche all'offerta di parcheggi sul comportamento del traffico e sul conseguente consumo di energia. Si forniscono quindi basi obiettive per la valutazione e la discussione di misure di gestione dei parcheggi.