

## Einfluss des Parkierungsangebots auf das Verkehrsverhalten

Die Steuerung des Parkierungsangebotes (Lage der Parkierungsanlage, Anzahl Parkfelder, Parkgebühren) ist eine verkehrsplanerische Massnahme zur Beeinflussung des MIV-Aufkommens von Siedlungsgebieten oder einzelnen verkehrsintensiven Einrichtungen. Die Wirkung solcher Massnahmen wird in der Verkehrspolitik kontrovers diskutiert. Es war das Ziel des Forschungsprojekts „Einfluss des Parkierungsangebots auf das Verkehrsverhalten und den Energieverbrauch“, für diese Diskussion fachlich fundierte Grundlagen zu erarbeiten.



Abb. 1: Strassenparkplatz mit Parkuhr in der Zürcher Innenstadt. Bild: ewp

### Für die eilige Leserin, den eiligen Leser:

- Erstmals liegen 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 Parkraumbewirtschaftungsmassnahmen objektive Grundlagen bereitgestellt werden.
- Pauschale Aussagen zur Wirkung der Steuerung des Parkierungsangebotes sind nicht möglich. Es gibt keine allgemeingültigen Regeln. Jeder Einzelfall ist speziell und erfordert eine eigene Analyse.

Die Forschungsarbeit liefert mit den geschätzten Modellen die dazu nötigen Instrumente.

- Die Ergebnisse der Forschungsarbeit bestätigen, dass die Steuerung des Parkierungsangebotes ein wirksames Instrument ist zur Beeinflussung des Verkehrsverhaltens, insbesondere auch der Verkehrsmittelwahl.

### Impressum

Herausgeber:  
SVI Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten  
www.svi.ch

Verfasser des Merkblattes:  
Paul Widmer, büro widmer ag

### Genehmigung

Dieses Merkblatt wurde am 25.01.2019 durch den Vorstand der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten genehmigt und zur Veröffentlichung frei gegeben.

Das Merkblatt darf unter Angabe der Quelle vollständig oder auszugsweise kopiert und in Unterlagen sowie Berichte eingefügt werden.

- Zur Steuerung des MIV-Aufkommens an einem Zielort ist neben den Parkgebühren auch die sogenannte Abgangszeit (Gehzeit vom Parkplatz zum Ziel) eine wichtige „Stellschraube“. So kann z.B. im Einkaufsverkehr mit der Anordnung der Parkplätze in angemessener Entfernung statt in unmittelbarer Nähe eines Verkaufsgeschäftes das Umsteigen auf den öffentlichen Verkehr und den Fuss-/Veloverkehr gefördert werden.
- Für die Abschätzung der Auswirkungen des Parkierungsangebotes auf den Energieverbrauch bilden die geschätzten Modelle eine wichtige Grundlage. Deren Integration in ein Verkehrsmo- dell gestattet es, zuerst die Veränderungen der Verkehrsbelastungen und darauf basierend die Veränderungen des Energieverbrauchs (und der CO<sub>2</sub>-Emissionen) als Folge von Änderungen des Parkierungsangebotes abzuschätzen.
- Die Anwendung des Modells an einem Fallbeispiel zeigt: Mit einer Steuerung des Parkierungsange- botes kann insbesondere auch im Einkaufs- und Freizeitverkehr eine substanzielle Reduktion des Energiebedarfs und der CO<sub>2</sub>-Emissionen erzielt werden. Voraussetzung ist, dass sie möglichst flächendeckend eingeführt wird und ein attraktives Angebot im öffentlichen Verkehr und für den Fuss-/ Veloverkehr vorhanden ist.
- Die geschätzten Modelle zeigen, dass der Einfluss von Änderungen des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten nicht nur von diesen selbst, sondern auch von verschiedenen Kontext-Variablen abhängt. Zu diesen gehören beispielsweise alternative Parkierungsmöglichkeiten, Angebote des öffentlichen Verkehrs sowie für den Fuss-/ Veloverkehr, die relative Attraktivität (z.B. Preis-/ Leistungsverhältnis) alternativer Zielorte sowie die Eigenschaften der Autofahrenden. Hier spielen u.a. die zur Verfügung stehenden Mobilitätswerkzeuge (Auto-, Velo-, Fahrausweis- oder ÖV-Abo- Besitz) eine Rolle.



Abb. 2: Kontext-Variablen (gelb)

## Allgemeine Bemerkungen

In der verkehrspolitischen Diskussion besteht oft Uneinigkeit über den Einfluss des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten. Mit dem Ziel, diese Diskussion zu versachlichen, werden im Forschungsprojekt die Art und Weise sowie die Grösse dieses Einflusses empirisch untersucht. Dabei wird der Fokus auf das Parkierungsangebot am Zielort (Arbeits-, Einkaufs-, Freizeitort usw.) einer Fahrt gelegt. Es werden die folgenden „Stellschrauben“ des Parkierungsangebotes betrachtet:

- Parksuchzeit: Bei einem eingeschränkten Parkfelderangebot steigt die Parkplatzsuchzeit, die benötigt wird, um ein freies Parkfeld zu finden.
- Zu- und Abgangszeit: Die Lage des Parkplatzes in Bezug auf das Ziel des Weges bestimmt die Länge des zu Fuss zurückzulegenden Weges vom und zum Parkplatz.
- Parkgebühren

Auf Veränderungen dieser „Stellschrauben“ können die Verkehrsteilnehmenden auf unterschiedliche Art reagieren:

- Wahl einer anderen Parkierungsanlage mit mehr freien Parkfeldern oder tieferen Gebühren
- Wahl eines anderen Verkehrsmittels statt des Autos
- Wahl eines anderen Einkaufs- oder Freizeitortes
- Verzicht auf den Weg (Reduktion der Anzahl Wege, Home-Office, Online Shopping)
- Wahl eines anderen Arbeitsortes

Welche dieser Reaktionen eine Verkehrsteilnehmerin oder ein Verkehrsteilnehmer wählt, wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst (siehe Abb. 2), z.B. von seiner persönlichen Situation (Alter, Einkommen, Besitz von ÖV-Abonnements usw.), dem Ausmass der Veränderung des Parkierungsangebotes und den Ausprägungen der zur Verfügung stehenden Alternativen (Angebot im ÖV resp. für Fuss-/Velverkehr, Attraktivität alternativer Zielorte usw.). Wie sich eine Änderung des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten auswirkt, hängt also vom Kontext ab.

- ▶ **Allgemein gültige resp. pauschale Aussagen zum Ausmass des Einflusses des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten sind nicht möglich.**

## Durchgeführte Untersuchungen

Im Rahmen einer Befragung von über 1'200 Personen (verteilt über die deutsch- und französischsprachige Schweiz) wurden Stated-Choice-Experimente durchgeführt. Bei diesen wurden die oben genannten „Stellschrauben“ des Parkierungsangebotes sowie die Attribute der Alternativen (ÖV-Angebot, alternativer Parkplatz, alternativer Zielort usw.) systematisch variiert und die Teilnehmer wurden gebeten, jeweils eine der beschriebenen Alternativen zu wählen. Mit den so gesammelten Daten und den soziodemographischen Eigenschaften der Teilnehmer wurden Verhaltensmodelle geschätzt, die deren Wahlverhalten unter Berücksichtigung des jeweiligen Kontextes erklären.

### Befragungen

Die Befragten wurden um Angaben zu ihrer Soziodemographie und zu einem regelmässig durchgeführten Weg zur Arbeit, zum Einkauf oder zu einer Freizeitaktivität gebeten. Auf der Basis eines der berichteten, regelmässig durchgeführten Weges wurden individualisierte Stated-Choice-Experimente zu den folgenden Entscheidungssituationen durchgeführt (in Klammern sind jeweils die zur Verfügung gestellten 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 Arbeitsortes (bisheriger und neuer Arbeitsort). Wichtiger als das Parkierungsangebot haben sich bei diesem Experiment die Attribute der neuen Stelle (Stellung, Einkommen usw.) erwiesen. In diesem Merkblatt wird darauf nicht weiter eingegangen und auf die entsprechenden Ausführungen im Schlussbericht des Forschungsprojektes verwiesen.

### Modellschätzungen

Mit den aus den Stated-Choice-Experimenten gewonnenen Daten wurden Verhaltensmodelle für die Wahl des Parkplatzes, die Wahl des Verkehrsmittels, die Wahl des Zielortes sowie kombinierte Modelle geschätzt. Dabei kamen sowohl lineare als auch nicht-lineare Nutzenfunktionen zum Einsatz. Die resultierenden Parameter sind für das kombinierte Modell mit linearen Nutzenfunktionen in der Tabelle im Anhang zusammengestellt. Diese zeigt die Vielzahl der Attribute, welche die Wahlentscheidungen beeinflussen, und unterstreicht die oben gemachte Feststellung, dass pauschale Aussagen zum Einfluss des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten weder möglich noch zulässig sind.

Aus den Attributen  $x_i$  und Parametern  $\beta_i$  der Tabelle im Anhang lässt sich der beobachtbare Nutzen einer Alternative  $a$  (Parkplatz, Verkehrsmittel oder Zielort) wie folgt berechnen:

$$V_a = \beta_{0,j} + \sum \beta_i * x_i$$

mit

$V_a$  = beobachtbarer Nutzen der Alternative  $a$

$\beta_{0,j}$  = Alternativ-spezifische Konstante (der Tabelle im Anhang zu entnehmen)

$\beta_i$  = Modellparameter (persönliche Geschmacksparameter des Entscheidungsträgers, der Tabelle im Anhang zu entnehmen)

$x_i$  = Attribute der Alternativen und der sozio-demographischen Merkmale des Entscheidungsträgers gemäss der Tabelle im Anhang

Die Modellergebnisse lassen sich in Verkehrsmodelle einbauen, womit mit diesen nun auch Massnahmen der Steuerung des Parkierungsangebotes behandelt werden können. Dies war in der Schweiz mit den bisherigen Modellen nicht möglich.

### Zahlungsbereitschaften

Die aus dem geschätzten Gesamtmodell resultierenden Zahlungsbereitschaften für die Reduktion einzelner „Widerstandskomponenten“ (Attribute) sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Kenngrösse	Zahlungsbereitschaft (CHF)			
	Gesamt	Pendler	Einkauf	Freizeit
MIV-Fahrtzeit [CHF/h]	21.60	30.00	15.00	12.00
MIV-Abgangszeit [CHF/h]	23.70	43.80	30.10	23.10
MIV-Suchzeit [CHF/h]	42.90	44.60	39.20	41.10
ÖV- Fahrtzeit [CHF/h]	18.00	24.00	9.00	12.00
ÖV-Abgangszeit [CHF/h]	59.40	43.80	18.00	18.40
ÖV-Takt (Intervall) [CHF/h]	8.10	4.10	4.30	3.80
ÖV-Umsteigen [CHF/Vorgang]	3.40	1.90	1.80	1.10

Der Tabelle kann beispielsweise entnommen werden, dass die Leute beim Einkaufen mit dem Auto bereit wären, für die Reduktion der Fahrtzeit um eine Stunde im Durchschnitt Fr. 15.- zu bezahlen, für die Reduktion der Abgangszeit aber Fr. 30.10 resp. der Parkplatzsuchzeit Fr. 39.20 pro Stunde. Die Abgangs- und Parkplatzsuchzeit werden also deutlich negativer bewertet als die Fahrtzeit. Sie stellen damit wirksame "Stellschrauben" des Parkierungsangebotes dar.

### Quantifizierung der Parkplatzsuchzeiten

Wenn als "Stellschraube" eine Verknappung des Parkfelderangebotes in Betracht gezogen wird, muss der Zusammenhang zwischen dem Auslastungsgrad der Parkplatzkapazität und der Parkplatzsuchzeit bekannt sein.

Der Versuch, aus einem Satz von GPS-Daten von Fahrten in Genf, Zürich und Winterthur die Parkplatzsuchzeiten zu extrahieren, erwies sich als nicht zielführend. Es kann aber auf die Ergebnisse einer älteren Studie zurückgegriffen werden: Axhausen, K.W. et al. (1993), Effectiveness of parking guidance and information systems: recent evidence from Nottingham and Frankfurt/Main. Diese liefert den folgenden Zusammenhang zwischen dem Auslastungsgrad der Parkplatzkapazität und der Parkplatzsuchzeit:

$$\text{Parkplatzsuchzeit} = \frac{1.404}{1 - \text{Auslastungsgrad}}$$



Abb. 3: Wartende Autos vor dem besetzten Parkhaus Jelvoli in der Stadt Zürich an einem Samstagnachmittag. Bild: ewp

## Hinweise für die praktische Anwendung der Ergebnisse

### a) Einfache Situationen

Als einfach werden hier Situationen bezeichnet, die sich durch folgende Punkte auszeichnen:

- es muss die Wirkung nur von einer Massnahme oder von zwei Massnahmen abgeschätzt werden,
- es interessieren nur die Auswirkungen am Standort, an dem die Massnahmen getroffen werden sollen,
- es handelt sich um Situationen, bei denen nicht damit gerechnet werden muss, dass alternative Zielorte aufgesucht werden.

Die Auswirkung einer Steuerung des Parkierungsangebotes auf den MIV-Anteil des Zielverkehrs, z.B. einer Einkaufs- oder Freizeiteinrichtung, lässt sich anhand der Modellwerte im Anhang auf einfache Art anhand der Nutzenänderungen  $\Delta V$  mit der folgenden Formel abschätzen:

$$p'_{MIV} = \frac{p^0_{MIV} \exp(\Delta V_{MIV})}{\sum_j p^0_j \exp(\Delta V_j)}$$

mit

$p'_{MIV}$  = neuer MIV-Anteil

$p^0_{MIV}$  = aktueller MIV-Anteil

$p^0_j$  = aktueller Anteil der Verkehrsmittel j (j steht in diesem Beispiel für ÖV, Velo resp. zu Fuss)

$\Delta V_{MIV}$  = Nutzenänderung MIV

$\Delta V_j$  = Nutzenänderung der Verkehrsmittel j

### Anwendungsbeispiel

Bei einem Einkaufszentrum ist geplant, eine Parkgebühr von CHF 2.- pro Stunde (bisher gratis) einzuführen. Heute beträgt der MIV-Anteil am Einkaufsverkehr 80%, während 20% der Wege auf den ÖV und den Fuss-/Veloverkehr entfallen.

Frage: Wie gross wird der MIV-Anteil nach Einführung der Parkgebühr sein?

Der Tabelle im Anhang entnimmt man den Parameter für Parkgebühren. Dieser beträgt - 0.171. Da ausser der neuen Parkgebühr von CHF. 2.- alle anderen Attribute der Tabelle im Anhang unverändert bleiben, verändert sich nur  $V_{MIV}$  und zwar wie folgt:

$$\Delta_{MIV} = 2 * (-0.171)$$

Der neue MIV-Anteil ergibt sich aus der folgenden Berechnung:

$$p'_{MIV} = \frac{0.8 \exp(2 * (-0.171))}{0.2 \exp(0) + 0.8 \exp(2 * (-0.171))} = 0.74$$

Mit der Einführung einer Parkgebühr von CHF 2.-/Std. würde sich also der MIV-Anteil von 80% auf 74% reduzieren.

Wenn die Parkgebühr isoliert nur bei diesem Einkaufszentrum eingeführt wird, besteht die Möglichkeit, dass sich der MIV nicht nur auf den ÖV und Fuss-/Veloverkehr verlagert, sondern z.B. auch zu alternativen Einkaufsstandorten. Je nach Situation kann dadurch Mehrverkehr entstehen. Die Zusammenhänge sind derart komplex, dass die Auswirkungen nur mit dem Einsatz eines Gesamtmodells unter Berücksichtigung der alternativen Standorte abgeschätzt werden können.



Abb. 4: Nur 35% der Besucherinnen und Besucher gelangen mit dem PW ins Freizeit- und Einkaufszentrum Sihlcity. Dank der guten ÖV-Erschliessung und der Lage im Stadtgebiet reist ein Grossteil mit dem ÖV, dem Velo oder zu Fuss an. Bild: ewp

### b) Standardsituationen

Wenn mehrere Massnahmen kombiniert untersucht werden sollen und die Auswirkungen auf den Gesamtverkehr, inkl. die resultierenden Auswirkungen auf den Energieverbrauch interessieren, ist das in ein Verkehrsmodell integrierte Gesamtmodell anzuwenden. Die Machbarkeit einer solchen Anwendung wurde in der Forschungsarbeit an einem Fallbeispiel demonstriert.

Im Fallbeispiel wurden mit einem entsprechenden Gesamtmodell für die Stadt Winterthur Szenarien mit gegenüber heute höheren Parksuchzeiten und Parkgebühren untersucht. Es ergaben sich plausible Ergebnisse. Die Auswirkungen der Szenarien sind in der Stadt Winterthur erheblich. Betrachtet man jedoch das ganze Einflussgebiet auch ausserhalb der Stadt Winterthur, sind wegen Zielwähländerungen die Auswirkungen auf das gesamte MIV-Aufkommen resp. den gesamten Energieverbrauch sowohl prozentual als auch absolut sehr klein. Dies zeigt: Sollen mit einer Steuerung des Parkierungsangebotes das MIV-Aufkommen und der Energieverbrauch – z.B. im Einkaufs- und Freizeitverkehr – insgesamt reduziert werden, muss diese koordiniert möglichst flächendeckend erfolgen.

**Weitere Ergebnisse**

Bei der Parkplatz- und Verkehrsmittelwahl spielen neben den Parkgebühren die Parkplatzsuch- und die Abgangszeit eine wichtige Rolle. Sie werden insbesondere im Einkaufsverkehr deutlich negativer bewertet als die reine Fahrtzeit.

Bei längeren Parkdauern steigt die Zahlungsbereitschaft für Parkgebühren und die Parkplatzsuchzeit wird weniger negativ bewertet.

Für die Zielwahl im Freizeit- und Einkaufsverkehr ist neben dem Parkierungsangebot die relative Attraktivität (Preis/Leistungsverhältnis) der alternativen Zielorte eine wichtige Einflussgrösse.

Die Verkehrsmittelwahl wird wesentlich durch die folgenden "Stellschrauben" des Parkierungsangebotes beeinflusst:

- Abgangszeit (mehr als doppelt so negativ bewertet wie die Fahrtzeit)
- Parkgebühren (bis zum Faktor 1.5 negativer bewertet wie die Fahrtkosten)
- Parkplatzsuchzeit (um den Faktor 1.3 negativer bewertet wie die Fahrtzeit)
- 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.

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

Die Teilnehmenden der Befragung wurden auch gebeten, anzugeben, nach welcher Strategie sie bei der Fahrt in ein Stadtzentrum einen Parkplatz suchen und was ihre Zahlungsbereitschaft für einen Parkplatz in unmittelbarer Nähe zum Zielort wäre. Die Ergebnisse sind in den beiden folgenden Abbildungen dargestellt.

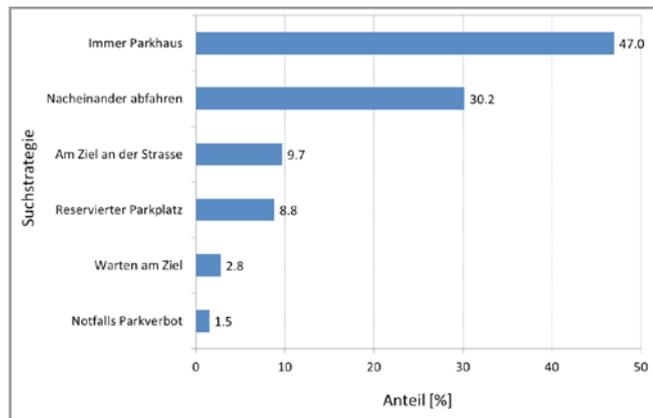


Abb. 5: Anteile der Suchstrategien in Stadtzentren

Ein Grossteil der Befragten fährt demnach immer sofort in ein bekanntes Parkhaus, während ca. ein Drittel mehrere bekannte Parkmöglichkeiten nacheinander auf der Suche nach einem freien Parkfeld abfährt.

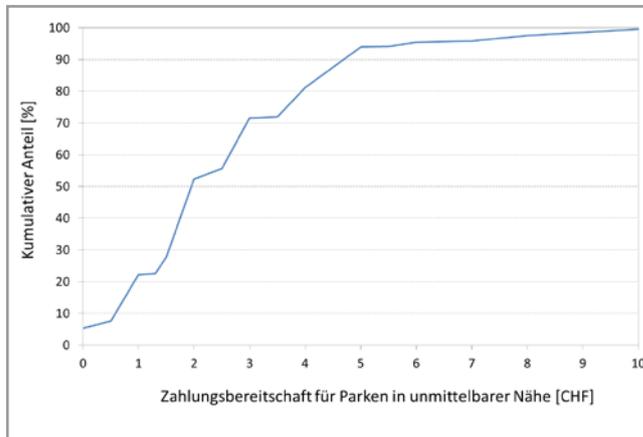


Abb. 6: Verteilung der Zahlungsbereitschaften für einen Parkplatz in unmittelbarer Nähe [CHF pro Parkvorgang]

Die durch die Befragten angegebenen Zahlungsbereitschaften für einen Parkplatz in unmittelbarer Nähe des angestrebten Ziels sind recht hoch. Etwa ein Drittel der Befragten wäre bereit, für die Verfügbarkeit eines solchen Parkplatzes mehr als CHF 3.- pro Parkvorgang zu zahlen. Dass diese Zahlungsbereitschaft auch von der Aufenthaltsdauer und dem Wegezweck beeinflusst wird, zeigen die aufgrund der Stated-Choice-Experimente geschätzten Modelle.



Abb. 7: Nur ca. 40 % der Befragten nutzen ein Parkleitsystem bei der Parkplatzsuche im angegebenen Stadtzentrum. Bild: ewp

## Anhang

### Modellparameter

Attribute $x_i$	Modellparameter $\beta_i$			
	Gesamt	Pendler	Einkauf	Freizeit
Zu-/Abgangszeit MIV	-0.100	-0.112	-0.179	-0.136
Fahrtkosten MIV	-0.127	-0.115*	-0.145*	-0.070
Fahrtzeit MIV	-0.072	-0.084	-0.104	-0.088
Preis-/Leistungsverhältnis = Gut <sup>1</sup>	9.930		13.800	10.000
Preis-/Leistungsverhältnis = Sehr Gut <sup>1</sup>	18.100		25.100	18.500
Offener Parkplatz <sup>2</sup>	1.410	0.240	1.940	1.510
Parkhaus <sup>2</sup>	6.230	0.725	8.630	6.630
Attraktivität-Mittel <sup>3</sup>	8.910		12.400	9.250
Attraktivität-Hoch <sup>3</sup>	15.900		22.100	16.500
Standort Stadtrand <sup>4</sup>	-5.110		-7.100	-5.310
Grosseinkauf	1.620		2.030	
Männlich (MIV)	-0.175*	-1.070	-0.241	-0.273
Alter (MIV)	-0.014	-0.024	-0.017	-0.007*
Parkgebühren	-0.127	-0.110	-0.171	-0.137
PW Verfügbarkeit	0.556*	1.950	0.800*	0.518*
Suchzeit	-0.166	-0.084	-0.201	-0.151
Konstante MIV	-4.080	0.489*	1.370	1.440
Zu-/Abgangszeit ÖV	-0.100	-0.112	-0.141	-0.105
Fahrtkosten ÖV	-0.127	-0.115*	-0.264	-0.212
Fahrtzeit ÖV	-0.056	-0.071	-0.069	-0.051
GA-Besitz	2.730	2.730	3.310	2.470
Halbtax-Besitz	1.190	1.390	1.480	1.120
Verbundabo-Besitz	2.540	2.810	3.290	2.500
Takt ÖV	-0.019	-0.005*	-0.024	-0.018
Umsteigezahl	-0.406	-0.030*	-0.539	-0.380
Konstante ÖV	-6.900	-1.080	-2.260	-1.680
Fahrtzeit Velo	-0.232	-0.136	-0.312	-0.231
Konstante Velo	-3.380	-1.830	2.240	1.630
Fusszeit	-0.337	-0.112	-0.179	-0.136
Konstante Abbruch	-3.260		-4.550	-3.520

<sup>1</sup> Im Vergleich mit Preis-/Leistungsverhältnis = angemessen,

<sup>2</sup> Im Vergleich mit „An der Strasse“,

<sup>3</sup> Im Vergleich mit „Niedrig“,

<sup>4</sup> Im Vergleich mit „Innenstadt“, (\*) Signifikanzniveau < 95%

---

### Grundlagen

Einfluss des Parkierungsangebots auf das Verkehrsverhalten und den Energieverbrauch (November 2016, SVI 2008/002, Nr. 1596)  
www.mobilityplatform.ch

büro widmer ag:  
Paul Widmer, Thomas Buhl  
TransOptima GmbH:  
Milenko Vrtic, Claude Weis  
ETH Zürich - IVT:  
Lara Montini, Kay Axhausen