

Bevorzugter Zitierstil für diesen Vortrag

Axhausen, K.W. (2012) Einfluss des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten und den Energieverbrauch, Vortrag bei der bfe Bereichskonferenz Mobilität, November 2012.

Einfluss des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten und den Energieverbrauch

KW Axhausen

IVT

ETH

Zürich

November 2012

 Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme
Institute for Transport Planning and Systems

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Projektteam

SVI 2008/002 Einfluss des Parkierungsangebots auf
das Verkehrsverhalten und den Energieverbrauch

Paul Widmer
Thomas Buhl
Milenko Vrtic
Claude Weis
Lara Montini

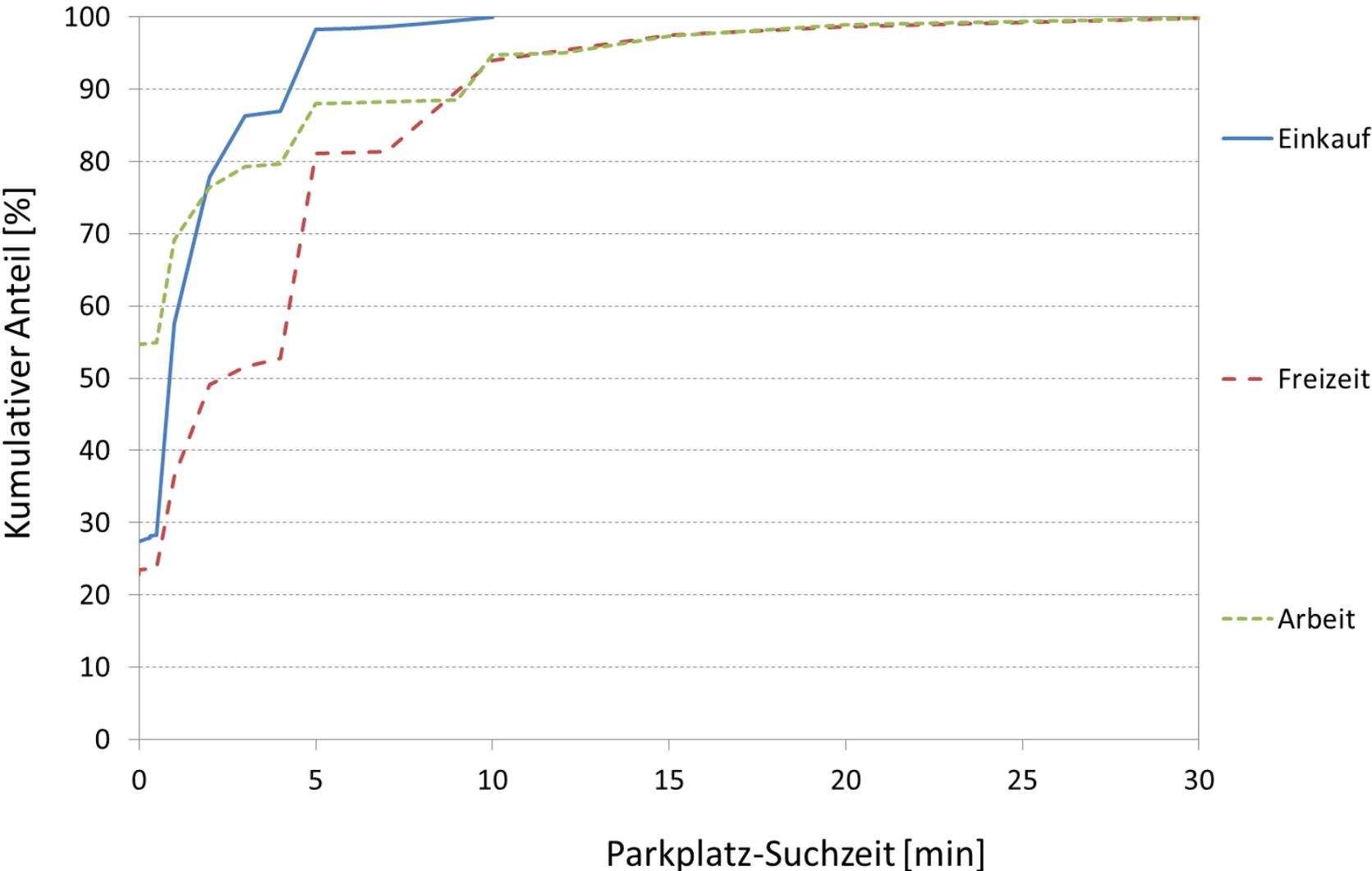
Intervista

Vorgehen

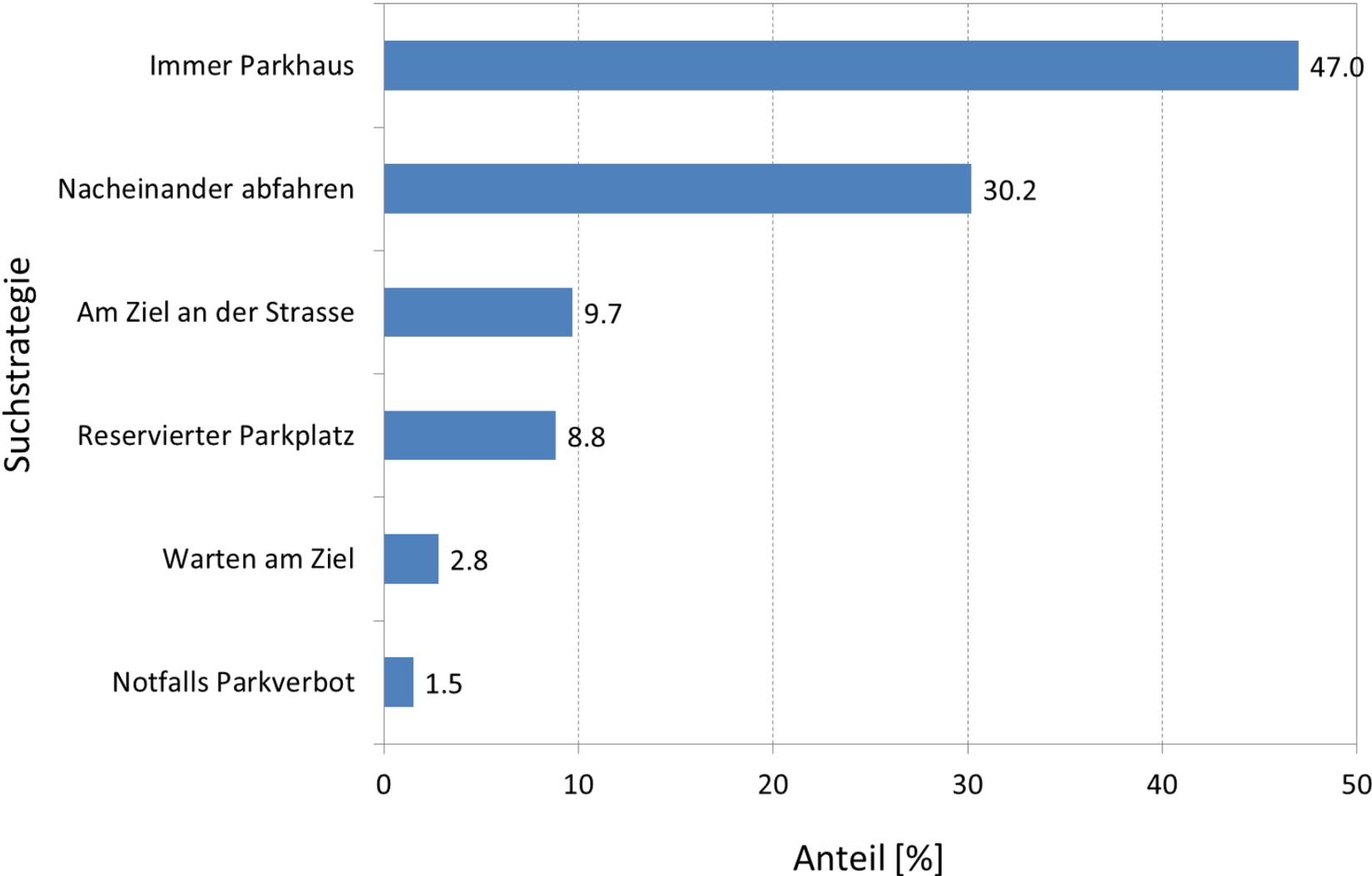
- Verhaltensstudie (stated choice Experimente)
- Auswertung von bestehen GPS – “Spuren”
- Modellexperimente und Abschätzung des Energieverbrauchs

Befragungen

RP: Parkplatzsuchzeit



RP: Anteil Suchstrategien



SC Experimente auf Grundlage der RP-Wege

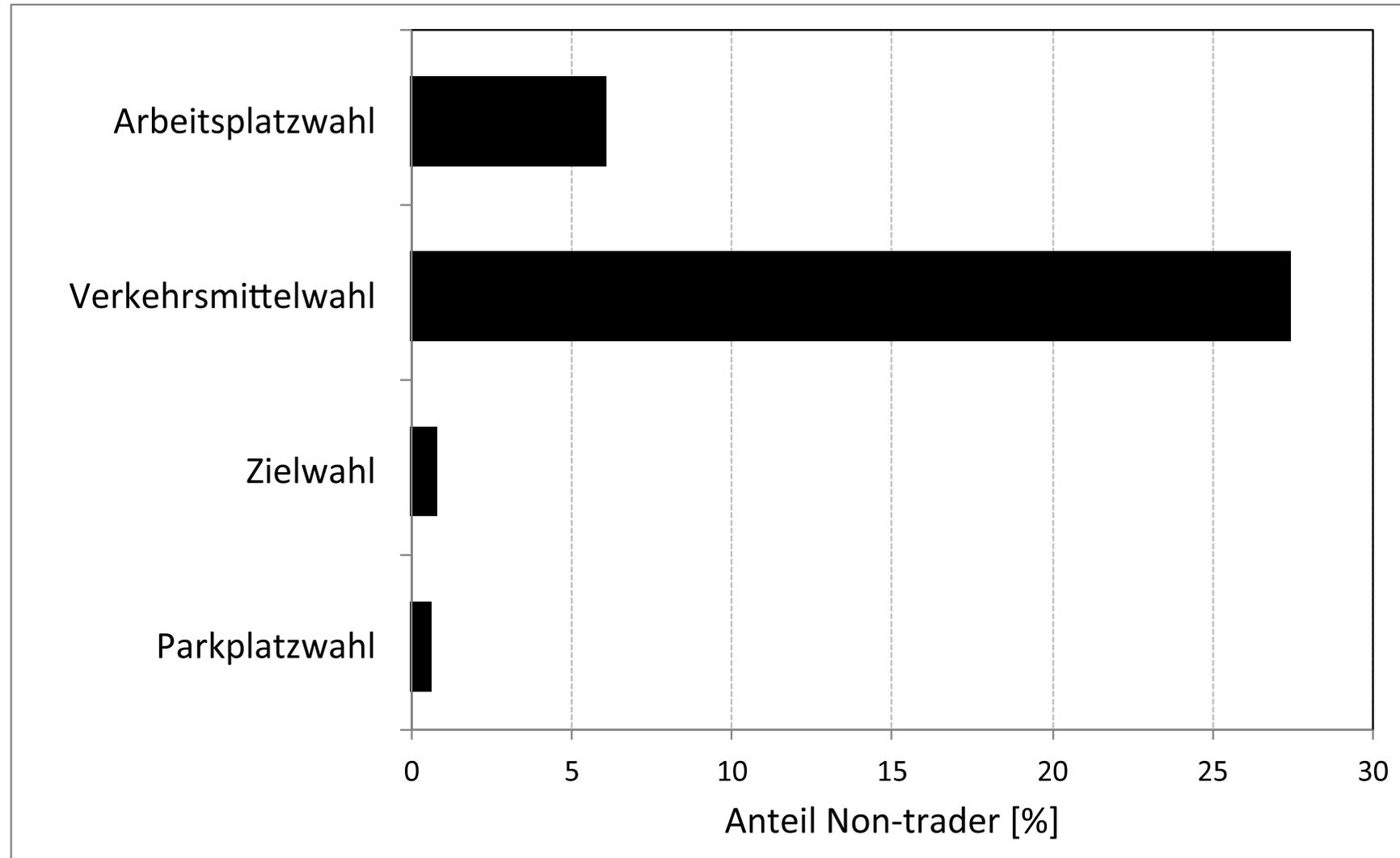
Erzeugung der Alternativen für Wege zu berichteten Orten:

- zu Fuss / Fahrrad: basierend auf Distanz
- MIV: MATSim-Routing
- ÖV: Abfrage SBB-Website (HAFAS-Fahrplan)

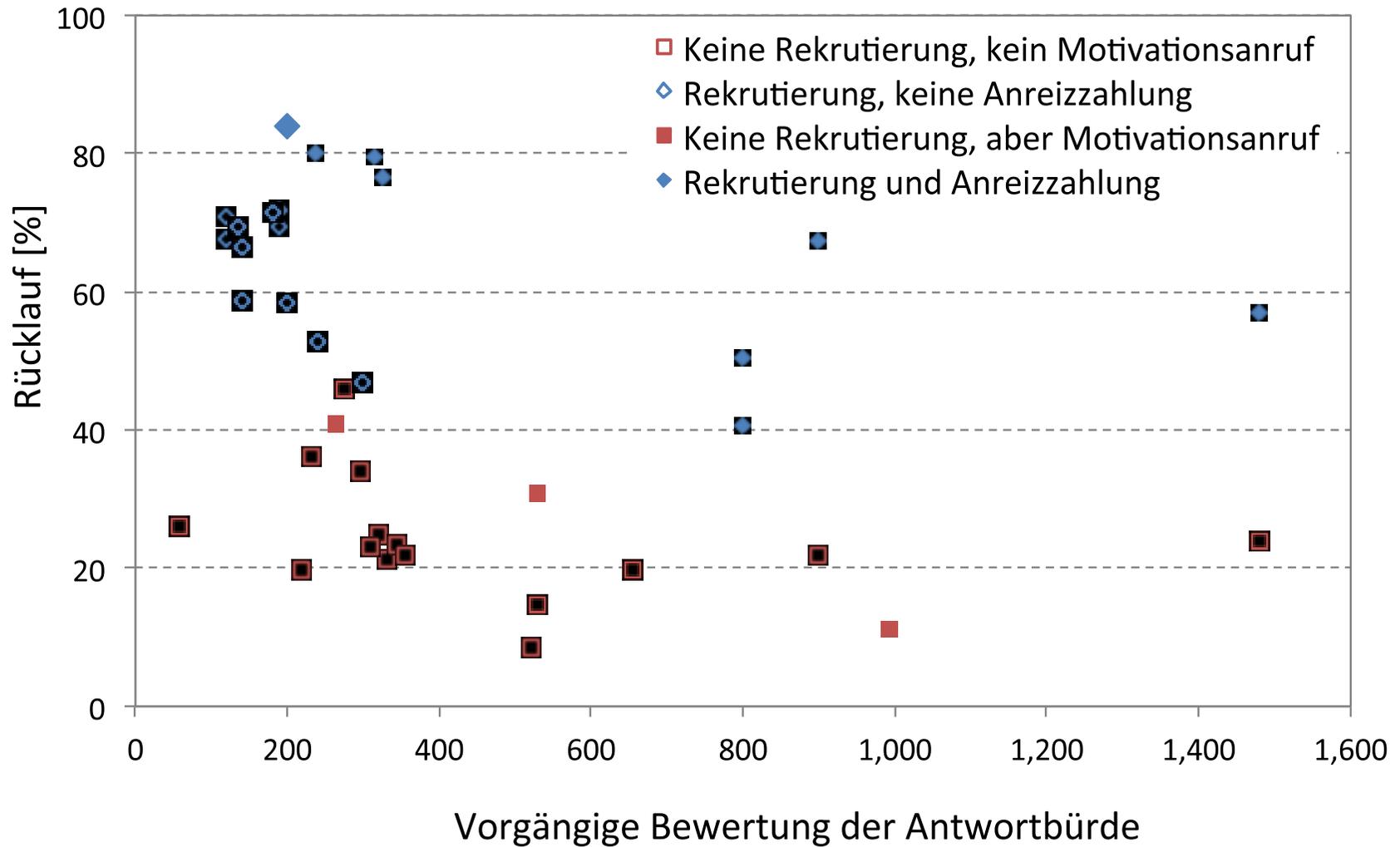
Experimente:

- SC 1: Wahl des Parkplatzes (Parkplatz 1 & 2, Abruch der Suche)
- SC 2: Wahl des Ziels (Standort 1 & 2, Abruch der Suche)
- SC 3: Verkehrsmittelwahl (zu Fuss, Fahrrad, ÖV, MIV)
- SC 4: Wahl des Arbeitsplatzes (Bisheriger und neuer Arbeitsplatz)

Non-Trading Verhalten



Rücklauf im Vergleich



Ergebnisse der stated choice Experimente

13'000 kurzfristige Entscheidungen: MNL versus ML

Multinomial Logit (MNL) mit nicht-linearen Interaktionstermen:

- VTTS – Distanz des Weges $f(y, x) = \beta_x \cdot \left(\frac{y}{y}\right)^{\lambda_{y,x}} \cdot x$
- VTTS – Einkommen
- Zahlungsbereitschaft für Suchzeit – Aufenthaltsdauer
- Zahlungsbereitschaft für Suchzeit – Einkommen

Mixed Logit (ML): Interaktionen ersetzt durch «unerklärte» Heterogenität (zufallsverteilte Parameter) für:

- VTTS
- Zahlungsbereitschaft für Suchzeit

Logit-Modell: VTTS

Trade-offs

$$V = 0 !$$

VTTS

$$\beta_{tt} \quad [1/h]$$

$$\beta_k \quad [1/sFr]$$

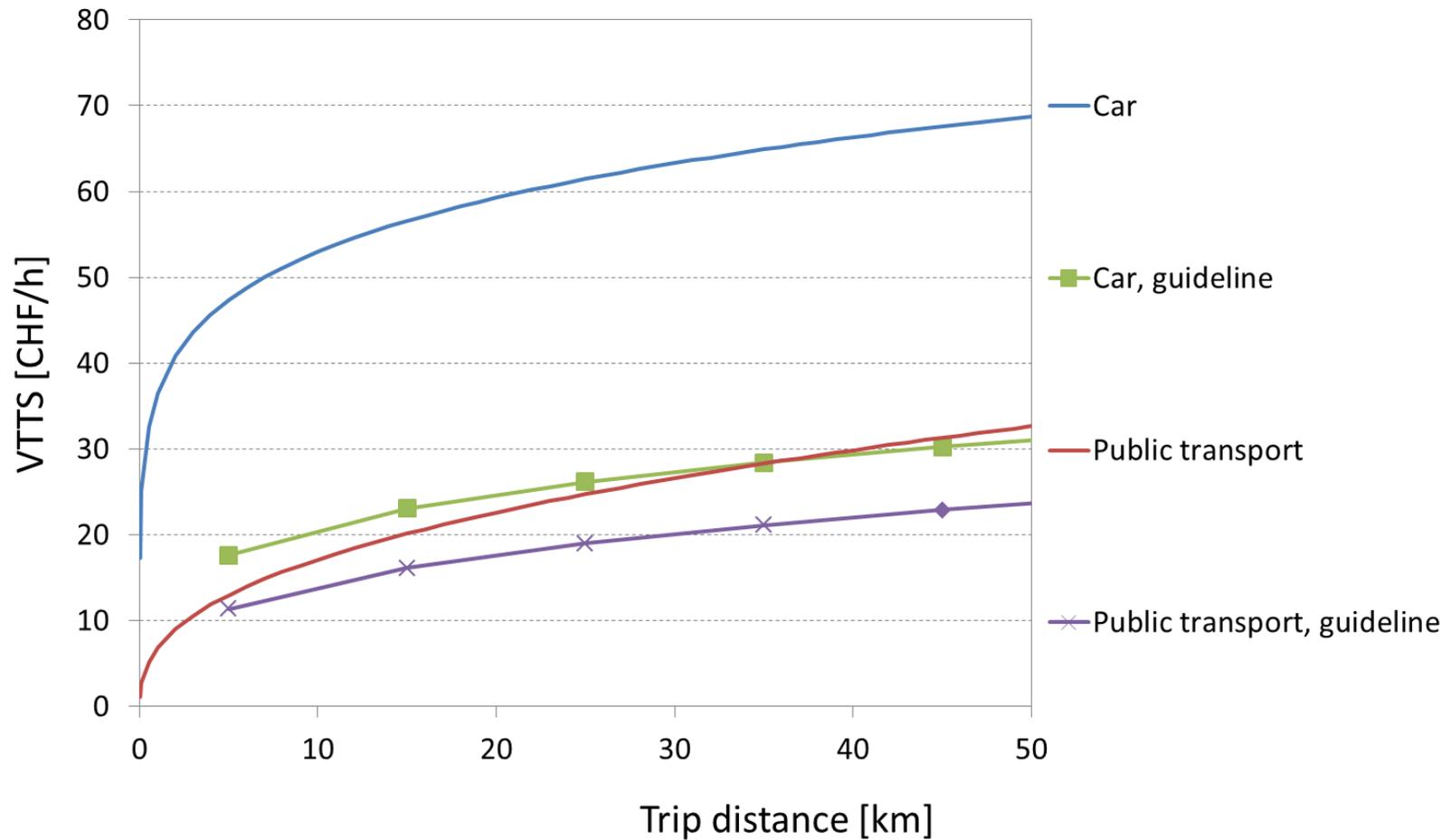
Logit-Modell: Elastizitäten

Eigenelastizität: $E_{i, x_{ki}} = \frac{\partial P_i}{\partial x_{ki}} \frac{x_{ki}}{P_i}$

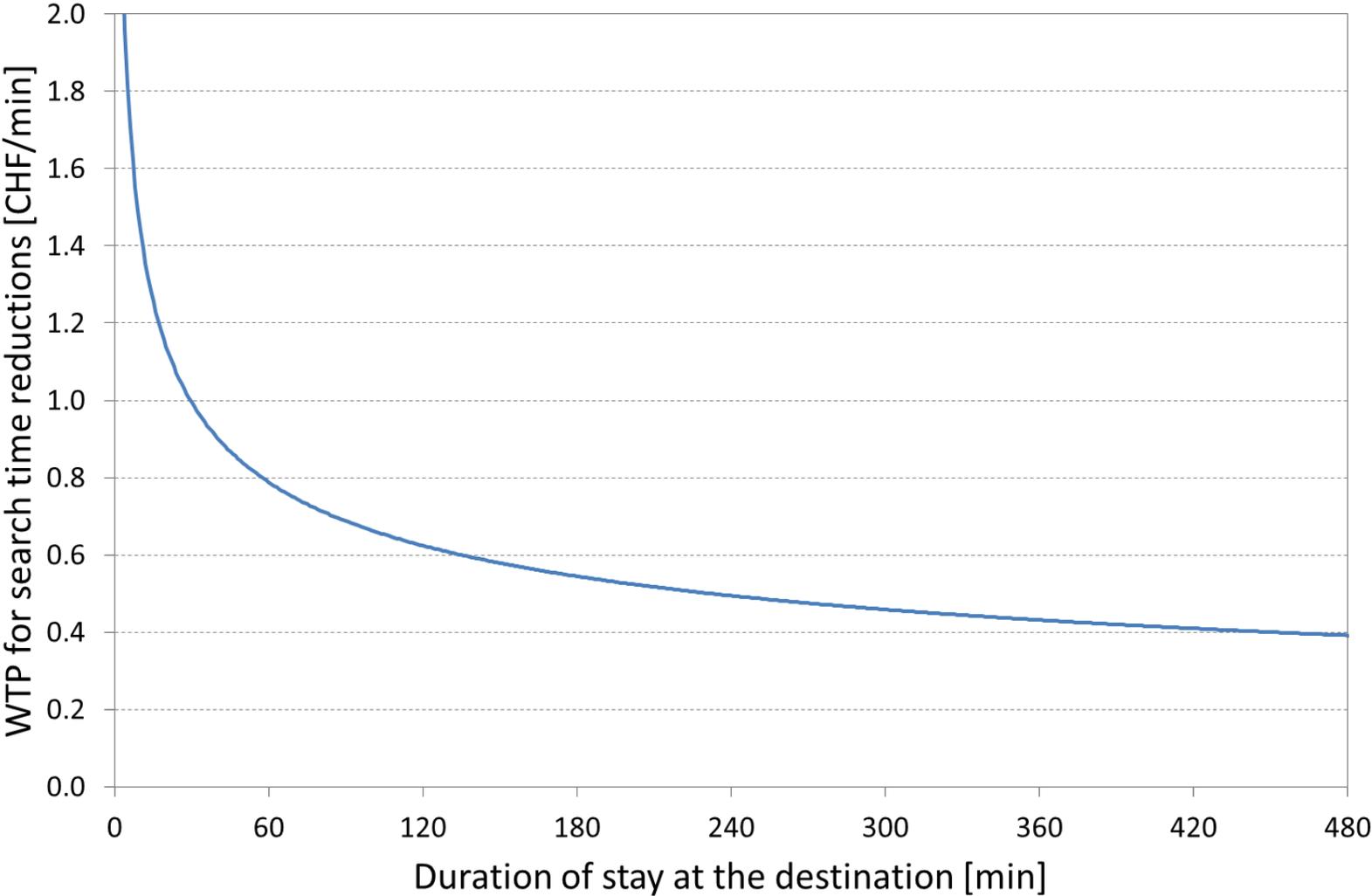
$$= \left(\frac{\partial}{\partial x_{ki}} \frac{e^{V_i}}{\sum_j e^{V_j}} \right) \frac{x_{ki}}{P_i}$$
$$= (1 - P_i) \beta_k x_{ki}$$

Kreuzelastizität: $E_{ij} = -\beta_k x_{kj} P_j$

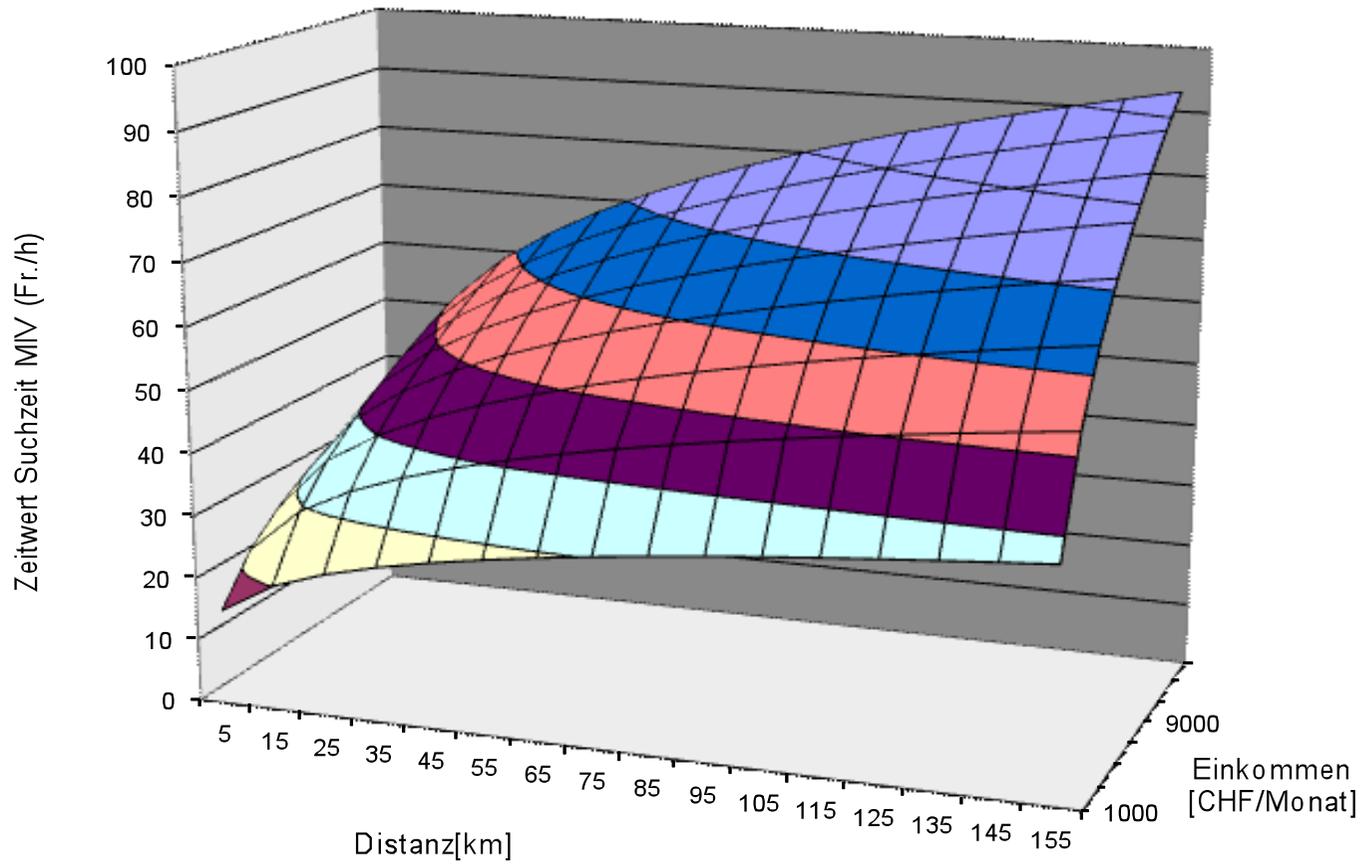
MNL: Value of travel time savings (VTTS)



MNL: Zahlungsbereitschaft für Suchzeit (WTP)



MNL: Zahlungsbereitschaft Parkplatzsuchzeit



Einsichten: Verhältnisse

	Parkplatzwahl	Zielwahl	VM			
			Alle	Pendler	Ein- kauf	Frei- zeit
Reisezeit IV/Reisezeit ÖV			1.16	1.20	1.79	0.93
Suchzeit / Reisezeit	3.00	2.00	1.89	0.86	1.50	2.31
Abgang/Fahrzeit	3.00	1.30				
Umsteigen/Fahrzeit ÖV			7.51	6.07	16.7 1	8.13
Parkgebühr/Fahrtkosten			1.10	1.24	0.76	8.13

Eigenelastizitäten am Stichprobenmittel

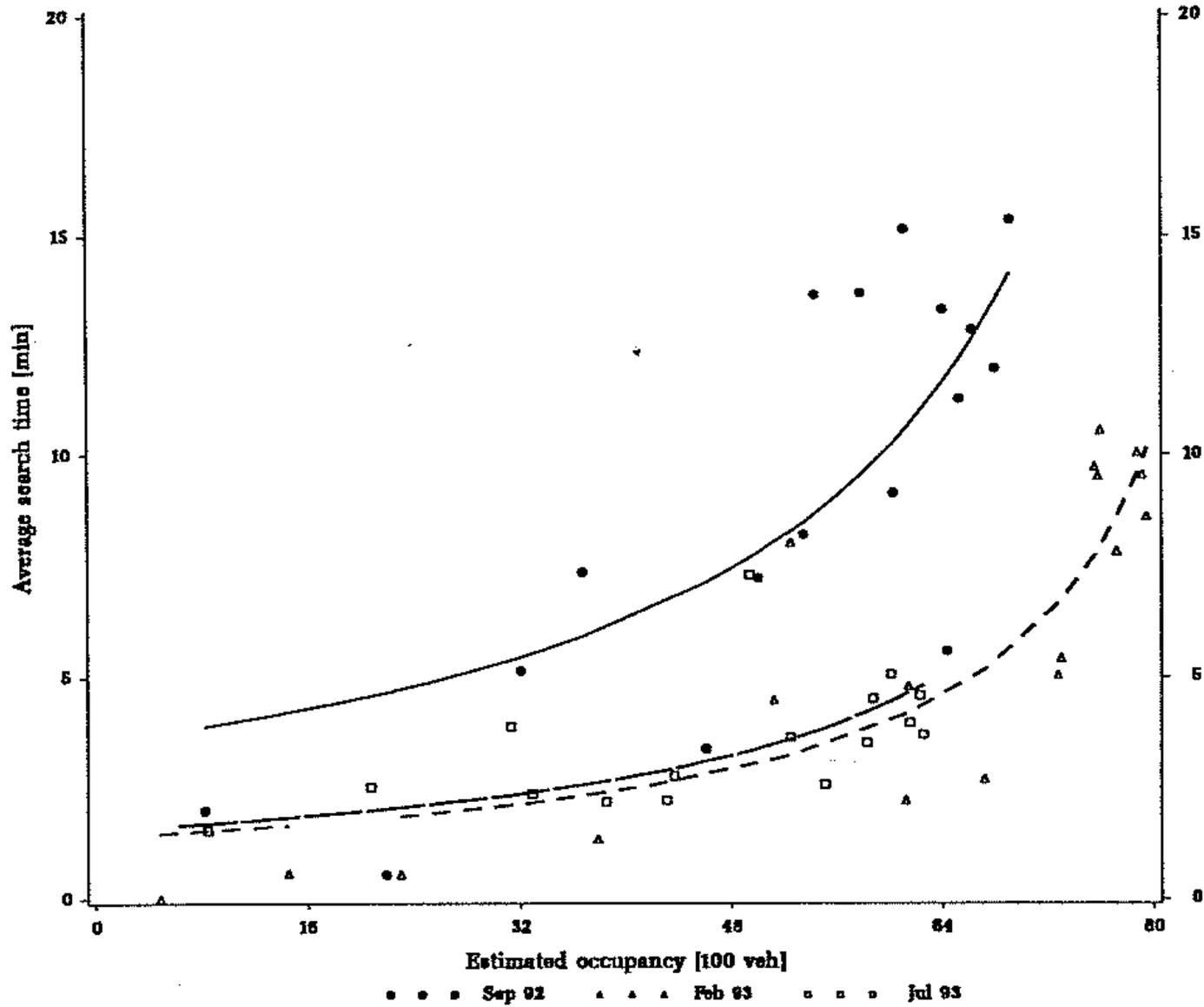
Nachfrage		Alle	Ein- kauf	Frei- zeit	Alle	Ein- kauf	Frei- zeit
	Abgangs- zeit	-0.14	-0.20	-0.10	-0.04	-0.05	-0.04
	Fahrt- zeit	-0.04	-0.01	-0.06	-0.12	-0.12	-0.12
	Such- zeit	-0.10	-0.09	-0.12	-0.05	-0.05	-0.04
	Park- gebühr	-0.14	-0.11	-0.19	-0.11	-0.14	-0.12

Alternative		Parkplatz	Ziel
	Abgangszeit	-0.65	-0.18
	Fahrtzeit	-0.19	-0.58
	Suchzeit	-0.48	-0.25
	Parkgebühr	-0.67	-0.51

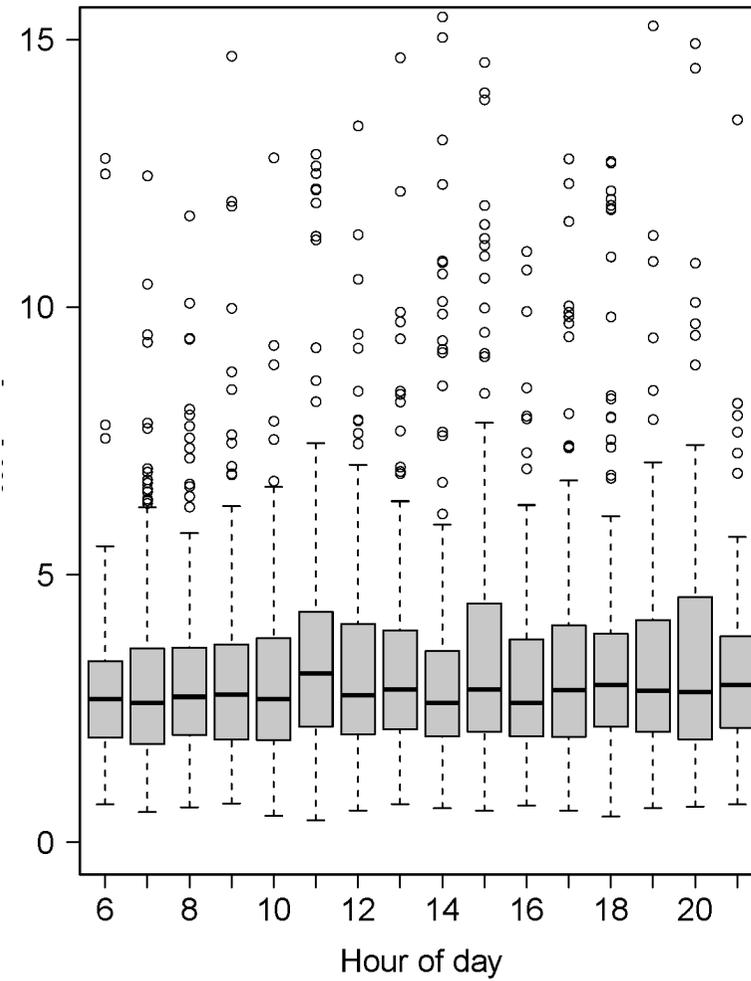
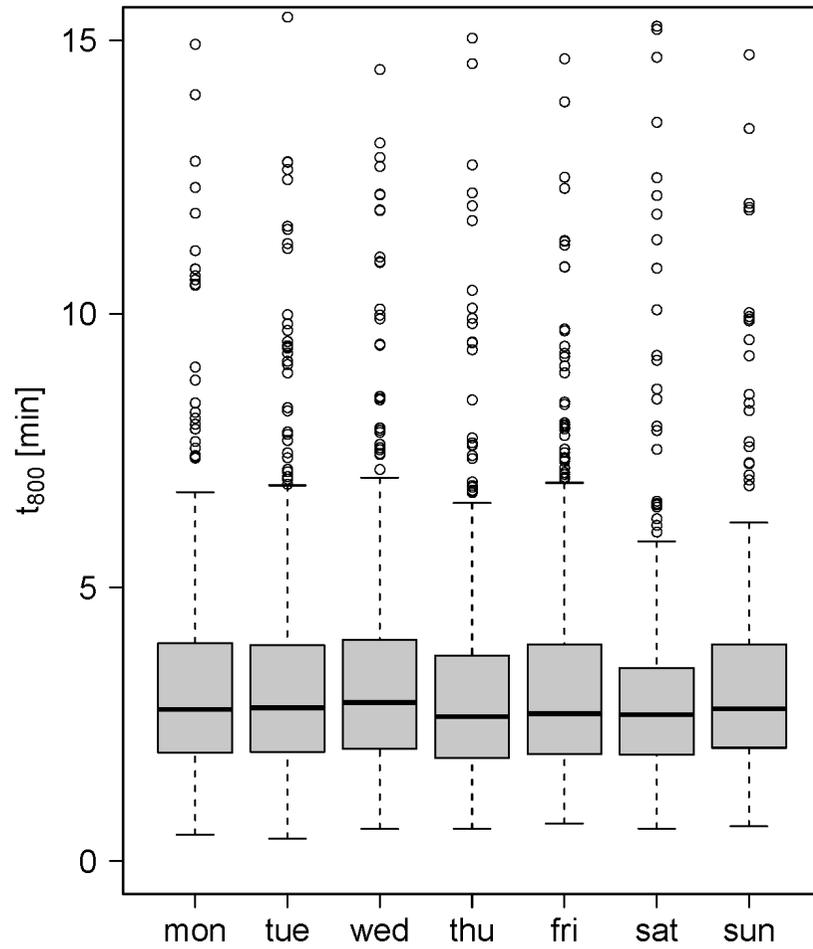
Suchzeiten in den GPS Daten

Suchzeiten in Frankfurt

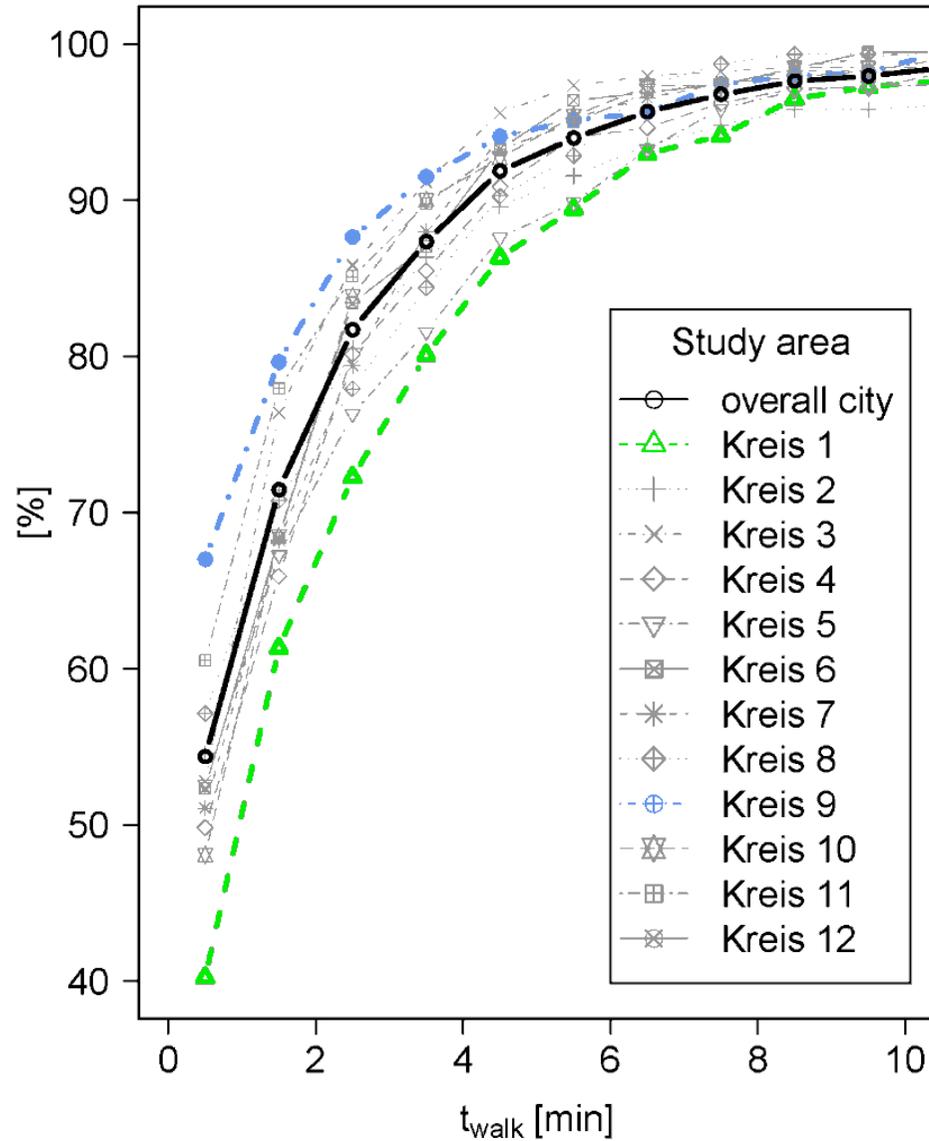
Source: Axhausen, Polak, Boltze und Puzicha (1994)



Fahrzeiten der letzten Meter in Zürich (r = 800 m)



Abgangszeiten in Zürich



Wirkungen auf Nachfrage und Energie

GVM Winterthur: Verkehrsmittelwahleffekte

pro Werktag	MIV- Wege	ÖV-Wege	Fusswege	Velo-Wege
Nullfall	215'956	67'828	127'578	47'634
Suchzeit +50%	209'316	69'653	131'297	49'248
Parkkosten +150%	202'261	71'240	132'700	50'222
Beides	196'578	73'380	135'520	51'579
Absolute Differenz gegenüber Nullfall				
Suchzeit +50%	-6'640	1'825	3'719	1'614
Parkkosten +150%	-13'695	3'412	5'121	2'588
Beides	-19'378	5'552	7'942	3'945
Relative Differenz gegenüber Nullfall				
Suchzeit +50%	-3.1%	2.7%	2.9%	3.4%
Parkkosten +150%	-6.3%	5.0%	4.0%	5.4%
Beides	-9.0%	8.2%	6.2%	8.3%

HBEFA: Energieverbrauch und CO₂-Emissionen

Teilgebiet	Abnahme gegenüber Nullfall					
	50%+ Suchzeit		150% Parkgebühren		Beides	
	Treibstoff	CO ₂	Treibstoff	CO ₂	Treibstoff	CO ₂
Winterthur (ohne A1)	2.3%	2.3%	4.8%	4.8%	6.8%	6.8%
übriges Untersuchungsgebiet	0.3%	0.3%	0.6%	0.6%	0.8%	0.8%
Total	0.4%	0.4%	0.8%	0.8%	1.1%	1.1%

Schlussfolgerung

- 1) Preise und Suchzeiten sind wirksame Instrumente der Steuerung
- 3) Das Parkierungsangebot beeinflusst das langfristige Verhalten (Wahl des Arbeitsplatzes) nur schwach
- 4) Eine Verknappung/Verteuerung des Parkierungsangebotes senkt den Treibstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen

Fragen

www.ivt.ethz.ch

Literatur

Axhausen, K. W., J. W. Polak, M. Boltze and J. Puzicha (1994) Effectiveness of the parking guidance information system in frankfurt am main, *Traffic Engineering and Control*, **35** (5) 304–309

Anhang

Aufteilung der Experimente

Fragebogen	Erstes SP (Anzahl)	Zweites SP (Anzahl)	Anzahl Befragte
1	SC 1 (10)	SC 3 zu Fuss – MIV – ÖV (10)	49
2	SC 1 (10)	SC 3 Velo – MIV – ÖV (10)	39
3	SC 1 (10)	SC 3 MIV – ÖV (10)	94
4	SC 1 (10)	SC 4 (6)	289
5	SC 2 (10)	SC 3 zu Fuss – MIV – ÖV (10)	57
6	SC 2 (10)	SC 3 Velo – MIV – ÖV (10)	57
7	SC 2 (10)	SC 3 MIV – ÖV (10)	99
8	SC 2 (10)	SC 4 (6)	335
9	SC 1 (10)	SC 2 (10)	223

Befragung; Versuchsplan SP 1

Attribut	Ausprägungen	Parkplatz 1	Parkplatz 2	Abbruch
Aktivitätstyp	Einkauf / Freizeit	x	x	x
Aufenthaltsdauer	25%, 50%, 85% Perzentil	x	x	x
Kosten Parkplatz fix	0.-, 2.-, 5.- CHF	x	x	
Kosten Parkplatz variabel	0.-, 2.-, 5.- CHF/h	x	x	
Kosten Parkplatz maximal	10.-, 20.-, 30.- CHF	x	x	
Kosten Parkplatz	aus vorigen 3	x	x	
Typ des Parkstands	Strasse, offen, Parkhaus	x	x	
Zu- und Abgangszeit	5, 8, 12 min.	x	x	
Suchzeit	0, 5, 15 min.	x	x	
Fahrtzeit	3, 7, 12 min.	x	x	
Reisezeit	aus vorigen 3	x	x	

Befragung; SP 1

	Parkplatz 1		Parkplatz 2		Abbruch
Typ	Auf der Strasse		Im Parkhaus		-
Kosten	6.0	CHF	4.5	CHF	-
Gesamtzeit bis zum Ziel	25	min	31	min	-
davon Fahrtzeit	12	min	8	min	-
davon Suchzeit	5	min	15	min	-
davon Abgangszeit	8	min	8	min	-
← Wahl →					
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

Befragung; Versuchsplan SP2

Attribut	Ausprägungen	Parkplatz 1	Parkplatz 2	Abbruch
Aktivitätstyp	Einkauf / Freizeit	x	x	x
Aufenthaltsdauer	25%, 50%, 85% Perzentil	x	x	x
Kosten Parkplatz fix	0.-, 2.-, 5.- CHF	x	x	
Kosten Parkplatz variabel	0.-, 2.-, 5.- CHF/h	x	x	
Kosten Parkplatz maximal	10.-, 20.-, 30.- CHF	x	x	
Kosten Parkplatz	aus vorigen 3	x	x	
Typ des Parkstands	Strasse, offen, Parkhaus	x	x	
Zu- und Abgangszeit	5, 8, 12 min.	x	x	
Suchzeit	0, 5, 15 min.	x	x	
Fahrtzeit	3, 7, 12 min.	x	x	
Reisezeit	aus vorigen 3	x	x	
Lage des Standortes	Innenstadt, Stadtrand	x	x	
Preisniveau	niedrig, mittel, hoch	x	x	
Preis / Leistung	angemessen, gut, sehr gut	x	x	

Befragung; SP 2

	Standort 1		Standort 2		Abbruch
Typ des Parkplatzes	Auf der Strasse		Im Parkhaus		-
Kosten	6.0	CHF	4.5	CHF	-
Gesamtzeit bis zum Ziel	25	min	31	min	-
davon Fahrtzeit	12	min	8	min	-
davon Suchzeit	5	min	15	min	-
davon Abgangszeit	8	min	8	min	-
Typ des Standorts	Innenstadt		Stadttrand		-
Preisniveau	Hoch		Mittel		-
Preis- / Leistungsverhältnis	Gut		Sehr gut		-
← Wahl →					
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

Befragung; Versuchsplan SP 3

Attribut	Ausprägungen	zu Fuss	Velo	MIV	ÖV
Benzinkosten	85%, 110%, 125% RP			x	
Kosten Parkplatz fix	0.-, 1.50, 4.- CHF			x	
Kosten Parkplatz variabel	0.-, 1.-, 2.50 CHF/h			x	
Kosten Parkplatz maximal	20.- CHF			x	
Kosten Parkplatz	aus vorigen 3			x	
Kosten ÖV	75%, 90%, 120%				x
Reisezeit LV	aus RP	x	x		
Reisezeit MIV	90%, 110%, 130% RP			x	
Suchzeit MIV	0, 3, 9 min			x	
Zu- und Abgangszeit MIV	2, 4, 10 min			x	
Reisezeit ÖV	80%, 95%, 120% RP				x
Zu- und Abgangszeit ÖV	2, 4, 10 min				x
Umsteigen	-1, +/-0, +1 Mal				x
Takt ÖV	-2, -1, 0 Stufen				x

Befragung; SP 3

Velo			Auto			Öffentlicher Verkehr				
Fahrtzeit	12	min	Fahrtzeit	10	min	Fahrtzeit	15	min		
			Kosten Treibstoff	2.0	CHF	Fährt alle	20	min		
			Kosten Parkplatz	20.0	CHF	Kosten	9.0	CHF		
						Umsteigen	1	Mal		
<input type="checkbox"/>			←	Wahl			→	<input type="checkbox"/>		
<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>		

Befragung; Versuchsplan SP 3

Attribut	Ausprägungen	Aktuell	Neu
Parkplatzkosten	aus RP / 0.-, 75.-, 125.- CHF/Monat	x	x
Suchzeit	aus RP / 5, 10 Minuten	x	x
Reisezeit MIV	aus RP / 30%, 80%, 130%, 175% RP	x	x
Reisezeit ÖV	aus RP / 75%, 90%, 120% RP	x	x
Takt ÖV	aus RP / -1, +1 Stufe	x	x
Verantwortung	aus RP / +1, +2 Stufen	x	x
Einkommen	aus RP / 80%, 120%, 175% RP	x	x
Firmenwagen	aus RP / ja, nein	x	x
GA / Monatskarte	aus RP / ja, nein	x	x
Neuer Bereich	aus RP / ja, nein	x	x
Neue Firma	aus RP / ja, nein	x	x

SP 4: Versuchsplan

Attribut	Ausprägungen	Aktuell	Neu
Parkplatzkosten	aus RP / 0.-, 75.-, 125.- CHF/Monat	x	x
Suchzeit	aus RP / 5, 10 Minuten	x	x
Reisezeit MIV	aus RP / 30%, 80%, 130%, 175% RP	x	x
Reisezeit ÖV	aus RP / 75%, 90%, 120% RP	x	x
Takt ÖV	aus RP / -1, +1 Stufe	x	x
Verantwortung	aus RP / +1, +2 Stufen	x	x
Einkommen	aus RP / 80%, 120%, 175% RP	x	x
Firmenwagen	aus RP / ja, nein	x	x
GA / Monatskarte	aus RP / ja, nein	x	x
Neuer Bereich	aus RP / ja, nein	x	x
Neue Firma	aus RP / ja, nein	x	x

Befragung; SP 4

	Bisher		Neu	
Dauer des <u>PW-Anfahrtsweges</u>	40	min	52	min
Dauer des <u>ÖV-Anfahrtsweges</u>	50	min	60	min
Eine ÖV-Verbindung alle	20	min	30	min
Parkplatz verfügbar	ja		ja, fester Platz	
Parkplatzkosten	80	CHF / Monat	120	CHF / Monat
Durchschnittliche Suchzeit	5	min	0	min
Bruttoeinkommen	6'000	CHF / Monat	7'200	CHF / Monat
Verantwortung über	15 Mitarbeiter / 3 Mio. CHF		5 Mitarbeiter / 1 Mio. CHF	
Firmenwagen verfügbar	nein		nein	
GA durch Arbeitgeber gestellt	ja		nein	
Wechsel des Bereiches	nein		nein	
Wechsel der Firma	nein		ja	
<input type="checkbox"/> ← Wahl → <input type="checkbox"/>				
Falls Sie sich für den neuen Arbeitsplatz entscheiden würden:				
Mit welchem Verkehrsmittel würden Sie dann wahrscheinlich zur Arbeit fahren?				
<input type="checkbox"/>	mit dem Auto		<input type="checkbox"/>	mit dem öffentlichen Verkehr

Befragung; Stichprobe

Welle	Verschickte Fragebögen	Retournierte Fragebögen	Rücklauf [%]
Pretest	297	242	81.5
1	451	377	83.6
2	473	406	85.8
3	21	18	85.7
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>			
	1'242	1'043	84.0

Funktionsform

- Linear

$$\begin{aligned}
 V_{gijm} = & \text{Konstante} + \beta_{\text{Zeit}} X_{\text{Zeit}} + \beta_{\text{Kosten}} X_{\text{Kosten}} + \dots \\
 & + \beta_{GA} X_{GA} + \beta_{PW_Besitz} X_{PW_Besitz} \\
 & + \beta_{Zuf\ r\ u\ h} X_{Zuf\ r\ u\ h} + \beta_{Zusp\ a\ t} X_{Zusp\ a\ t} + \beta_{Sprache} X_{Sprache} \\
 & + \dots
 \end{aligned}$$

- Nichtlinear (Beispiel)

$$\begin{aligned}
 V = & \text{Konstante} + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots \\
 & + \beta_{\text{Zeit}} \left(\frac{\text{Kosten}}{\text{Kosten_Mittelwert}} \right)^{\lambda_{\text{Kosten}}} X_{\text{Zeit}} + \\
 & \beta_{\text{Kosten}} \left(\frac{\text{Einkommen}}{\text{Einkommen_Mittelwert}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen}}} \left(\frac{\text{Dis tan z}}{\text{Dis tan z_Mittelwert}} \right)^{\lambda_{\text{Dis tan z}}} X_{\text{Kosten}}
 \end{aligned}$$

$$\text{VOT}_{\text{Bus}} = \frac{\beta_{\text{RZ, Bus}}}{\beta_{\text{Kosten, Bus}}}; \quad \left[\frac{1}{\text{Zeit}} \frac{\text{Kosten}}{1} = \frac{\text{Kosten}}{\text{Zeit}} \right]$$

- Elastizitäten [Einzelne Angebotskomponente]

Modellgüte

	MNL	Mixed Logit
Null Log-Likelihood	-18'575	-18'575
Finale Log-Likelihood	-10'837	-9'246
<i>Adjusted ρ^2</i>	0.414	0.500
Anzahl Beobachtungen	14'499	14'499
Laufzeit	44 Minuten	17 Tage
