

SVI-Fachtagung Forschung 2012

SVI 2008/002

## **Einfluss des Parkierungsangebotes auf das Verkehrsverhalten und den Energieverbrauch**

büro widmer | IVT ETH | TransOptima

### Forschungsfragen

---

Wie beeinflusst das Parkierungsangebot

- die Parksuchzeit?
- die Wahl des Parkplatzes?
- die Zielwahl?
- die Verkehrsmittelwahl?
- die Wahl des Arbeitsplatzes?
- den Treibstoffverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen?

Beschreibung Parkierungsangebot:

- Auslastung → Suchzeit
- Gebühren
- Zu-/Abgangszeit
- Typ und Lage

## Methodik

---

Abbildung des Verkehrsverhaltens mit diskreten Entscheidungsmodellen

- kurzfristige Entscheide:
  - Wahl des Parkplatzes am Zielort
  - Wahl des Zielortes
  - Wahl des Verkehrsmittels
  
- langfristiger Entscheid:
  - Wahl des Arbeitsortes

Erhebung der benötigten Datengrundlagen mit RP- und SC-Befragungen

3

## Befragungen

---

*Revealed Preference* Befragung

Fragen zu:

- Soziodemographie
- Häufig besuchte Orte (Arbeitsplatz / Einkaufsort / Freizeit)
- Verkehrsmittelwahl für Wege zu diesen Orten
- Suchstrategien in Städten

4

## Befragungen

---

*Stated Choice* Befragung in 4 Teilen:

- (1) Wahl des Parkplatzes:
  - Parkplatz 1
  - Parkplatz 2
  - Abbruch der Suche
  
- (2) Zielwahl:
  - Standort 1
  - Standort 2
  - Abbruch der Suche
  
- (3) Verkehrsmittelwahl:
  - Verfügbare Verkehrsmittel (zu Fuss / Fahrrad / ÖV / MIV)
  
- (4) Wahl des Arbeitsplatzes:
  - Bisheriger Arbeitsplatz
  - Neuer Arbeitsplatz

5

## Befragung; Vorgehen

---

- Rekrutierung der Befragten (über mehrere Wochen):
  - aus dem bestehenden Online-Panel der Firma Intervista
  - Anreizzahlung im Wert von 3.- CHF
  
- RP-Befragung
  - Soziodemographie
  - Häufig besuchte Orte (Arbeitsplatz / Einkaufsort / Freizeit)
  - Verkehrsmittelwahl für Wege zu diesen Orten
  - Suchstrategien in Städten
  
- Erzeugung der Alternativen für Wege zu berichteten Orten:
  - zu Fuss / Fahrrad: basierend auf Distanz
  - MIV: MATSim-Routing
  - ÖV: Abfrage SBB-Website (HAFAS-Fahrplan)
  
- Erstellung der SP-Experimente basierend auf berichteten Wegen und deren Alternativen

6

## Befragung; Aufteilung der Experimente

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

7

## 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	

8

## 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"/>	

9

## 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	

10

## 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"/>	

11

## 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

12

## 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
			←	Wahl		→		
<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		

13

## Befragung; Versuchsplan SP 4

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

14

## Befragung; SP 4

	Bisher	Neu
Dauer des <del>PV</del> -Anfahrtsweges	40 min	32 min
Dauer des <del>ÖV</del> -Anfahrtsweges	50 min	60 min
Eine <del>ÖV</del> -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

< Wahl >

Falls Sie sich für den neuen Arbeitsplatz entscheiden würden:

Mit welchem Verkehrsmittel würden Sie dann wahrscheinlich zur Arbeit fahren?

mit dem Auto
  mit dem öffentlichen Verkehr

15

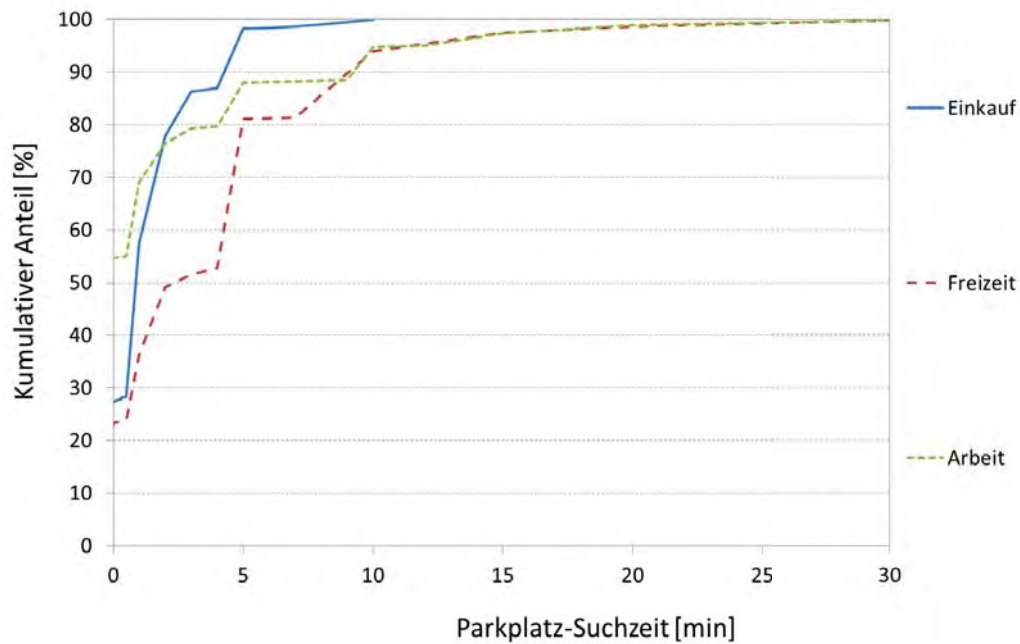
## Befragung; Stichprobe

Welle	Verschickte Fragebögen	Retournerierte Fragebögen	Rücklauf [%]
Pretest	297	242	81.5
1	451	377	83.6
2	473	406	85.8
3	21	18	85.7
	1'242	1'043	84.0

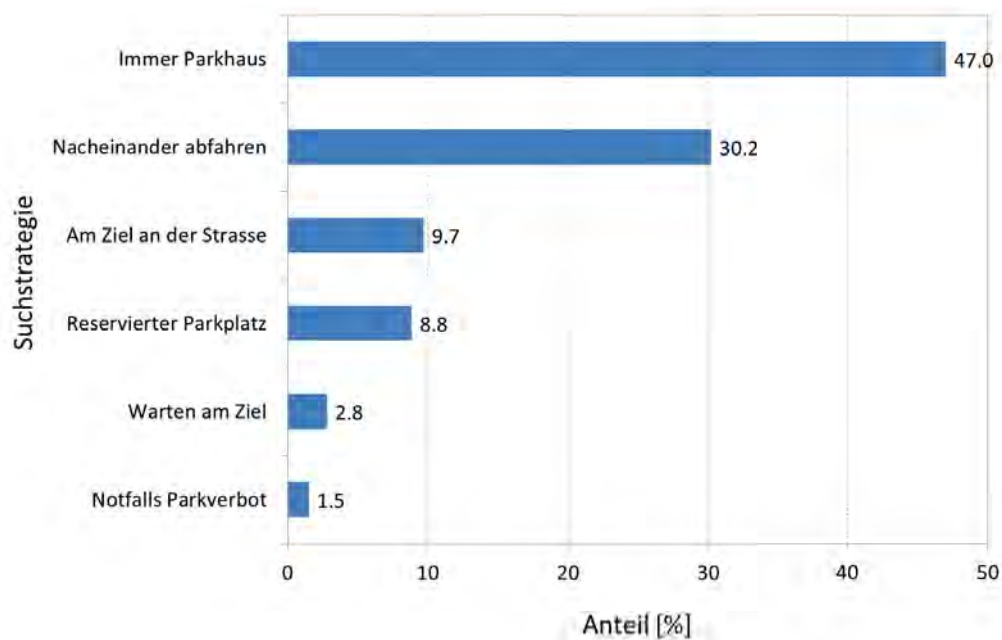
16



## Parkplatz-Suchzeit

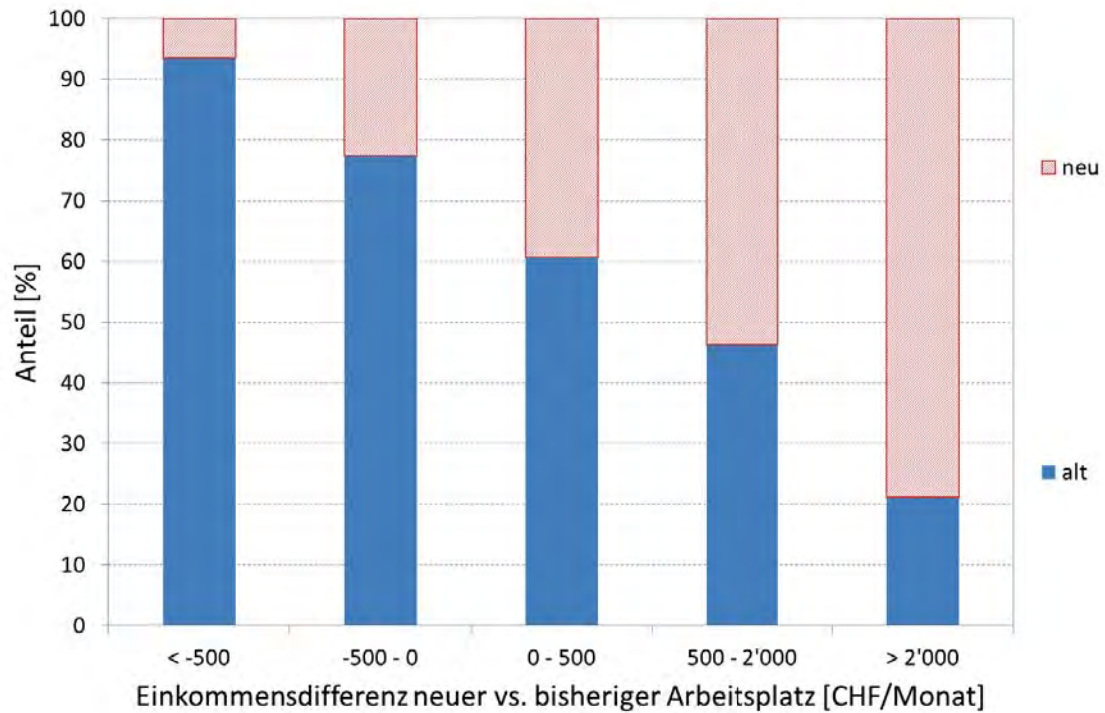


## Anteile der Suchstrategien



## Ergebnisse SP-Befragung 4

---



19

## Modellschätzungen

---

- Datenaufbereitung
- Modellform und Modellschätzungen für betrachtete Experimente und Entscheidungen
- Modellparameter und Elastizitäten für betrachtete Einflussfaktoren einschl. Parkplatzangebot

20

## Modellschätzungen

---

### Anzahl Beobachtungen

- SP 1 (Parkplatzwahl): 5'795 Entscheidungen
- SP 2 (Zielwahl): 5'312 Entscheidungen
- SP 3 (Verkehrsmittelwahl): 2'804 Entscheidungen
- SP 1+SP 2+SP 3 (Gemeinsames Modell): 13'114 Entscheidungen
- SP 4 (Wahl des Arbeitsplatzes): 3'047 Entscheidungen

### Modellansatz

- SP 1, SP 2, SP 3 und Gemeinsames Modell: *Multinomiale Logit* Modell
- SP 4: *Mixed Logit* Modell

21

---

## Logit-Ansatz: Nutzenfunktion V

---

$$P_{jq} = \frac{e^{V_{jq}}}{\sum_{\forall n} e^{V_{nq}}}$$

$$V_{gjm} = \alpha_{gm} + \beta_{gm1} X_{ijm1} + \beta_{gm2} X_{ijm2} + \dots = \alpha_{gm} + \sum_k \beta_{gmk} X_{ijmk}$$

Beispiele für  $X_{ijm}$ : Reisezeit, Kosten, Bedienungshäufigkeit, .....

mit

$V_{gjm}$  Nutzen von Modus m für die Fahrt von i nach j

$\alpha_{gm}$  Konstante für Personengruppe g und Modus m

$\beta_{gmk}$  Bewertung von Attribut k für die Personengruppe g und Modus m

$X_{ijmk}$  Wert des Attributs k für Modus m für die Fahrt von i nach j

22

## Funktionsform

---

- Linear

$$\begin{aligned}
 V_{gijm} = & \text{Konstante} + \beta_{\text{Zeit}} X_{\text{Zeit}} + \beta_{\text{Kosten}} X_{\text{Kosten}} + \dots \\
 & + \beta_{GA} X_{GA} + \beta_{PW\_Besitz} X_{PW\_Besitz} \\
 & + \beta_{Zuf\_rüh} X_{Zuf\_rüh} + \beta_{Zuspät} X_{Zuspät} + \beta_{Sprache} X_{Sprache} \\
 & + \dots
 \end{aligned}$$

- Nichtlinear (Beispiel)

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

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

- Elastizitäten [Einzelne Angebotskomponente]

23

## Modellparameter: Parkplatzwahl

---

- Richtige Vorzeichen, signifikant und genügende Erklärungskraft
- Sehr ähnliche Ergebnisse aus linearen und nicht linearen Modellformen
- Such- und Abgangszeit sehr ähnlich bewertet (ca. 60 Fr./h)
- Such- und Abgangszeit werden dreimal höher bewertet als Fahrtzeit
- Offener Parkplatz und Parkhaus gegenüber dem Parkieren am Strassenrand höher bewertet
- Abgangszeit im Einkaufsverkehr höher bewertet als bei anderen Fahrtzwecken

24

## Elastizitäten: Parkplatzwahl

---

Aus der Stichprobe berechnete Mittelwerte der Attribute und Verkehrsnachfrageanteile

$$\text{Eigenelastizität} = \beta_{kj}(1 - P_j)X_{kj}$$

Direkte Gesamtelastizitäten der Parkierungsnachfrage

Angebotsvariablen	Alle	Einkauf	Freizeit
Abgangszeit	-0.14	-0.20	-0.10
Fahrtzeit	-0.04	-0.01	-0.06
Suchzeit	-0.10	-0.09	-0.12
Kosten Parkplatz	-0.14	-0.11	-0.19

25

## Elastizitäten: Parkplatzwahl

---

Direkte Elastizitäten der Parkierungsnachfrage

Attribut	Direkte Elastizität		Kreuz-Elastizität	
	Parkplatz 1	Parkplatz 2	Parkplatz 1	Parkplatz 2
Abgangszeit	-0.67	-0.63	0.64	0.67
Fahrtzeit	-0.20	-0.18	0.19	0.19
Suchzeit	-0.50	-0.46	0.47	0.49
Kosten Parkplatz	-0.69	-0.65	0.66	0.68

→ Abgangszeit, Suchzeit und Kosten entscheiden

→ Fahrtzeit weniger relevant

26

## Modellparameter: Zielortwahl

---

- Richtige Vorzeichen, signifikant und genügende Erklärungskraft
- Höhere Zahlungsbereitschaft mit zunehmender Dauer der Aktivität
- Die Differenz bei den Bewertungen der Abgangszeit und der Fahrtzeit ist im Vergleich mit dem Parkplatzwahl-Modell deutlich kleiner (Anteil der Abgangszeit an den generalisierten Kosten) :
  - Abgangszeit/Fahrtzeit = Faktor 1,3 (Parkplatzwahl = 3)
  - Suchzeit/Fahrtzeit = Faktor 2 (Parkplatzwahl = 3)
- Offener Parkplatz und Parkhaus gegenüber dem Parkieren am Strassenrand höher bewertet
- Besseres Preis-/Leistungsverhältnis erhöht die Wahrscheinlichkeit für Zielortwahl
- Zwischen den Fahrtzwecken Einkauf und Freizeit ist bezüglich der Bewertung der Angebotsattribute kein bedeutender Unterschied festzustellen
- Innenstadt wird gegenüber Stadtrand bevorzugt

27

## Elastizitäten: Zielortwahl

---

*Aus der Stichprobe berechnete Mittelwerte der Attribute und Verkehrsnachfrageanteile*

Direkte Gesamtelastizitäten der Zielortnachfrage

Attribut	Alle	Einkauf	Freizeit
Abgangszeit	-0.04	-0.05	-0.04
Fahrtzeit	-0.12	-0.12	-0.12
Suchzeit	-0.05	-0.05	-0.04
Kosten (Parkplatz)	-0.11	-0.14	-0.12

28

## Elastizitäten: Zielortwahl

---

*Aus der Stichprobe berechnete Mittelwerte der Attribute und Verkehrsnachfrageanteile*

### Direkte Elastizitäten der Zielortnachfrage

Attribut	Direkte Elastizität		Kreuz-Elastizität	
	Zielort 1	Zielort 2	Zielort 1	Zielort 2
Abgangszeit	-0.18	-0.18	0.18	0.18
Fahrtzeit	-0.58	-0.59	0.59	0.59
Suchzeit	-0.21	-0.22	0.22	0.22
Kosten Parkplatz	-0.52	-0.52	0.53	0.53

→ Fahrtzeit und Kosten entscheiden

→ Abgang- und Suchzeit weniger relevant

29

## Modellparameter: Verkehrsmittelwahl

---

- Richtige Vorzeichen, signifikant und genügende Erklärungskraft
- Die für die Abgangszeiten und Suchzeiten geschätzten Modellparameter sind ungefähr doppelt so hoch wie jene für die Fahrtzeit
- Ähnliche Bewertung der Abgangszeit, Suchzeit, Velo- und Fusszeit
- Abgangszeit im ÖV höher bewertet als im MIV
- Parkplatzkosten ca. 25% höher bewertet als Fahrtkosten (Fahrtkosten nur im SP 3 berücksichtigt)
- Für die Verkehrsmittelwahl ist die Verfügbarkeit der Mobilitätswerkzeuge von entscheidender Bedeutung
- Die Bewertung der weiteren Angebotsmerkmale wie Umsteigehäufigkeit, Takt usw. zeigen eine ähnliche Tendenz wie in bisherigen Studien in der Schweiz

30

## Indikatoren der Zahlungsbereitschaft (beim Stichprobenmittel)

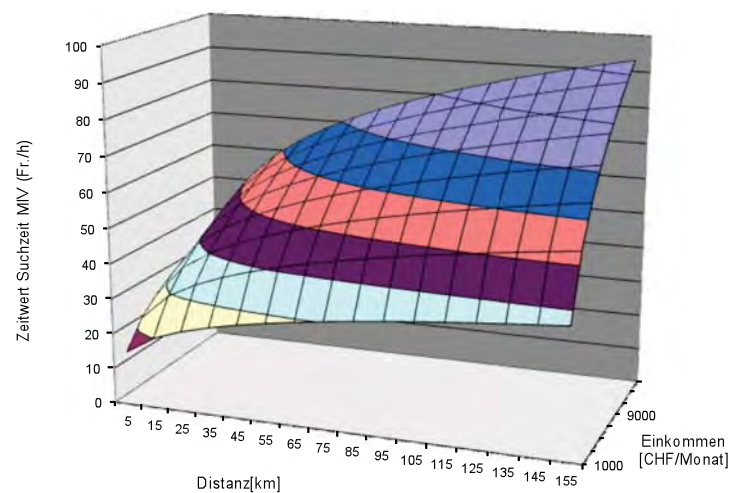
- MIV-Reisezeit / Fahrtkosten: 19.5 CHF/h (ohne Gewichtung 22.5 CHF/h)
  - Hess *et al.*, 2007a: MIV = 21.7 CHF/h, VSS SN 641 822a: MIV = 19.4 CHF/h
- MIV-Suchzeit / Fahrtkosten: 38.2 CHF/h (ohne Gewichtung 42.4 CHF/h)
- ÖV-Reisezeit / Fahrtkosten: 17.8 CHF/h (ohne Gewichtung 19.4 CHF/h)
  - Hess *et al.*, 2007a: ÖV = 13.04 CHF/h, VSS SN 641 822a: ÖV = 13.1 CHF/h

### Parameter-Verhältnisse

Variable	Alle	Pendler	Einkauf	Freizeit
MIV-Reisezeit / ÖV-Reisezeit	1.16	1.20	1.79	0.93
MIV-Suchzeit / MIV-Reisezeit	1.89	0.86	1.50	2.31
MIV-Parkkosten / MIV-Fahrtkosten	1.10	1.24	0.76	0.66
Umsteigen / ÖV-Reisezeit [min/Vorgang]	7.51	6.07	16.71	8.13

31

## Zahlungsbereitschaft für Parkplatzsuchzeit in Abhängigkeit von Reisedistanz und Einkommen



32



# Mittlere Elastizitäten: Verkehrsmittelwahl

Aus der Stichprobe berechnete Mittelwerte der Attribute und Verkehrsnachfrageanteile

Attribut	Direkte Elastizitäten				Kreuzelastizitäten			
	Gesamt	Pendler	Einkauf	Freizeit	Gesamt	Pendler	Einkauf	Freizeit
Abgangszeit MIV	-0.18	-0.19	-0.29	-0.18	0.35	0.27	0.59	0.34
Abgangszeit ÖV	-0.43	-0.39	-0.61	-0.44	0.22	0.28	0.30	0.24
Fahrtzeit MIV	-0.29	-0.70	-0.35	-0.22	0.58	0.98	0.70	0.41
Fahrtzeit ÖV	-1.12	-1.09	-0.89	-1.34	0.57	0.78	0.44	0.71
Fahrtkosten MIV	-0.18	-0.18	-0.22	-0.37	0.35	0.26	0.45	0.70
Fahrtkosten ÖV	-0.39	-0.26	-0.86	-0.78	0.20	0.19	0.42	0.42
Parkkosten	-0.30	-0.59	-0.43	-0.36	0.59	0.83	0.87	0.67
Suchzeit	-0.17	-0.08	-0.26	-0.22	0.33	0.11	0.52	0.42
Takt ÖV	-0.45	-0.47	-0.69	-0.48	0.23	0.33	0.34	0.26
Umsteigezahl	-0.22	-0.19	-0.38	-0.28	0.11	0.14	0.19	0.15

Variable	Min	Mittelwert	Max	Standard Abweichung
Reisezeit MIV [min.]	1.0	15.5	280.0	15.0
Reisezeit ÖV [min.]	1.0	37.1	334.0	34.8
Fahrtkosten MIV [CHF]	0.0	3.6	46.4	5.0
Parkkosten [CHF]	0.0	5.6	20.0	4.6
ÖV-Kosten [CHF]	0.0	4.1	100.0	6.5
Suchzeit MIV (min.)	0.0	5.1	15.0	5.1
Abgangszeit MIV [min.]	2.0	6.6	12.0	3.5
Abgangszeit ÖV [min.]	2.0	5.3	10.0	3.4
Takt ÖV [min.]	5.0	35.0	120.0	25.9
Umsteigehäufigkeit ÖV	0.0	1.0	6.0	1.1
Reisezeit Velo [min.]	1.0	64.8	900.0	89.2
Reisezeit Fuss [min.]	4.0	243.1	3373.0	334.5

Verkehrsmittel	Alle	Pendler	Einkauf	Freizeit
MIV	0.664	0.584	0.668	0.652
ÖV	0.336	0.416	0.332	0.348
Fuss	0.000	0.000	0.000	0.000
Velo	0.000	0.000	0.000	0.000

33

## Wahl des Arbeitsplatzes (SP 4)

- Richtige Vorzeichen, signifikant und genügende Erklärungskraft
- Wie erwartet ist das Einkommen der wichtigste Einflussfaktor für die Arbeitsplatzentscheidung
- Aber auch die Reisekosten und die Reisezeit sind wichtige Einflussfaktoren
- Ein weiterer wichtiger Faktor ist das durch den Arbeitgeber zur Verfügung gestellte GA
- Als nicht signifikant erweist sich die Verfügbarkeit eines Firmenwagens oder eines Parkplatzes am Arbeitsort
- Ein höheres Alter sowie eine tiefere Schulbildung wirken sich negativ auf die Bereitschaft aus, den Arbeitsplatz zu wechseln
- Mit höherer Verantwortungsstufe sinkt die Wahrscheinlichkeit für einen Arbeitsplatzwechsel

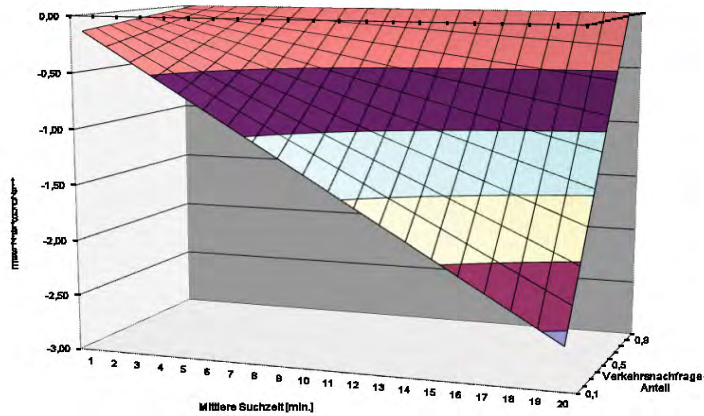
34

## Folgerung: Elastizitäten

Suchzeit (min) / Anteil	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	-0,13	-0,12	-0,10	-0,09	-0,07	-0,06	-0,04	-0,03	-0,01	0,00
2	-0,26	-0,23	-0,20	-0,17	-0,15	-0,12	-0,09	-0,06	-0,03	0,00
3	-0,39	-0,35	-0,30	-0,26	-0,22	-0,17	-0,13	-0,09	-0,04	0,00
4	-0,52	-0,46	-0,41	-0,35	-0,29	-0,23	-0,17	-0,12	-0,06	0,00
5	-0,65	-0,58	-0,51	-0,44	-0,36	-0,29	-0,22	-0,15	-0,07	0,00
6	-0,78	-0,70	-0,61	-0,52	-0,44	-0,35	-0,26	-0,17	-0,09	0,00
7	-0,91	-0,81	-0,71	-0,61	-0,51	-0,41	-0,30	-0,20	-0,10	0,00
8	-1,04	-0,93	-0,81	-0,70	-0,58	-0,46	-0,35	-0,23	-0,12	0,00
9	-1,17	-1,04	-0,91	-0,78	-0,65	-0,52	-0,39	-0,26	-0,13	0,00
10	-1,31	-1,16	-1,02	-0,87	-0,73	-0,58	-0,44	-0,29	-0,15	0,00
11	-1,44	-1,28	-1,12	-0,96	-0,80	-0,64	-0,48	-0,32	-0,16	0,00
12	-1,57	-1,39	-1,22	-1,04	-0,87	-0,70	-0,52	-0,35	-0,17	0,00
13	-1,70	-1,51	-1,32	-1,13	-0,94	-0,75	-0,57	-0,38	-0,19	0,00
14	-1,83	-1,62	-1,42	-1,22	-1,02	-0,81	-0,61	-0,41	-0,20	0,00
15	-1,96	-1,74	-1,52	-1,31	-1,09	-0,87	-0,65	-0,44	-0,22	0,00
16	-2,09	-1,86	-1,62	-1,39	-1,16	-0,93	-0,70	-0,46	-0,23	0,00
17	-2,22	-1,97	-1,73	-1,48	-1,23	-0,99	-0,74	-0,49	-0,25	0,00
18	-2,35	-2,09	-1,83	-1,57	-1,31	-1,04	-0,78	-0,52	-0,26	0,00
19	-2,48	-2,20	-1,93	-1,65	-1,38	-1,10	-0,83	-0,55	-0,28	0,00
20	-2,61	-2,32	-2,03	-1,74	-1,45	-1,16	-0,87	-0,58	-0,29	0,00

$$\text{Eigenelastizität} = \beta_{kj}(1 - P_j)X_{kj}$$

Mittelwerte: Aktivitätsdauer, Zweck  
 Fahrdauer, Kosten usw....

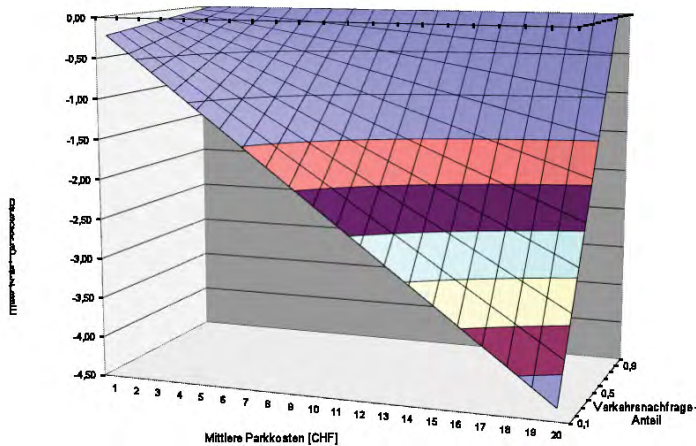


35

## Folgerung: Elastizitäten

Parkkosten (CHF) / Anteil	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
1	-0,22	-0,19	-0,17	-0,14	-0,12	-0,10	-0,07	-0,05	-0,02	0,00
2	-0,43	-0,39	-0,34	-0,29	-0,24	-0,19	-0,14	-0,10	-0,05	0,00
3	-0,65	-0,58	-0,51	-0,43	-0,36	-0,29	-0,22	-0,14	-0,07	0,00
4	-0,87	-0,77	-0,67	-0,58	-0,48	-0,39	-0,29	-0,19	-0,10	0,00
5	-1,08	-0,96	-0,84	-0,72	-0,60	-0,48	-0,36	-0,24	-0,12	0,00
6	-1,30	-1,16	-1,01	-0,87	-0,72	-0,58	-0,43	-0,29	-0,14	0,00
7	-1,52	-1,35	-1,18	-1,01	-0,84	-0,67	-0,51	-0,34	-0,17	0,00
8	-1,74	-1,54	-1,35	-1,16	-0,96	-0,77	-0,58	-0,39	-0,19	0,00
9	-1,95	-1,74	-1,52	-1,30	-1,08	-0,87	-0,65	-0,43	-0,22	0,00
10	-2,17	-1,93	-1,69	-1,45	-1,21	-0,96	-0,72	-0,48	-0,24	0,00
11	-2,39	-2,12	-1,86	-1,59	-1,33	-1,06	-0,80	-0,53	-0,27	0,00
12	-2,60	-2,31	-2,02	-1,74	-1,45	-1,16	-0,87	-0,58	-0,29	0,00
13	-2,82	-2,51	-2,19	-1,88	-1,57	-1,25	-0,94	-0,63	-0,31	0,00
14	-3,04	-2,70	-2,36	-2,02	-1,69	-1,35	-1,01	-0,67	-0,34	0,00
15	-3,25	-2,89	-2,53	-2,17	-1,81	-1,45	-1,08	-0,72	-0,36	0,00
16	-3,47	-3,08	-2,70	-2,31	-1,93	-1,54	-1,16	-0,77	-0,39	0,00
17	-3,69	-3,28	-2,87	-2,46	-2,05	-1,64	-1,23	-0,82	-0,41	0,00
18	-3,90	-3,47	-3,04	-2,60	-2,17	-1,74	-1,30	-0,87	-0,43	0,00
19	-4,12	-3,66	-3,21	-2,75	-2,29	-1,83	-1,37	-0,92	-0,46	0,00
20	-4,34	-3,86	-3,37	-2,89	-2,41	-1,93	-1,45	-0,96	-0,48	0,00

$$\text{Eigenelastizität} = \beta_{kj}(1 - P_j)X_{kj}$$



36

## Schlussfolgerung

---

- Die Bewertung der Angebotsmerkmale ist nicht bei allen Entscheidungen identisch
  - *Parkplatzwahl*: **Abgangszeit, Suchzeit und Parkplatzkosten** entscheiden, Fahrzeit weniger relevant
  - *Zielortwahl*: **Fahrtzeit und Parkplatzkosten** entscheidend, Abgangszeit und Suchzeit weniger wichtig (Attraktionsvariablen)
  - Die Wirkung auf die Gesamtnachfrage (MIV) bei verändertem Parkplatz- und Zielortangebot beschränkt
  - *Verkehrsmittelwahl*: Parkplatzkosten ca. 25% höher bewertet als Fahrtkosten. Such- und Abgangszeit doppelt so hoch bewertet wie die Fahrtzeit
- Anwendung: Es ist wichtig, dass das Parkplatzangebot als ein Teil der generalisierten Kosten des Weges betrachtet und modelliert wird.
- Die Anwendung von Elastizitäten ist mit vielen Risiken und Ungenauigkeiten verbunden

37

## Anwendungsbeispiel

---

Gesamtverkehrsmodell (GVM) des Kantons Zürich: Stadt Winterthur

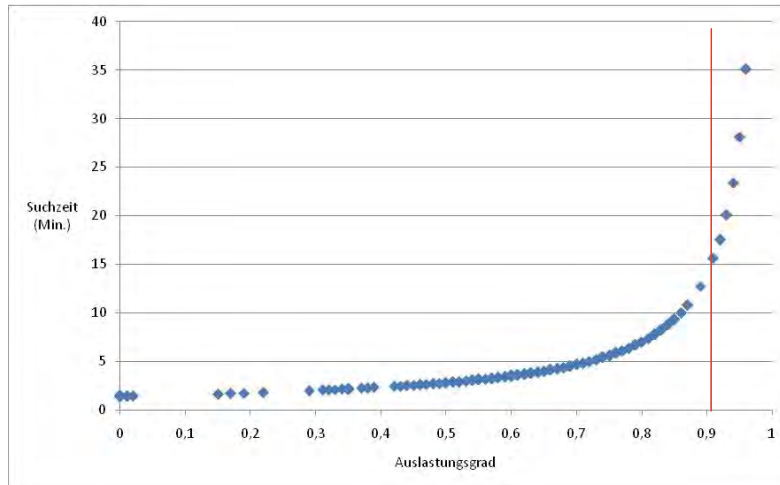
- *Nachfragereaktion auf veränderte **Parksuchzeit und Parkgebühr***
- *Modellrechnungen: Nullfall und drei Anwendungsfälle:*
  - Anwendungsfall 1: Suchzeiten um 50% erhöht, Parkkosten wie im Nullfall
  - Anwendungsfall 2: Parkkosten um 150% erhöht, Suchzeiten wie im Nullfall
  - Anwendungsfall 3: Suchzeiten um 50% erhöht und Parkkosten um 150% erhöht.

38

## Anwendungsbeispiel

Berechnung der Suchzeit (Axhausen et al., 1994)

$$T_i = \frac{3.555 * (1 - 0.605)}{\text{Auslastungsgrad}} = \frac{1.404255}{\text{Auslastungsgrad}}$$



39

## Anwendungsbeispiel: Verkehrsmittelwahleffekte

Binnen-, Quell- und Zielverkehrsaufkommen für die Stadt Winterthur (DWV, 2010)  
für betrachtete Modellzustände

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
Suchzeit +50%, Parkkosten +150%	196'578	73'380	135'520	51'579
Absolute Differenz gegenüber Nullfall				
Suchzeit +50%	<b>-6'640</b>	<b>1'825</b>	<b>3'719</b>	<b>1'614</b>
Parkkosten +150%	<b>-13'695</b>	<b>3'412</b>	<b>5'121</b>	<b>2'588</b>
Suchzeit +50%, Parkkosten +150%	<b>-19'378</b>	<b>5'552</b>	<b>7'942</b>	<b>3'945</b>
Relative Differenz gegenüber Nullfall				
Suchzeit +50%	<b>-3.1%</b>	<b>2.7%</b>	<b>2.9%</b>	<b>3.4%</b>
Parkkosten +150%	<b>-6.3%</b>	<b>5.0%</b>	<b>4.0%</b>	<b>5.4%</b>
Suchzeit +50%, Parkkosten +150%	<b>-9.0%</b>	<b>8.2%</b>	<b>6.2%</b>	<b>8.3%</b>

40

## Anwendungsbeispiel: Zielwahleffekte

Die MIV- und ÖV Nachfrage **von und nach Winterthur** verändert sich in den drei betrachteten Anwendungen wie folgt:

- **Suchzeit +50%**  
**MIV-Nachfrage** reduziert sich um 4'930 Wege **(-2.1%)** , davon werden **847 auf ÖV** verlagert und **4'083** wählen einen anderen **Zielort** ausserhalb von Winterthur oder bleiben innerhalb von Winterthur (Binnenverkehr) mit MIV oder einem anderen Verkehrsmittel
- **Parkkosten +150%**  
**MIV-Nachfrage** reduziert sich um 11'643 Wege **(-5.2%)**, davon werden **1'728 auf ÖV** verlagert und **9'915** wählen einen anderen **Zielort** ausserhalb von Winterthur oder bleiben innerhalb von Winterthur (Binnenverkehr) mit MIV oder einem anderen Verkehrsmittel
- **Suchzeiten +50%, Parkkosten +150%**  
**MIV-Nachfrage** reduziert sich um **15'780** Wege **(-7.1%)**, davon werden **3'707 auf ÖV verlagert** und **12'073** wählen einen anderen **Zielort** ausserhalb von Winterthur oder bleiben innerhalb von Winterthur (Binnenverkehr) mit MIV oder einem anderen Verkehrsmittel

41

## Belastungsänderungen (MIV): Anwendungsfall 3



42

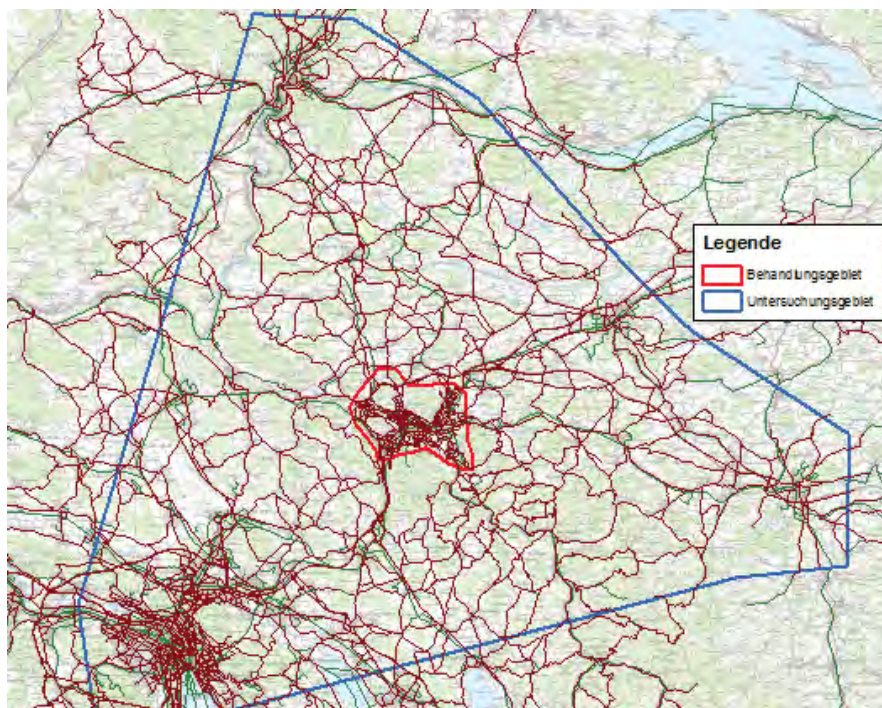
## Belastungsänderungen (ÖV): Anwendungsfall 3



43

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen, Anwendungsfall 3

### Abgrenzung Untersuchungsgebiet



44

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen, Anwendungsfall 3

---

### Berechnungen nach HBEFA (Infras)

#### Linkdatenbank

- Strassentyp
- Länge
- Verkehrsbelastung Nullfall, Anwendungsfall
- $V_0$ ,  $V_{akt}$

→ Verkehrssituation pro Link

→ Verbrauchs- und Emissionsfaktoren

45

## Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen

---

### Ergebnisse

Teilgebiet	Abnahme gegenüber Nullfall					
	Variante 1		Variante 2		Variante 3	
	Treibstoff	CO <sub>2</sub>	Treibstoff	CO <sub>2</sub>	Treibstoff	CO <sub>2</sub>
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 Untersuchungsgebiet	0.4%	0.4%	0.8%	0.8%	1.1%	1.1%

Variante 1: Suchzeit +50%

Variante 2: Parkgebühren +150%

Variante 3: Suchzeit +50% und Parkgebühren +150%

46

## Schlussfolgerung

---

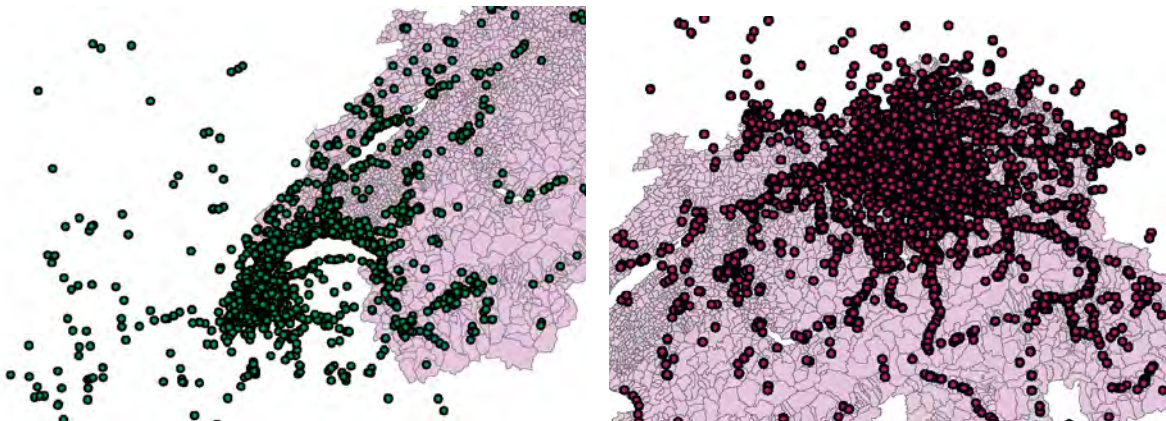
Bisherige Arbeiten zeigen:

- 1) Das Parkierungsangebot beeinflusst das kurzfristige Verkehrsverhalten
  - Wahl des Parkplatzes
  - Verkehrsmittelwahl
  - Zielwahl
- 2) Das Parkierungsangebot beeinflusst das langfristige Verhalten (Wahl des Arbeitsplatzes) nur schwach
- 3) Eine Verknappung/Verteuerung des Parkierungsangebotes senkt den Treibstoffverbrauch und die CO<sub>2</sub>-Emissionen

47

## Personenbasierte, multi-modale GPS Daten

---



Ca. 32'000 Personentage für die Grossregionen Zürich und Genf  
Nur Rohdaten (x, y, z, Zeitstempel)

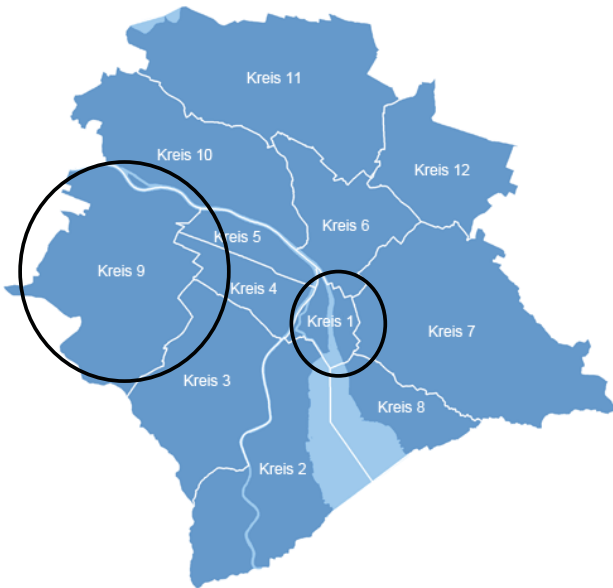
Keine sozio-demographischen Angaben

48



# Zürich

~ 400'000 Einwohner

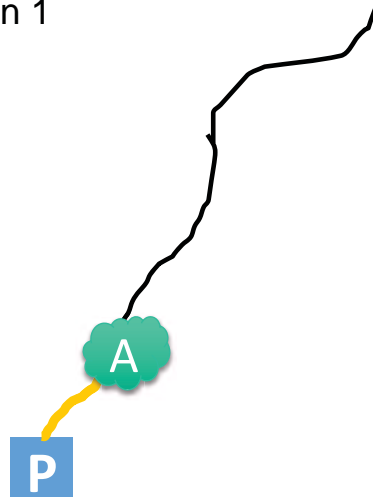


Kreis	PP/(EW+Besch.)	Fälle
1	0.13	294
2	0.39	372
3	0.32	442
4	0.31	368
5	0.34	321
6	0.35	239
7	0.42	269
8	0.39	176
9	0.45	458
10	0.41	312
11	0.40	665
12	0.39	170
City	0.36	4086

49

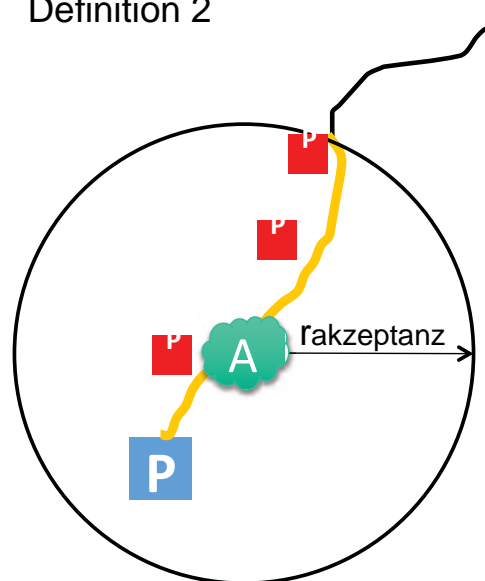
## Parkplatzsuche

Definition 1



Problem: Der Suchpfad muss nicht an der Aktivität vorbeiführen

Definition 2

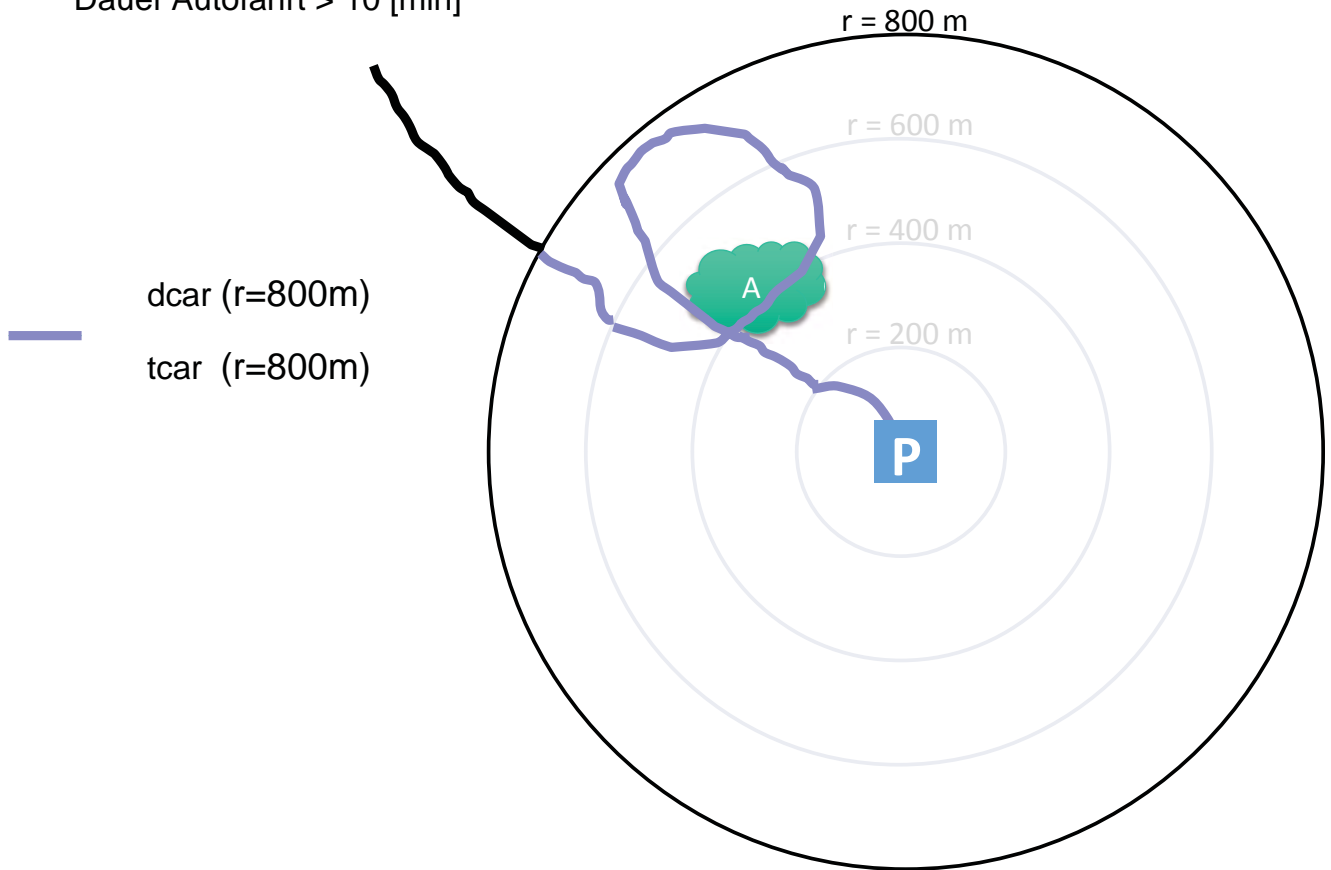


Problem: akzeptanz ist individuell und situationsabhängig.

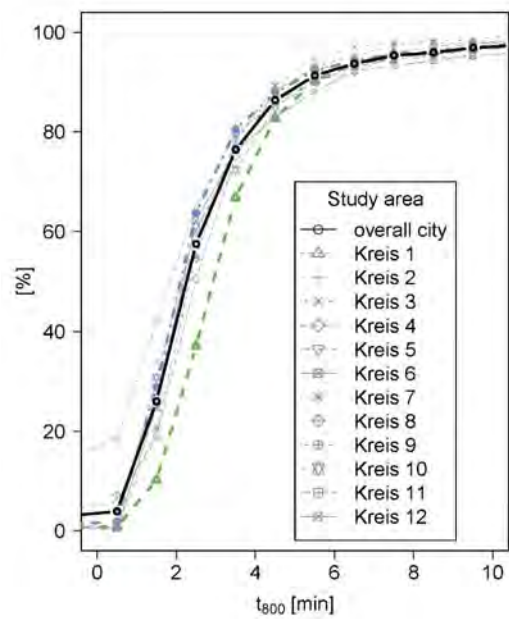
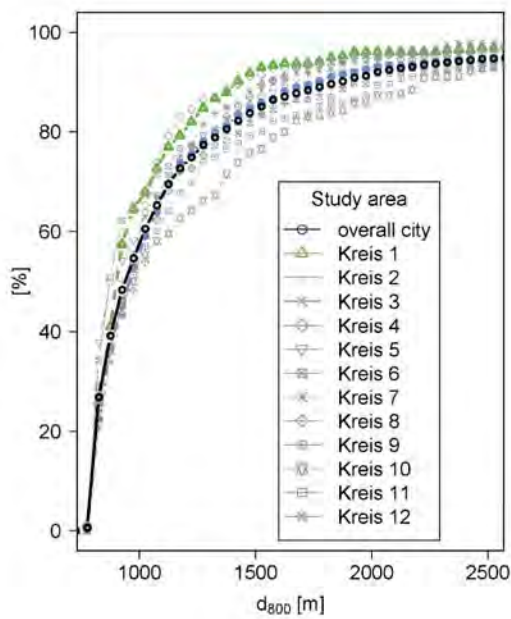
50

# Charakteristik der Suchfahrten

Dauer Autofahrt > 10 [min]

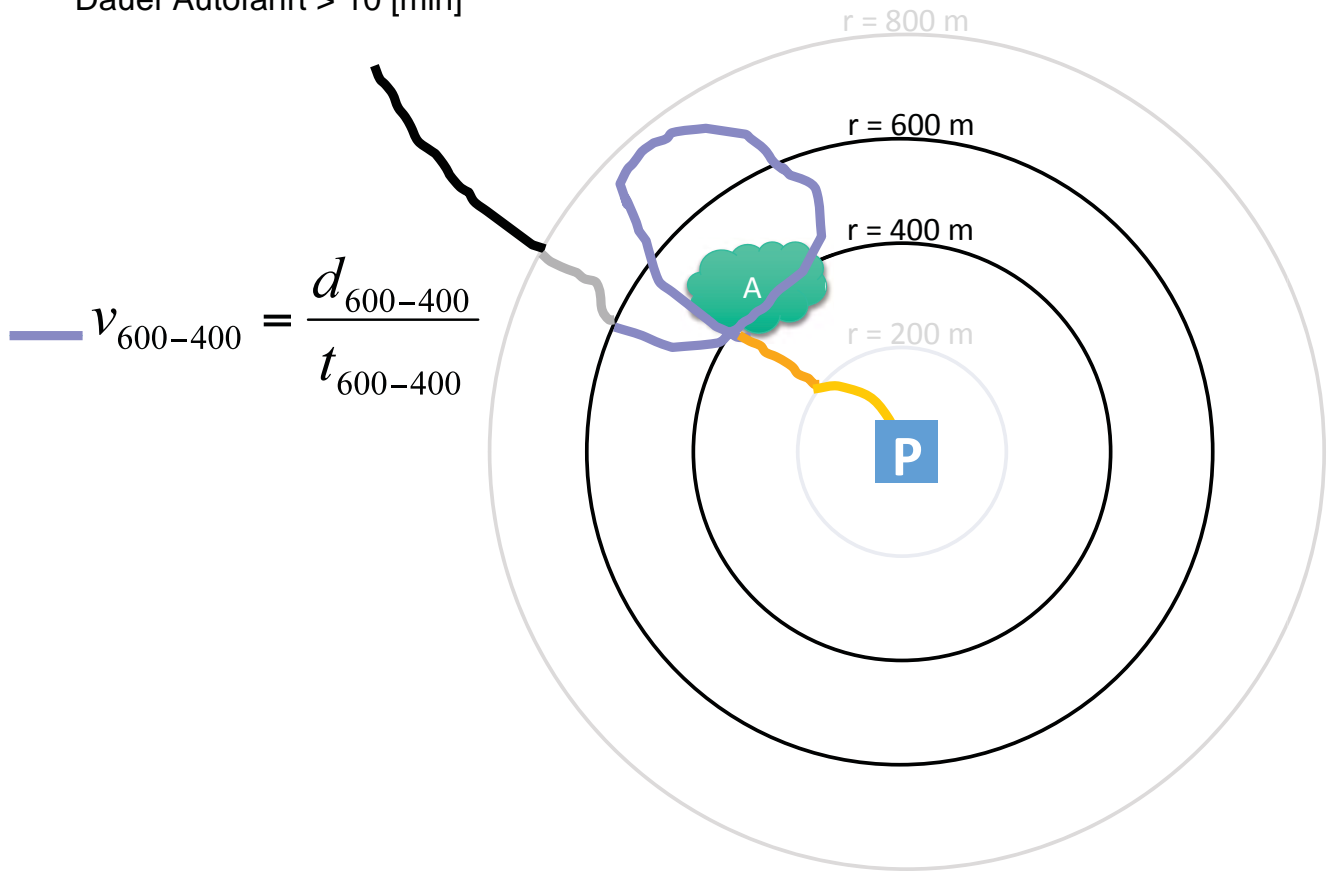


## Gefahrenere Distanz and Zeit 800 m um den Parkplatz

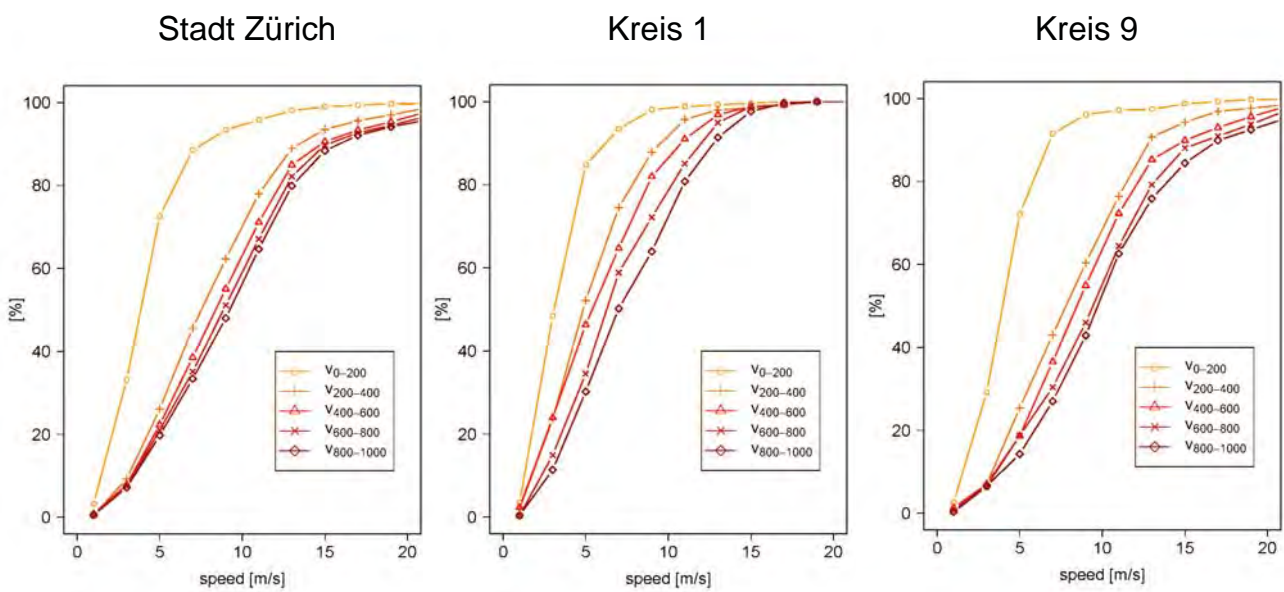


# Charakteristik der Suchfahrten

Dauer Autofahrt > 10 [min]

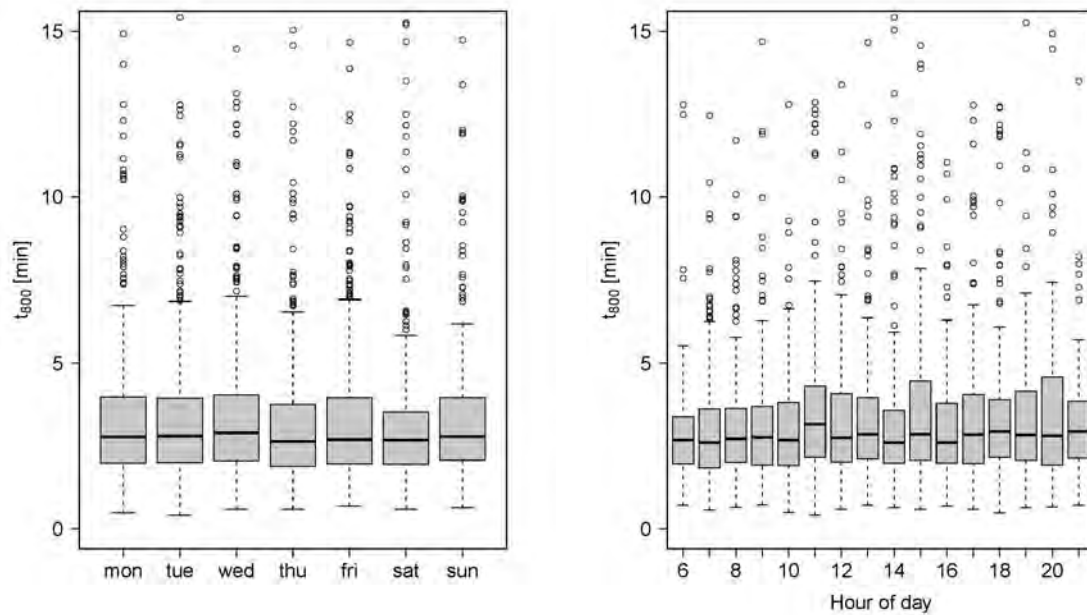


# Geschwindigkeitsverteilung



## Zürich – Fahrtzeiten (r = 800 m)

---



55

## Zusammenfassung

---

- In der Innenstadt (Kreis 1) dauert es etwas länger einen Parkplatz zu finden, da nur langsam gefahren werden kann – die Zeit scheint der entscheidende Faktor zu sein, wann die Suche beendet wird, da in der Innenstadt kürzere Wege zurückgelegt werden.
- In der Stadt Zürich einen Parkplatz zu finden ist nicht unmöglich – vielleicht weil viel so denken.
- Parkplatzsuchverkehr kann teilweise durch GPS Daten beschrieben werden.

56