

## Preferred citation style

---

Axhausen, K.W. (2020) Welche Probleme würden automatische Fahrzeuge lösen?, Gemeinnützige Gesellschaft des Bezirks Affoltern, Affoltern a.A., Januar 2020.

.

# Welche Probleme würden automatische Fahrzeuge lösen?

KW Axhausen

IVT  
ETH  
Zürich

Januar 2020

 *Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme*  
*Institute for Transport Planning and Systems*

**ETH**

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

# Danksagung

---

S Hörl: AF Simulation

F Becker: Entscheidungsmodelle

P Bösch, F Becker und H Becker: Kostenschätzung

Meyer, H Becker und P Bösch: Abschätzung des Induzierten Verkehr

# Grundannahmen

---

# Definition

---

Volkswirtschaftlichen generalisierten Kosten bestehen aus

**persönlichen generalisierten Kosten, d.h.  
entscheidungsrelevanten  
generalisierten Kosten &  
ignorierten persönlichen Kosten**

Und den

**Verursachten Externalitäten**

Erreichbarkeit ~  
Gelegenheiten,  
Geschwindigkeit

Verkehr ist ein System von sich bewegenden und selbst-organisierenden

## Warteschlangen

# Grundannahme 3

---

Die entscheidende kurzfristige Interaktion ist die zwischen der Kapazität, d.h. der

**Anzahl *slots* (Fenster)**

Mit der gewünschten Geschwindigkeit und der

**aktuellen Nachfrage**

# Grundannahme 4

---

Gesellschaften wählen die verfügbare

**Anzahl *slots***

Mit dem

**Entwurf/Betrieb der Verkehrsnetze (Strassen,  
Schienen, Kanäle, Luftstrassen)**

Für die

**gewünschten Geschwindigkeiten (Kosten)**

# Grundannahme 5

---

Die Verkehrsnachfrage (pkm, tkm) ist ein

**normales Gut**

d.h. sie wächst mit

**fallenden persönlichen generalisierten Kosten**

# Das Problem

---

# Ziel der Verkehrspolitik

---

Erreichbarkeit ~  
Gelegenheiten,  
Geschwindigkeit

# Die widersprüchlichen Ziele/Wirkungszusammenhänge

---

Erreichbarkeit  $\sim$  Produktivität  $\sim$  Wohlstand

PW-Erreichbarkeit  $\sim$  PW Besitz  $\sim$  1/Zeitkartenbesitz (ÖV Selbstbindung)

Erreichbarkeit  $\sim$  PKm  $\sim$  CO<sub>2</sub> Produktion (mit heutiger Flotte)

Erreichbarkeit  $\sim$  Zersiedlung  $\sim$  PKm

# Sind automatische Fahrzeuge die Zukunft?

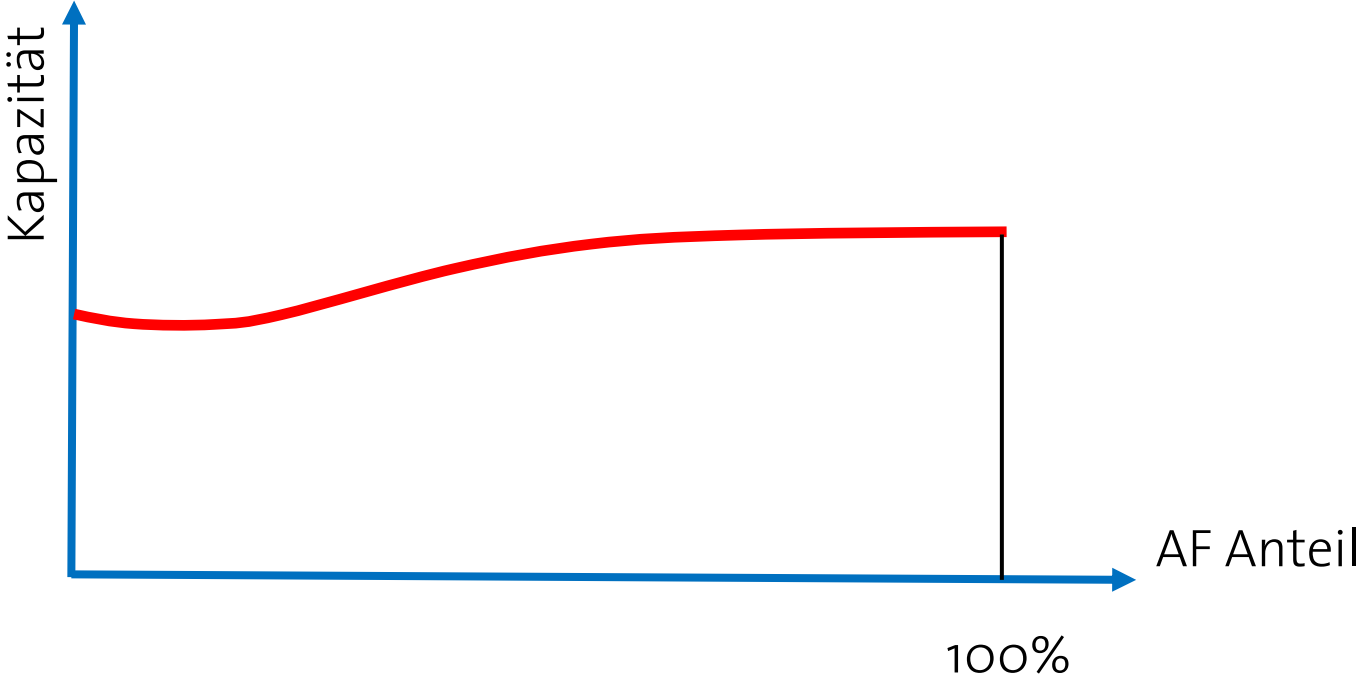
---

# Was erwarten wir? - Kapazitäten

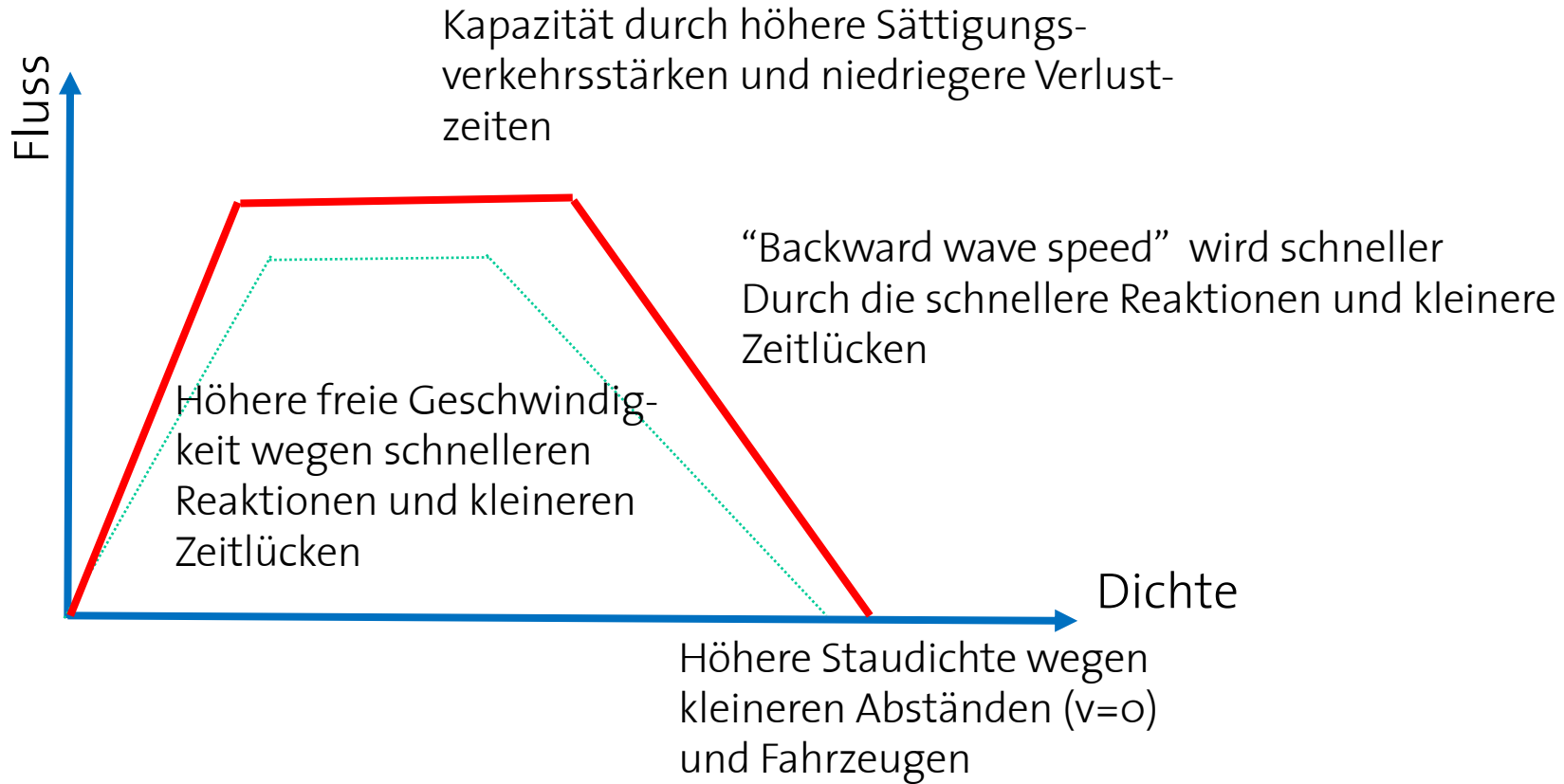
---

# Die Zeit des Übergangs

---



# Städtische Netze: MFD mit/ohne AF



# Wann kommen sie?

---

# Und warum nicht

---

# Bekannte Hürden

---

- Behördliche Genehmigung
  - Dilemmasituationen
  - Schutz bestehender Firmen
    - Pkw-Hersteller und Werkstätten
    - ÖV
    - Taxifirmen
- Nutzerakzeptanz
  - Verlässlichkeit der Anbieter
  - Nutzung kleiner “geteilter” Fahrzeuge
  - Besitzstolz
  - Verzicht auf den “flow” der Pkw-Nutzung

# Bekannte Hürden

---

- Verhalten der Nicht-Nutzer
  - Sociale Normen für das “Spielen” mit AV
  - Einbau sozialer Normen in die Steuerungslogik
  
- Verhalten der Nutzer
  - Menge der Leerkilometer
  - Umfang der “Butler”-Fahrten

# Mögliche Szenarien einer “level 5” - Zukunft

---

# Elemente der Szenarien

---

- Marktstruktur (Monopol, Oligopol, Atomistisch)
- Rolle und Umfang des “Grossen Fahrzeuge” und deren Geschäftsmodel
- Systemziel (Systemoptimum, Nutzergleichgewicht)
- Art des Systemmanagers
- Verteilung des Strassenraums
- Anteil automatischer Fahrzeuge

# Beispiel: Uber et al. dominieren

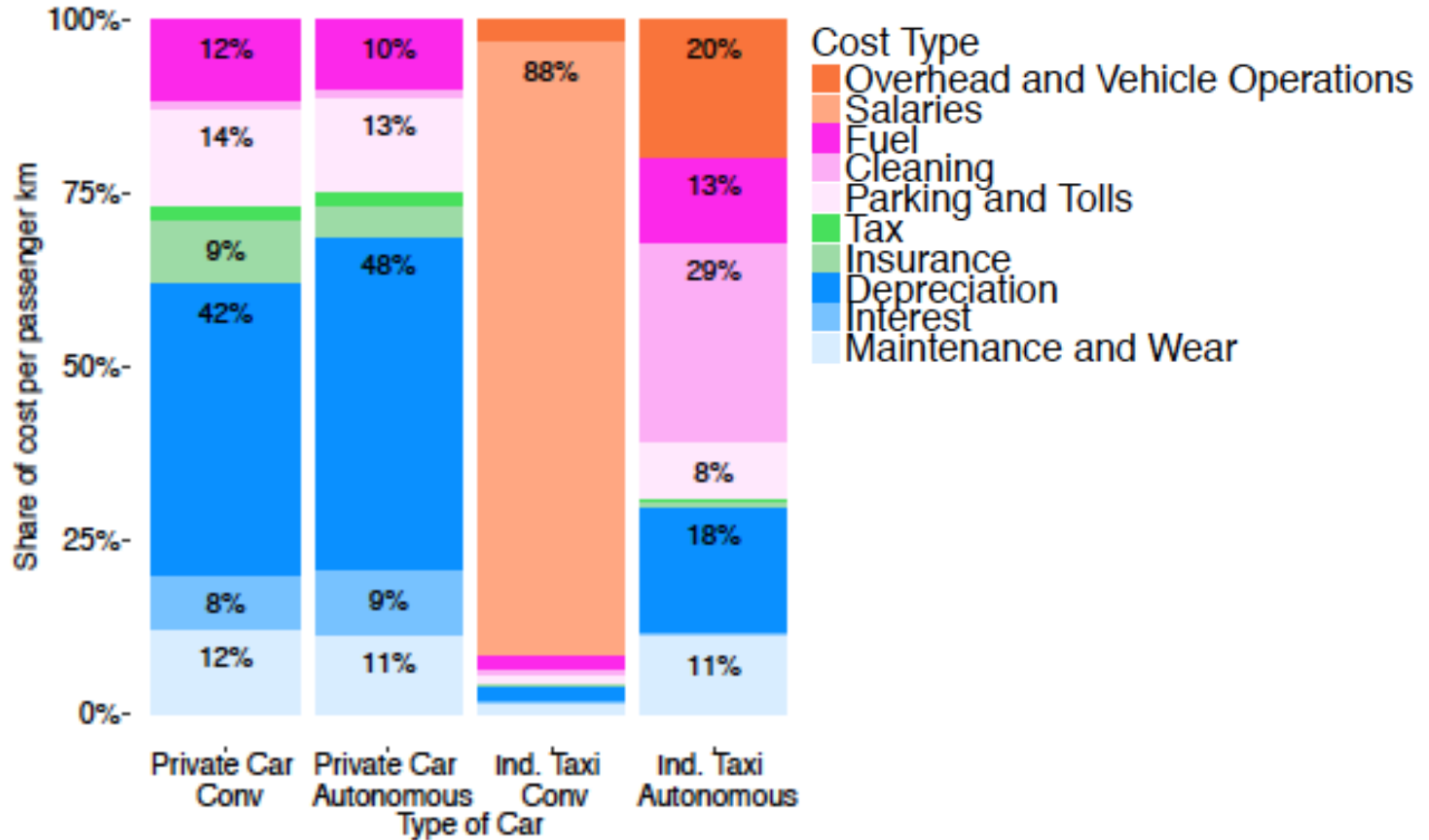
---

- Oligopol der Flottenbetreiber
- “ÖV” der grossen Fahrzeuge
- Systemoptimum durch dynamische Strassen- und Parkgebühren
- Betreiber verhandeln die “Zeitfenster” unter sich
- Langsame Fahrsmittel erhalten mehr Strassenraum
- 100% Anteil automatischer Fahrzeuge unterschiedlicher Grösse
- 100% elektrische Fahrzeuge

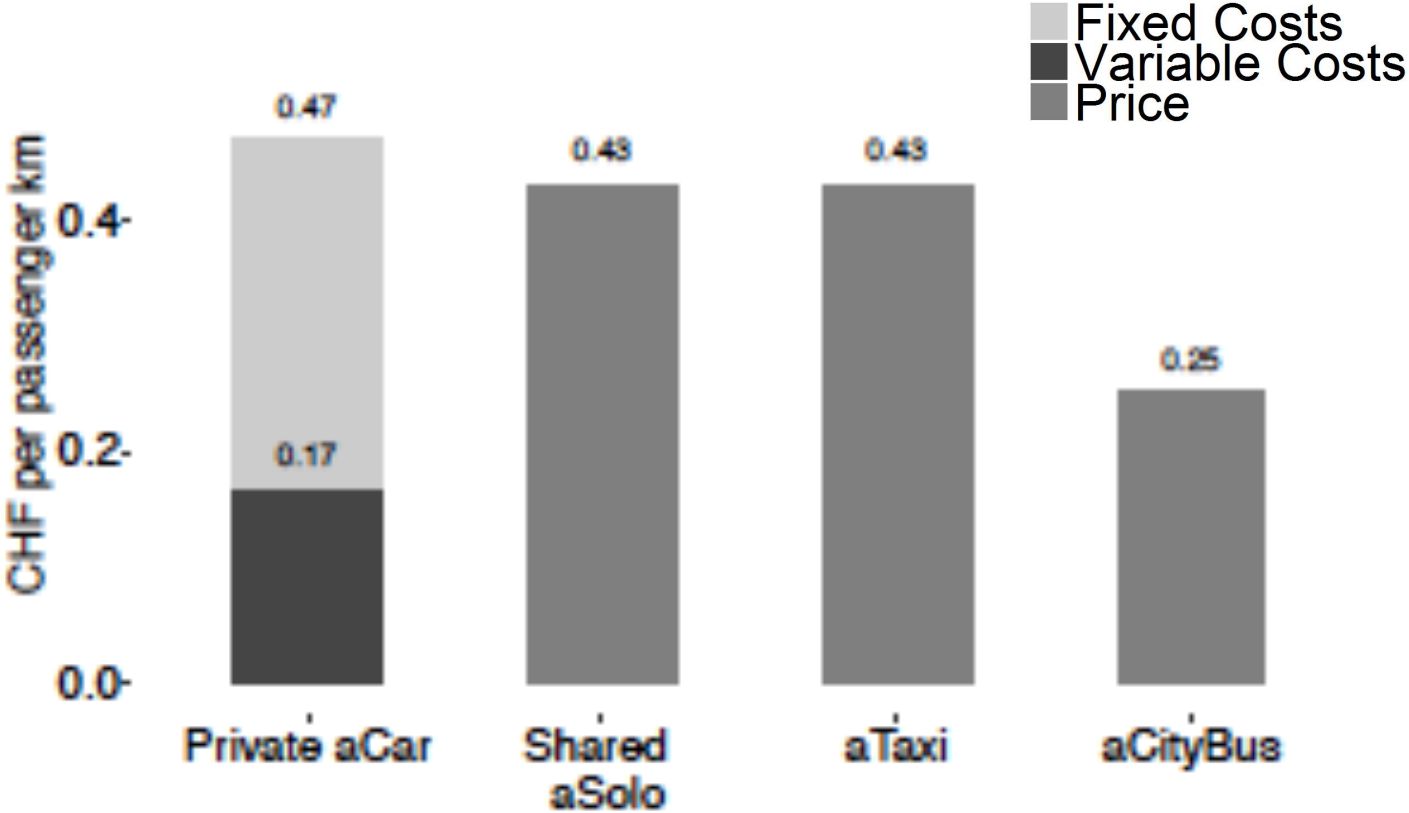
# Erste Abschätzungen

---

# Struktur der Vollkosten/pkm für heutige Auslastungsgrade



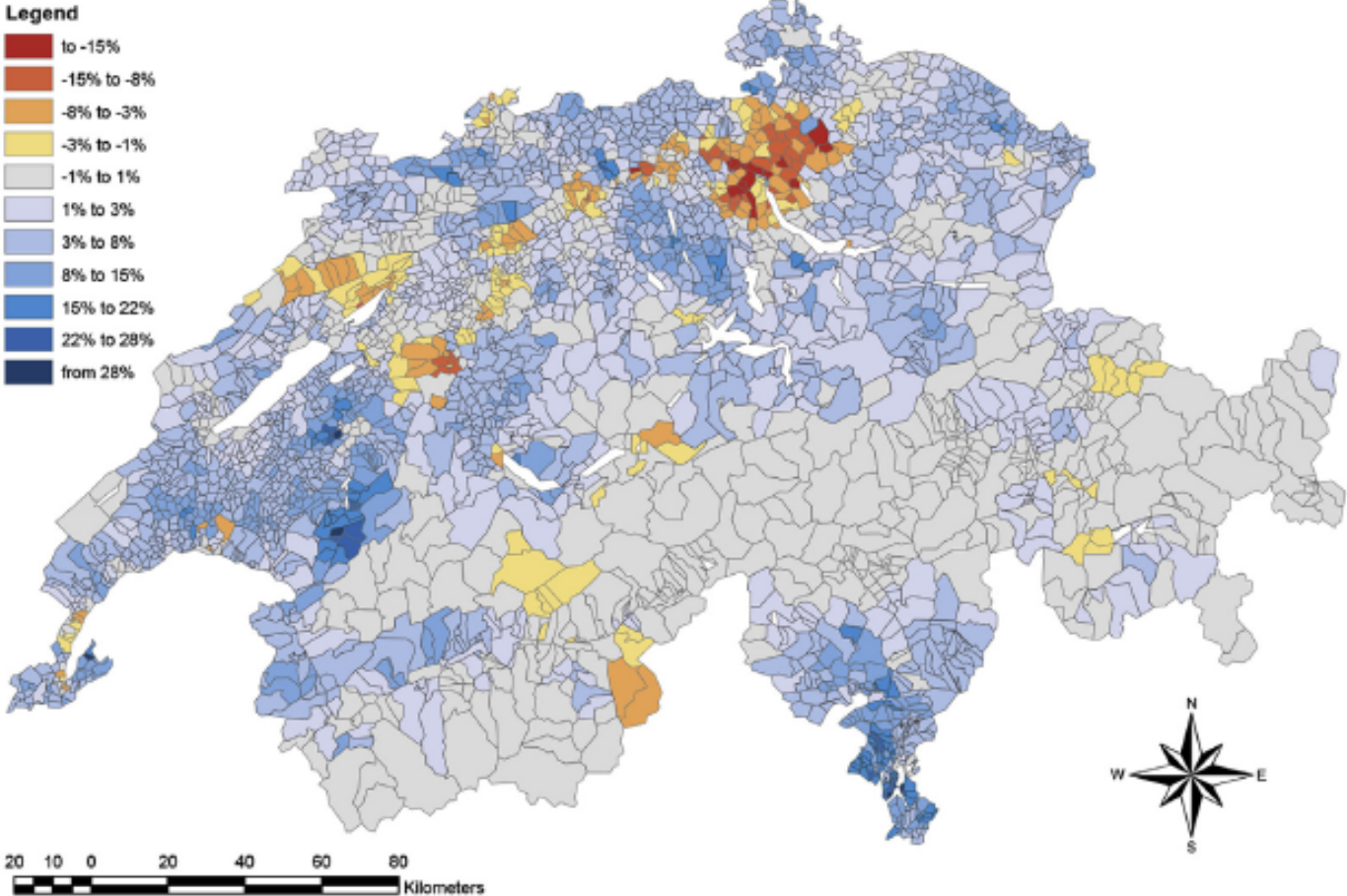
# Struktur der Vollkosten/pkm für heutige Auslastungsgrade



# Induzierter Verkehr und AV

---

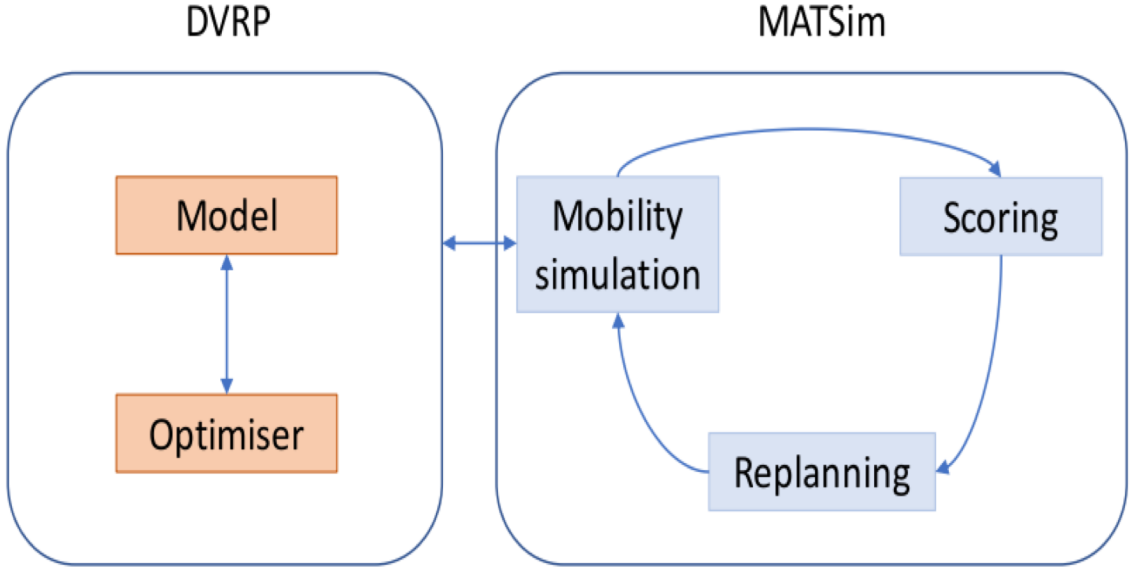
# Erreichbarkeitsveränderungen 2030 konservativ



# MATSim: Eine agenten-basierte *open-source* Simulation

---

# Simulationsansatz: DVRP extension



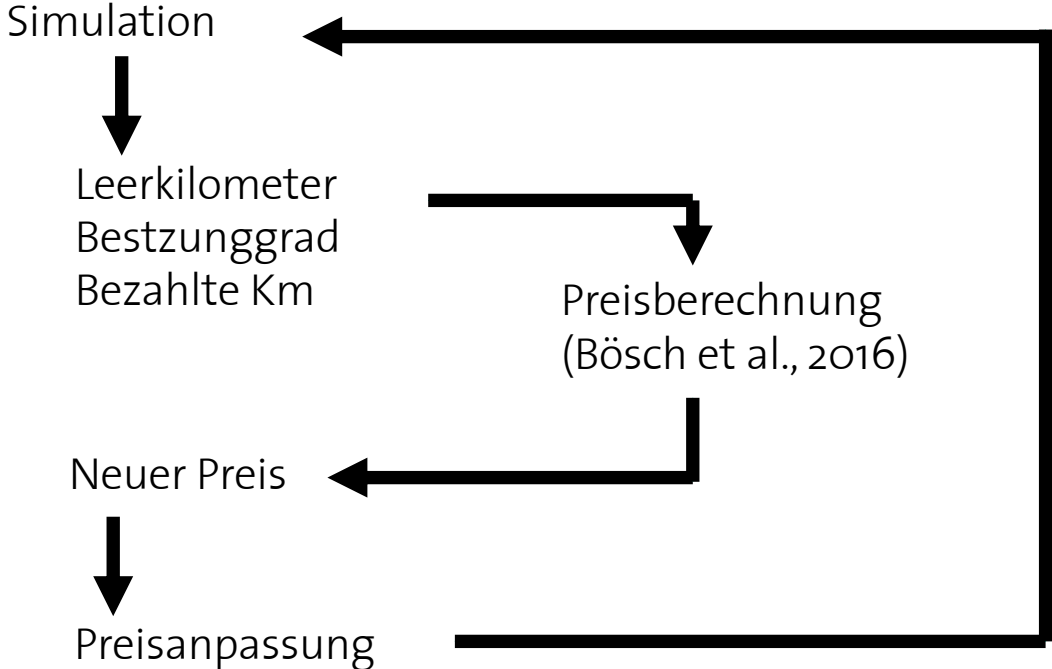
Maciejewski et al. (2017)

# Zürich AV Scenario

---

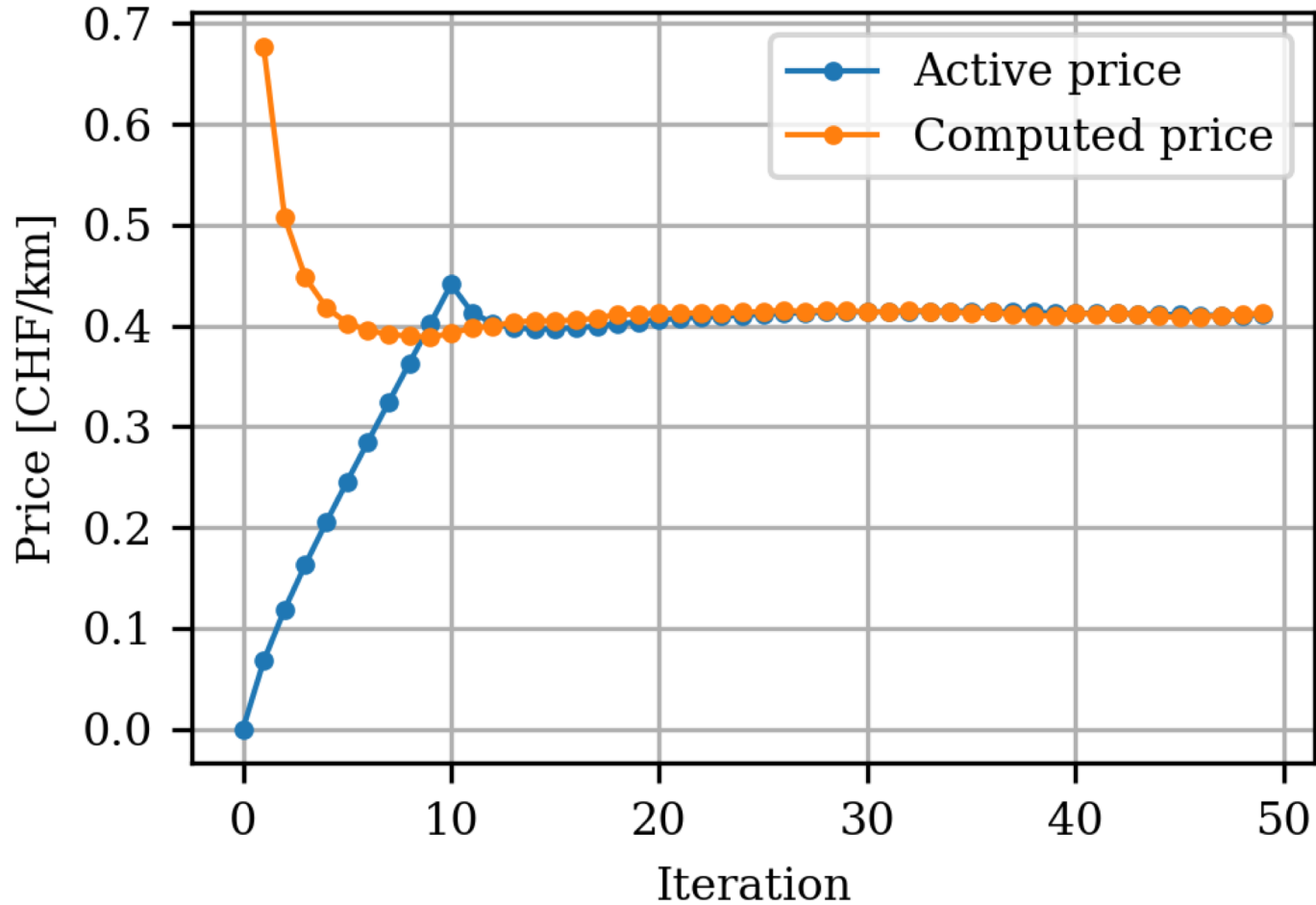
# aTaxi Preis und Flottengrösse

---

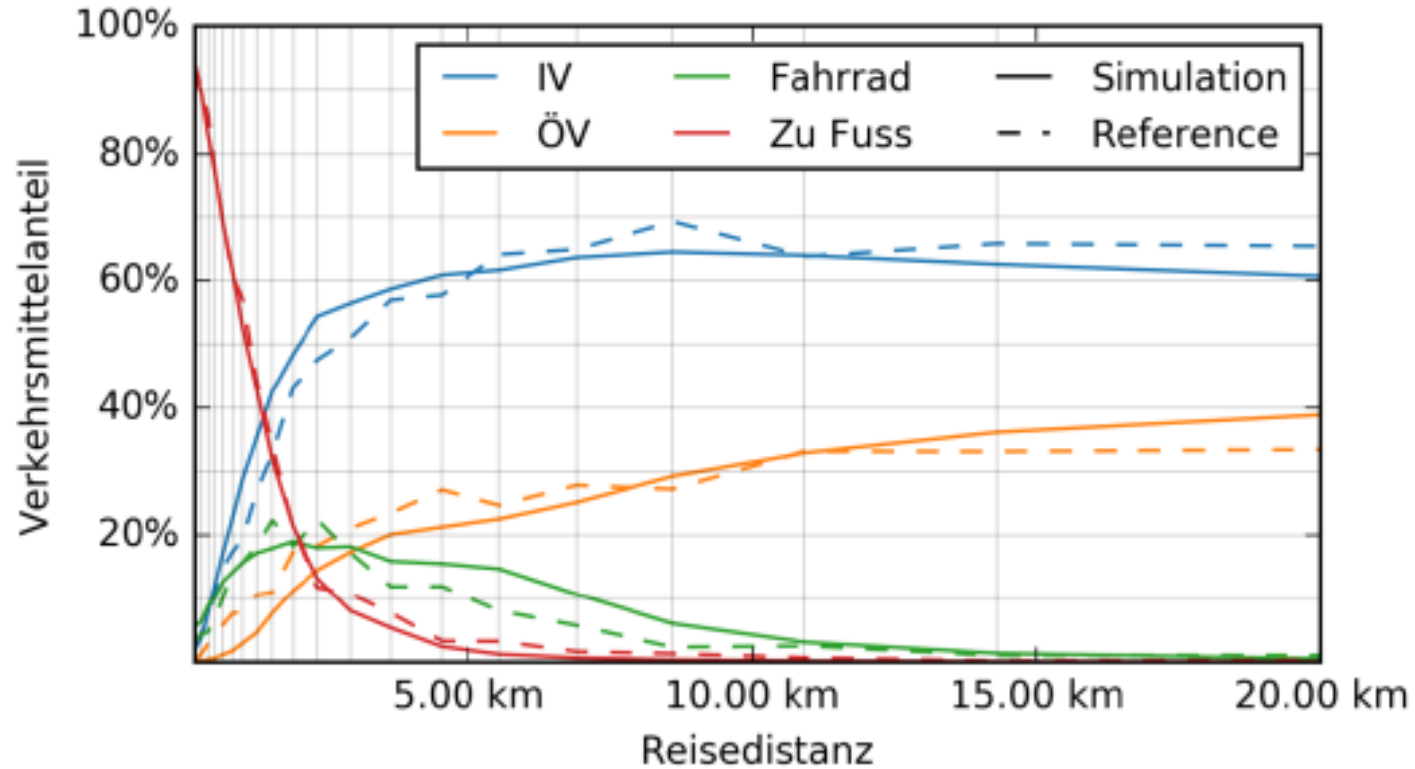


# Preisentwicklung bis zum Gleichgewicht

---



# Kalibration des Ist-Zustands



# Mobilitätswerkzeugbesitz mit AV

---

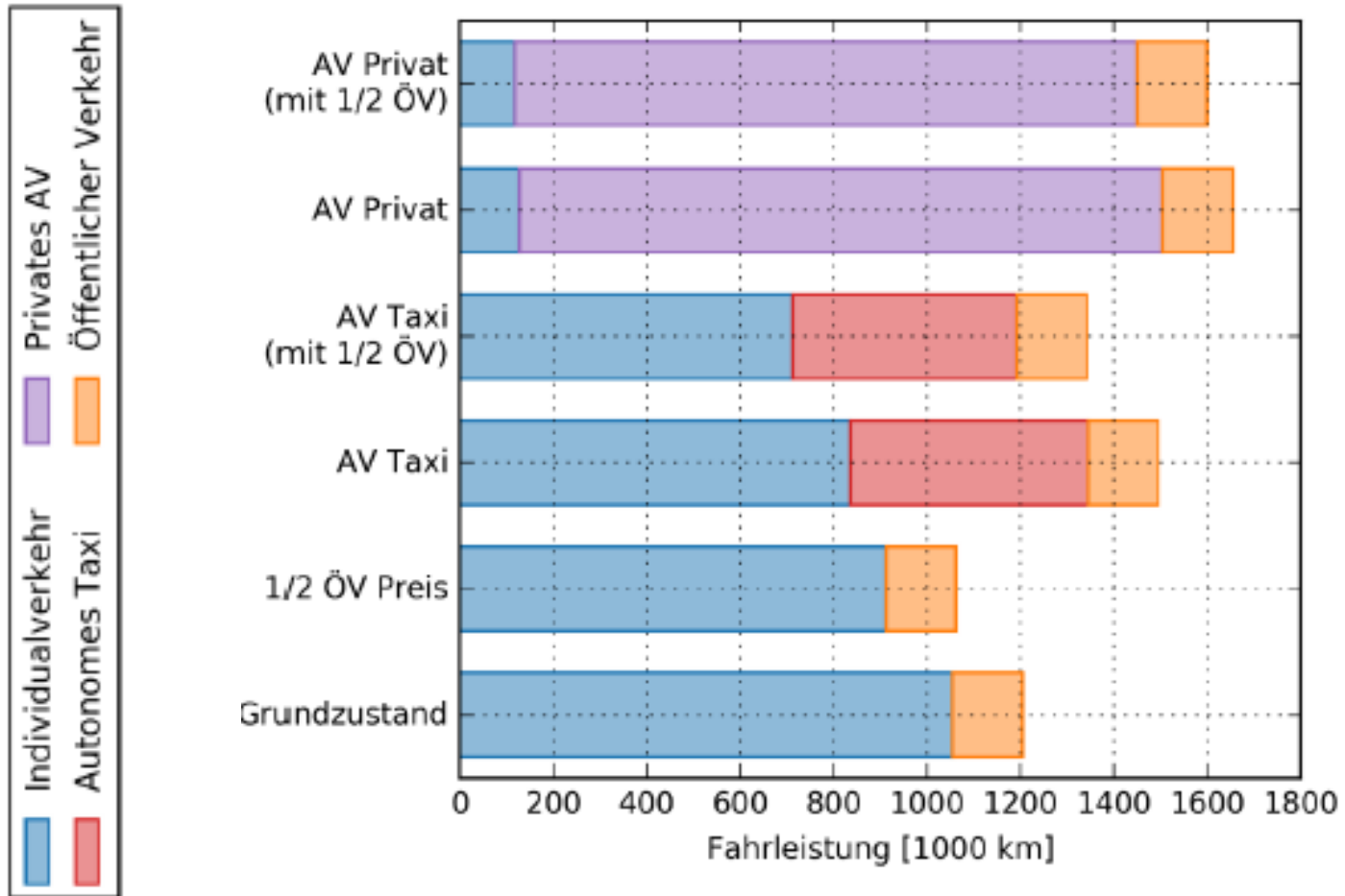
	Heutiger Pkw	Private AV	Gesamt
Heute	1.37		1.37
AV Taxi	0.95		0.95
AV Taxi und private AV	0.68	0.66	1.34

	GA	ZVV	Total
Heute	0.18	0.29	0.47
AV Taxi	0.20	0.29	0.49
AV Taxi und private AV	0.19	0.24	0.43

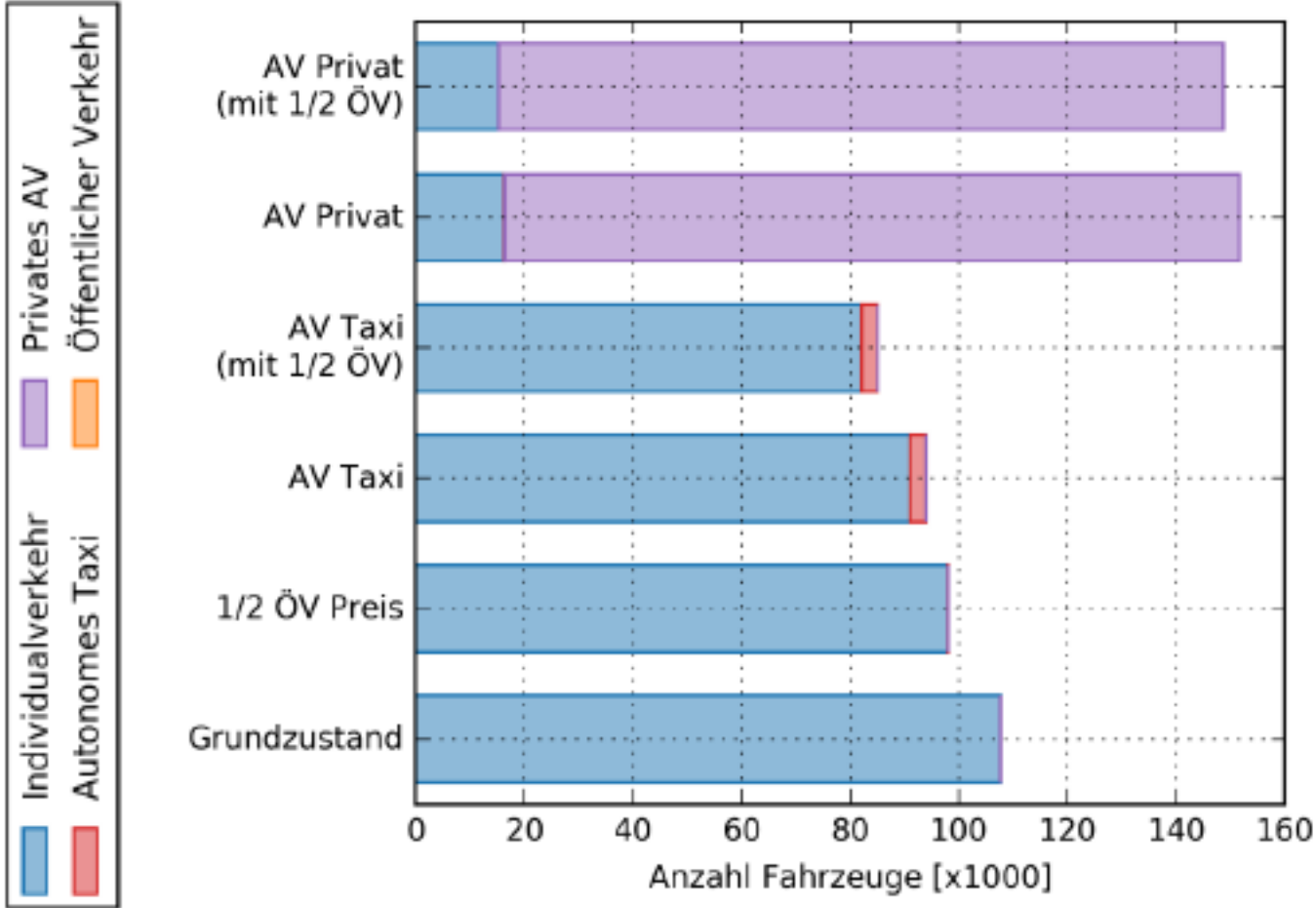
# Wirkungen

---

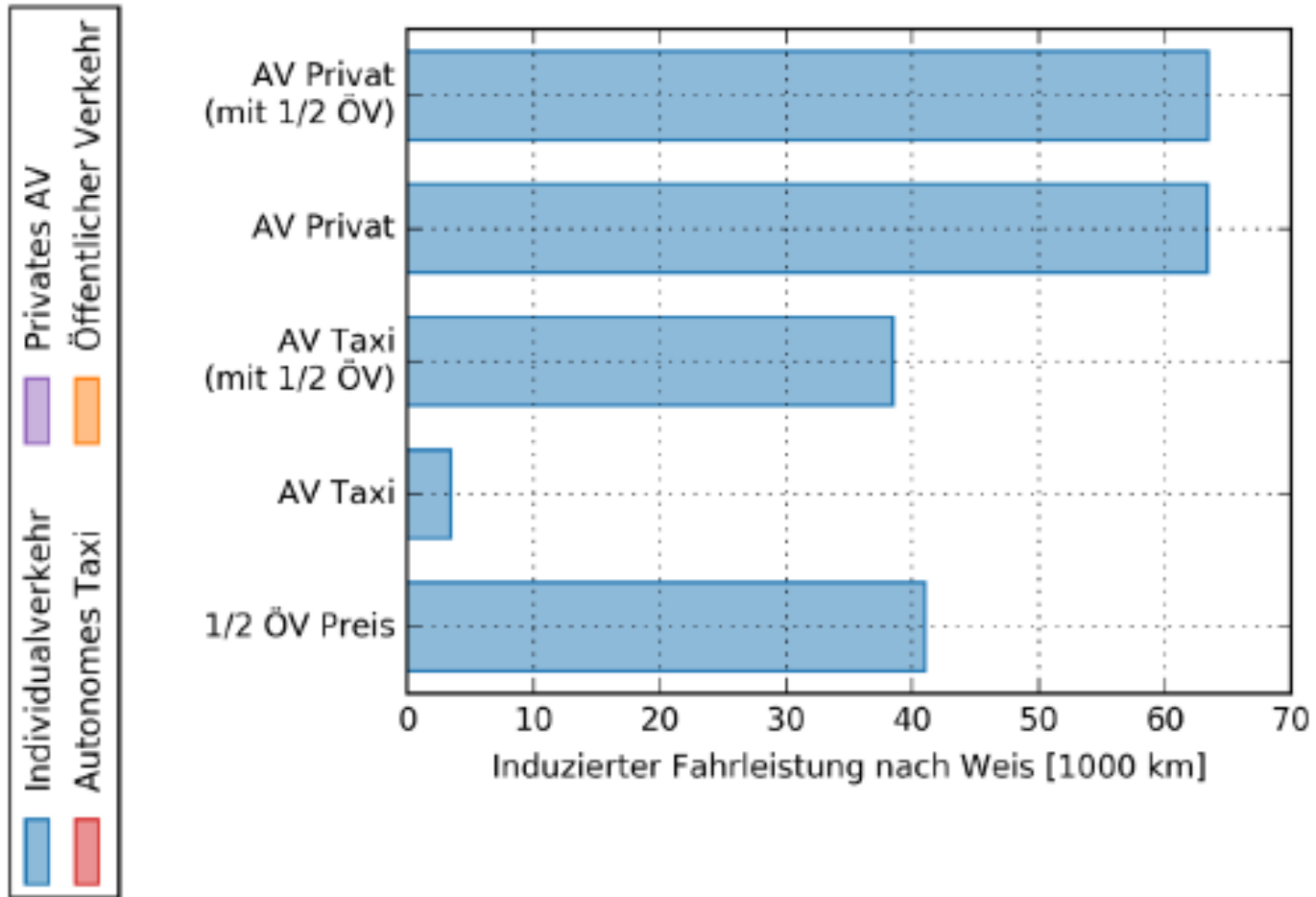
# Stadt Zürich: FzKm



# Stadt Zürich: Anzahl Fahrzeuge



# Stadt Zürich: Induzierter Verkehr in FzKm



# Was nun?

---

# Nächste Schritte

---

- Weitere Forschung zur Akzeptanz der AV
  - Nach Alter und Ausbildung
  - Nach Wohnort - Arbeitsplatz
- Nachführung des Preisrechners
- Vertiefte Abschätzung der Profiterwartungen der TNC
- Optimierung der Flottensteuerung (Leerkilometer, Parken, Wartezeiten)
- Strategien für das Systemoptimum mit Flotten
- Welchen ÖV braucht es ? Wo braucht es “grosse” Fahrzeuge?



# Fragen ?

---

See also

[www.ivt.ethz.ch](http://www.ivt.ethz.ch)

[http://www.ivt.ethz.ch/forschung/  
autonomes-fahren.html](http://www.ivt.ethz.ch/forschung/autonomes-fahren.html)

# Anhang

---

# Induced demand elasticities from a pseudo-panel

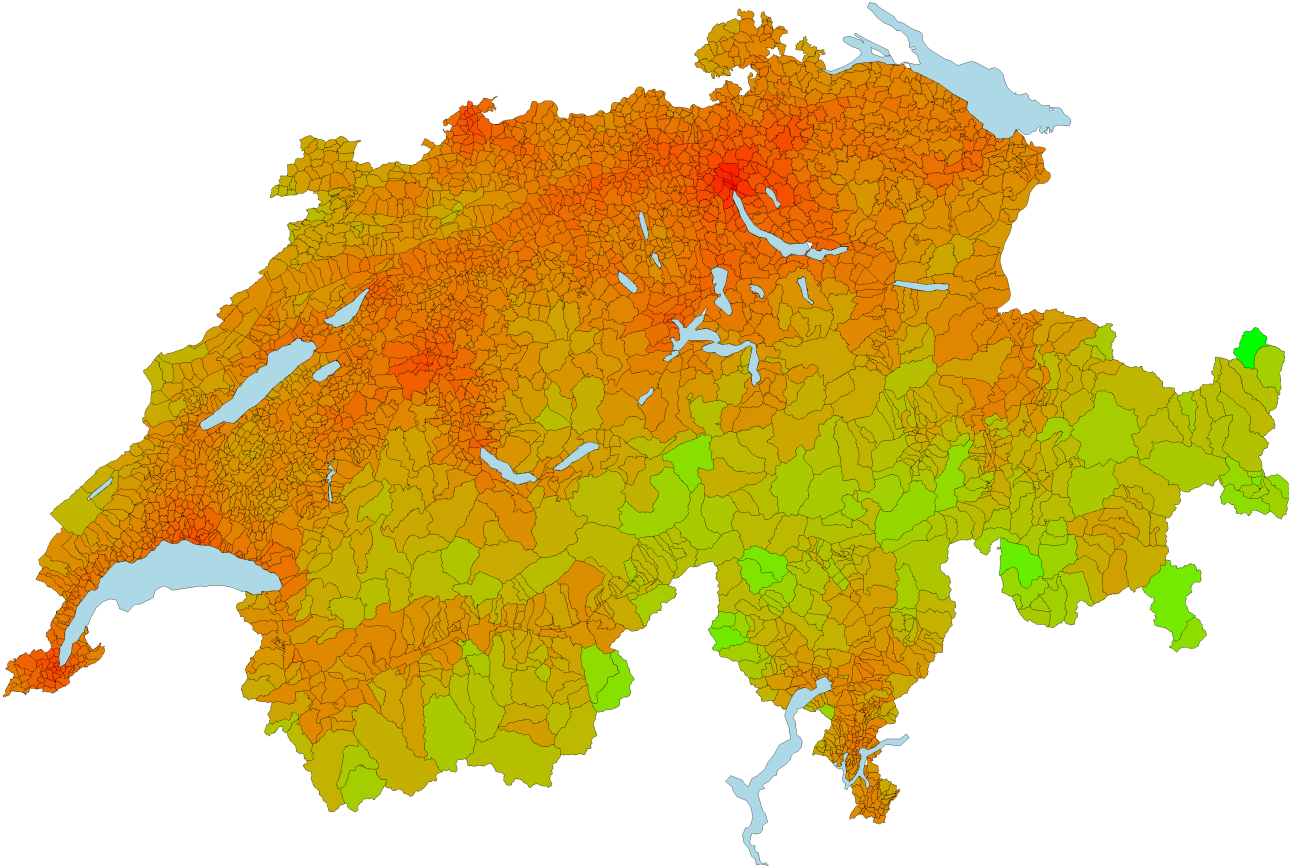
---

Accessibility	Share of mobiles	0.61
	Number of trips	0.44
	Trips per hour	0.24
	Out-of-home time	0.10
	Total distance travelled	1.14
Transport price index	Share of mobiles	-0.06
	Number of trips	-0.19
	Trips per hour	-1.66
	Out-of-home time	-1.95
	Total distance travelled	-0.84

Source: Weis und Axhausen (2013)

# 2010 Switzerland general accessibility

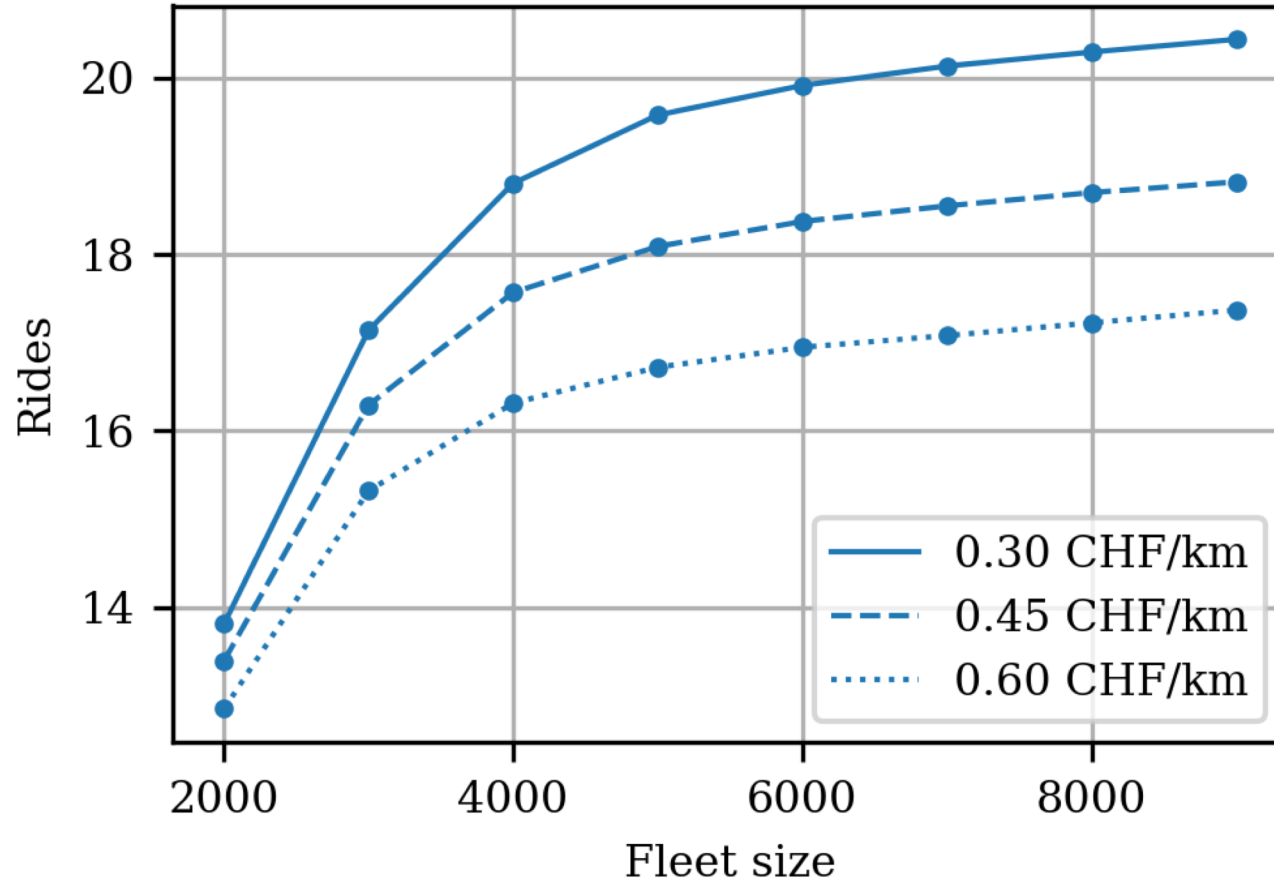
---



# Flottengrößenbestimmung

---

# Nachfrage nach Preis



# Nachfrage mit dynamischer Preisanpassung

