

# Wer Verkehrsinfrastruktur baut, wird Verkehr ernten: Das Phänomen des induzierten Verkehrs

Prof. Dr. Alexander Erath  
VCS-Webinar am 5.2.2024

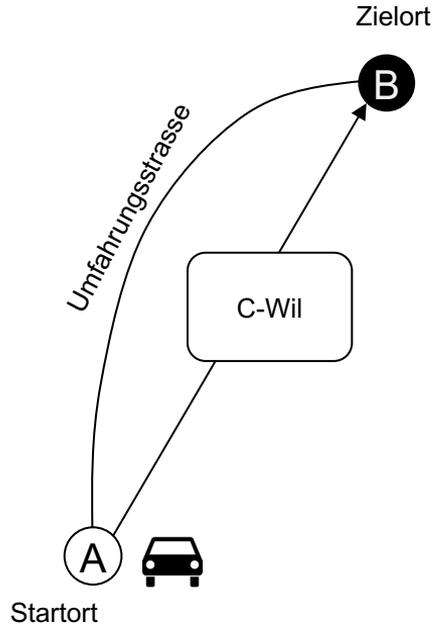


- 1 Dimensionen des Verkehrsverhaltens**
- 2 Entwicklung von Verkehr und Mobilität in der Schweiz
- 3 Quantifizierung des induzierten Verkehrs in der Schweiz
- 4 Zukünftige Entwicklungen
- 5 Handlungsmöglichkeiten

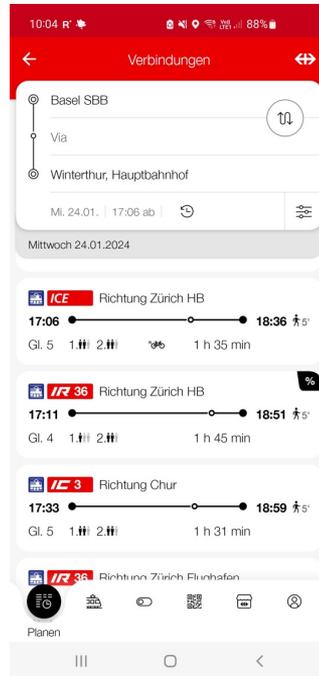
# VERKEHRsverhalten

## DIMENSIONEN DES VERKEHRsverhaltens

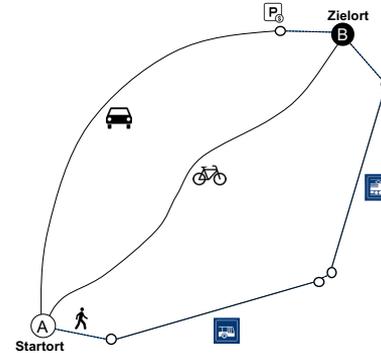
### Routenwahl



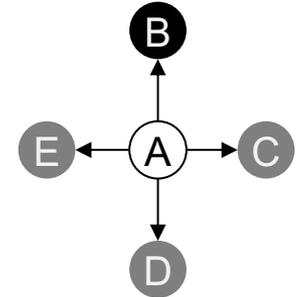
### Wahl der Abfahrtszeit



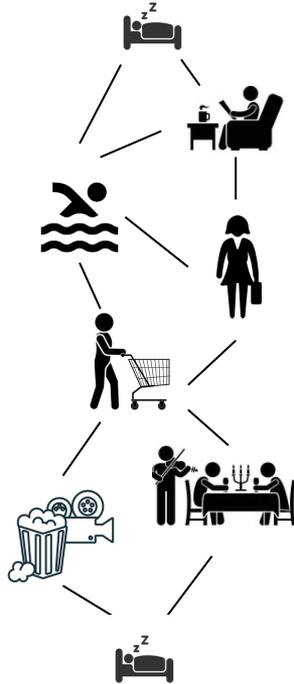
### Verkehrsmittelwahl



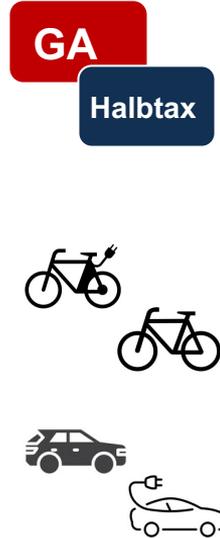
### Zielwahl im Alltag



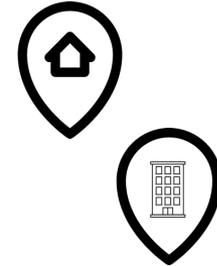
Aktivitätsagenda



Mobilitätswerkzeuge

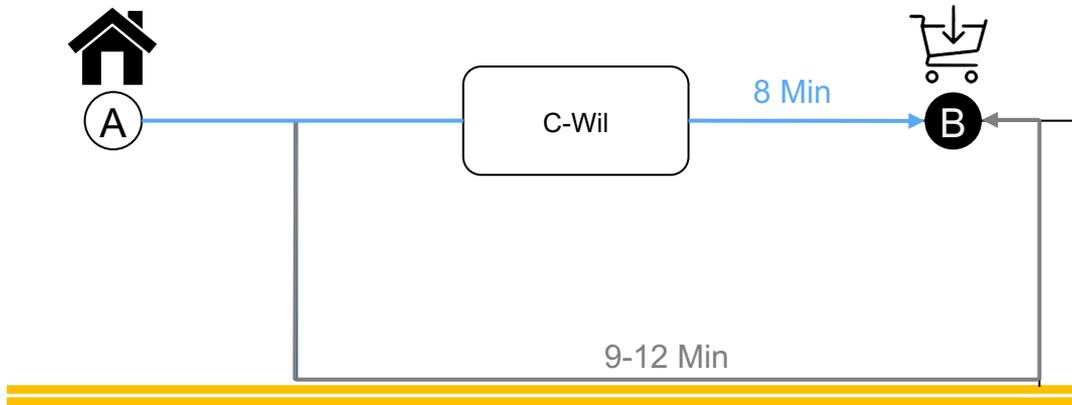


Wahl des Wohnorts  
und Arbeits-/Ausbildungsorts



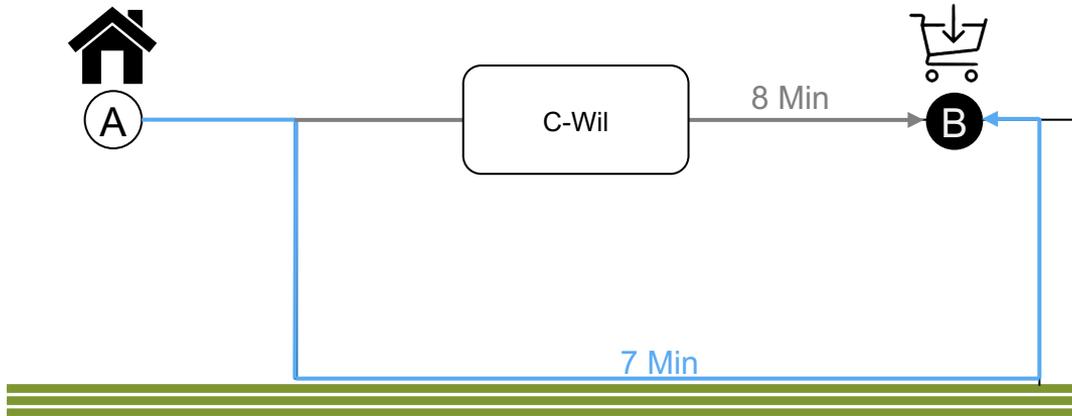
# VERKEHRSVERHALTEN

## IST-SITUATION



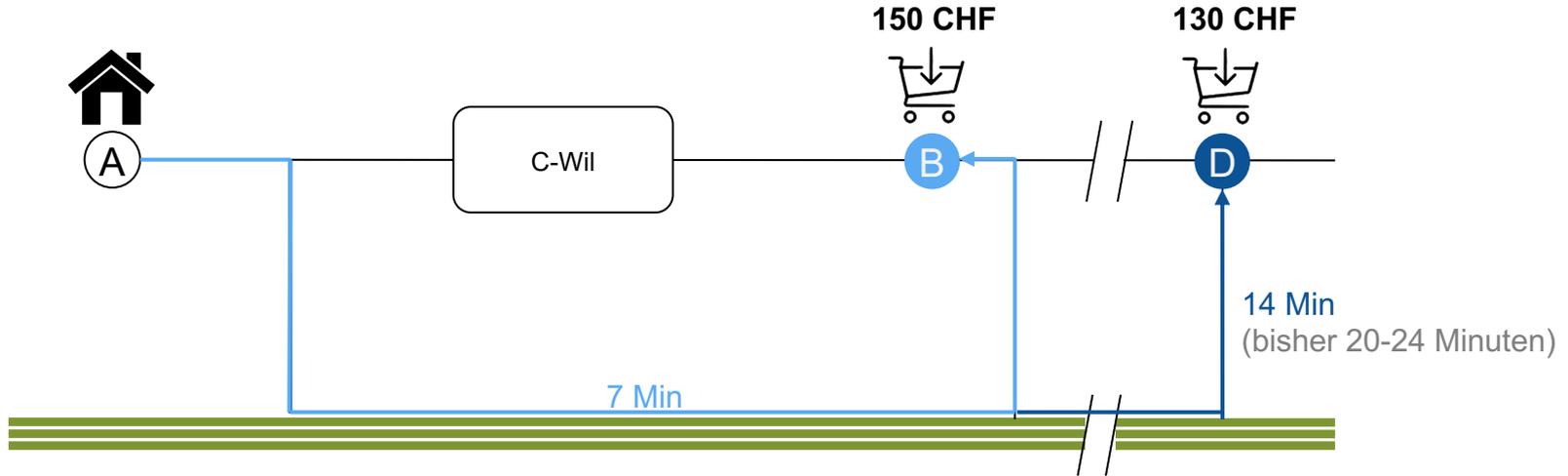
# VERKEHRsverhalten

## Wirkung einer dritten Autobahnspur



# VERKEHRsverhalten

## Wirkung einer dritten Autobahnspur

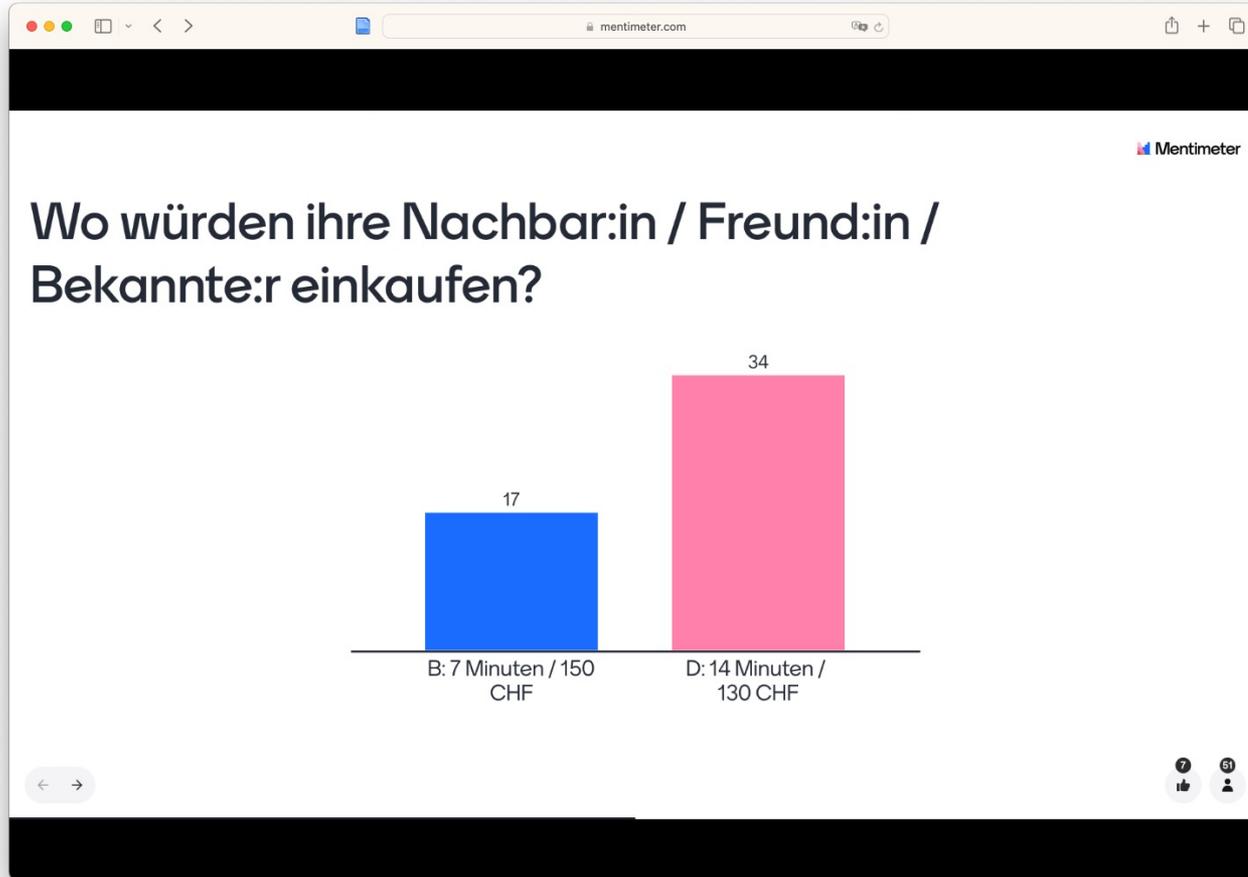


Besuchen Sie [menti.com](https://www.menti.com) | und benutzen Sie den Code 1379 6302

Wo würden ihre Nachbar:in / Freund:in / Bekannte:r einkaufen?

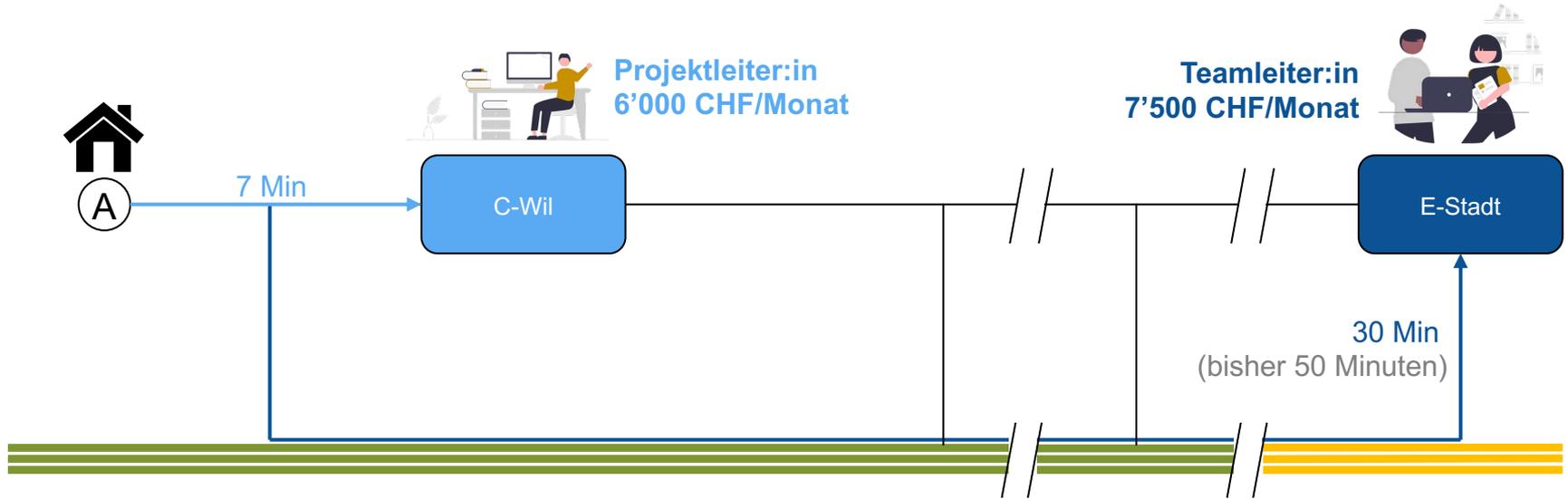


[Link](#)



# VERKEHRsverhalten

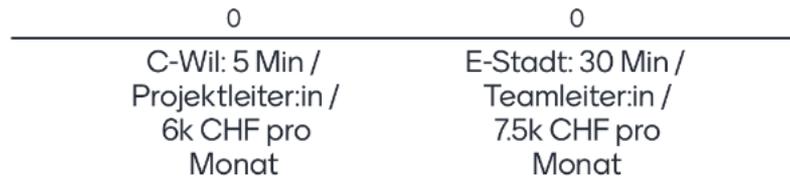
## Wirkung einer dritten Autobahnspur



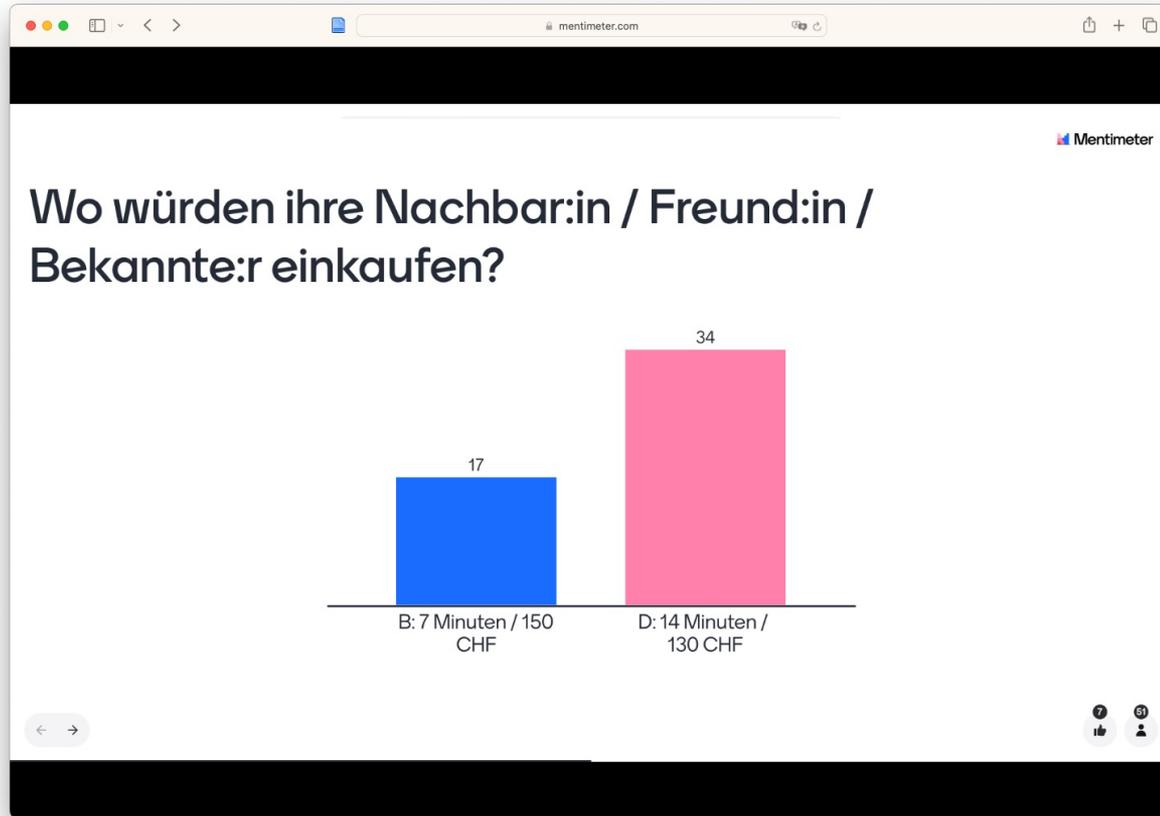
Besuchen Sie [menti.com](https://www.menti.com) | und benutzen Sie den Code 1379 6302



# Welchen Job würde ihre Kolleg:in wählen?



[Link](#)



## KONZEPT DER GENERALISIERTEN KOSTEN

Summe aller entscheidungsrelevanten und subjektiv gewichteten Ressourcenverbräuche und Bedingungen einer Fahrt.

### Elemente der Reisezeit

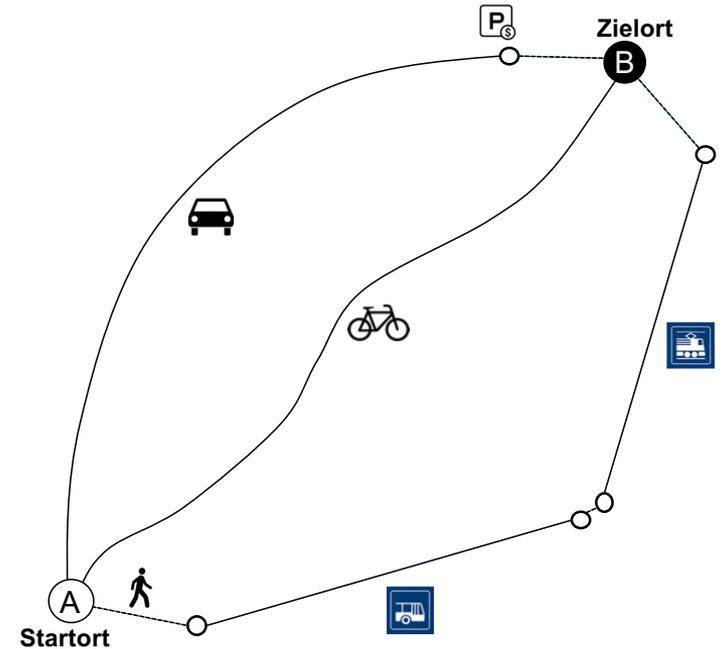
- Fahrzeit (im Fahrzeug)
- Zugangs- und Abgangszeit
- Wartezeit
- Geplante Verfrühung und Verspätung

### Monetäre Kosten

- Abhängig von langfristigen Entscheiden des Mobilitätswerkzeugbesitzes
- Unterschiedliche Wahrnehmung je nach Art der Verrechnung

### Komfort

- Bestimmt die gefühlte Fahrzeit
- Auch als ausschliessendes Kriterium (z.B. Sicherheitsempfinden im Veloverkehr)



- Das **Verkehrsverhalten** beschreibt kurzfristige und sich wiederholende Entscheide
- Das **Mobilitätsverhalten** beschreibt mittel- und langfristige Entscheide
- **Ausbauten der Verkehrsinfrastruktur** wirken sich auf das **Verkehrs- und Mobilitätsverhalten** aus.



Die Wirkung auf von Veränderungen ist (vergleichsweise) **einfach zu prognostizieren**



Die Wirkung auf das **Mobilitätsverhalten** wird in Verkehrsmodellen und Kosten-Nutzen-Analysen **meistens nicht berücksichtigt.**

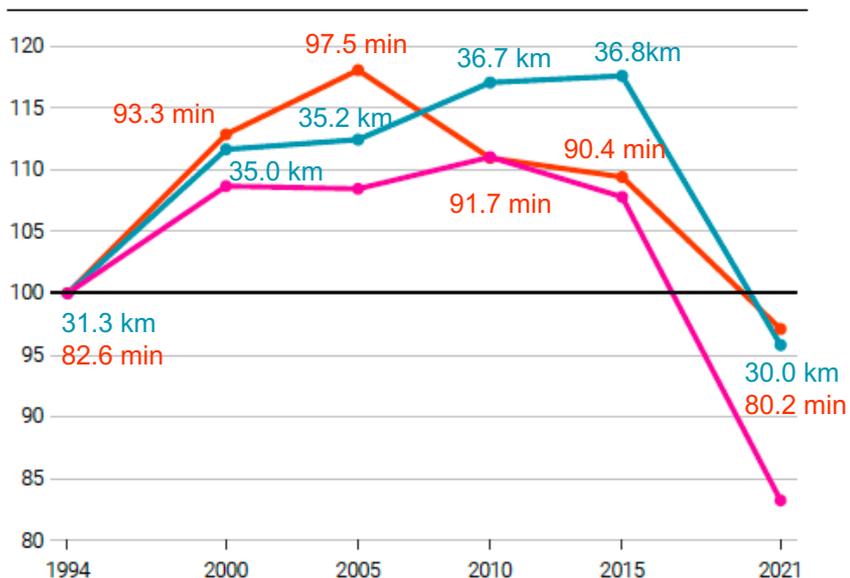
- 1 Dimensionen des Verkehrsverhaltens
- 2 Entwicklung von Verkehr und Mobilität in der Schweiz**
- 3 Quantifizierung des induzierten Verkehrs in der Schweiz
- 4 Zukünftige Entwicklungen
- 5 Handlungsmöglichkeiten

# ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT

## MOBILITÄTSKENNZAHLEN IN DER SCHWEIZ: 1994 – 2021

### Tagesdistanz, -unterwegszeit und Anz. Etappen

im Inland, indexiert 1994 = 100

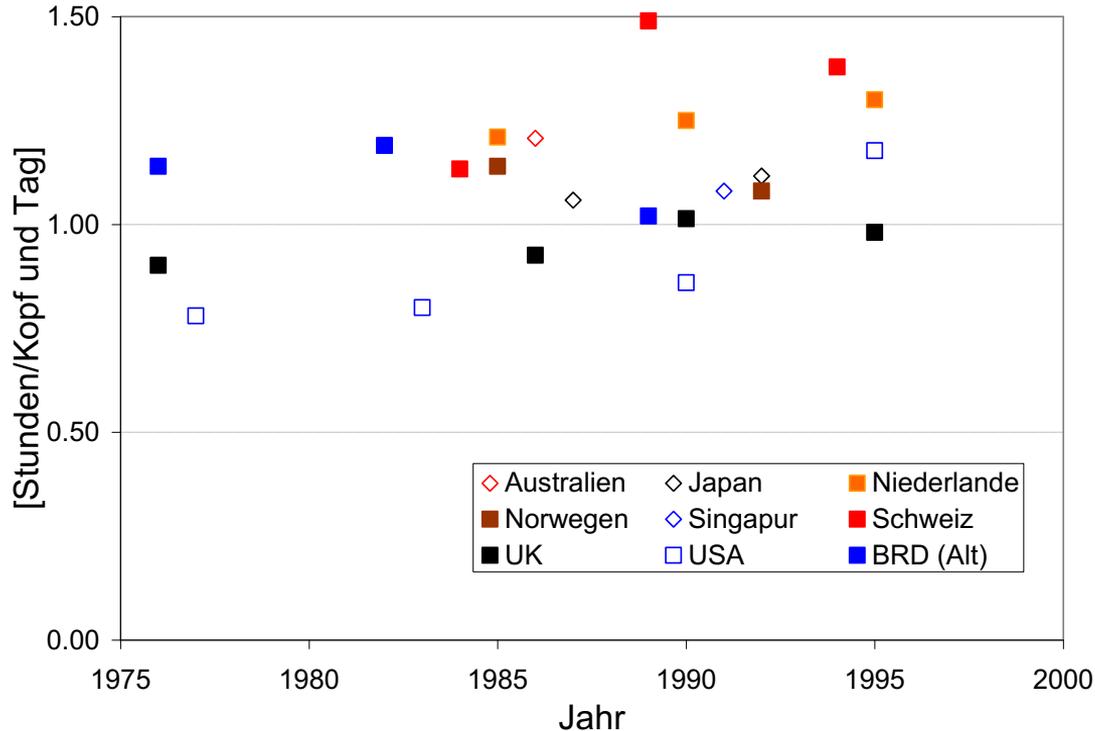


- Anzahl Etappen (und Wege) seit 2000 konstant
- Bis 2005: Zunahme der Reisezeit und Distanz
- Seit 2005: Weitere Zunahme der Distanz, Abnahme der Reisezeit

Strassenlastig

ÖV-lastig

Ausbauten /  
Reisezeitgewinne



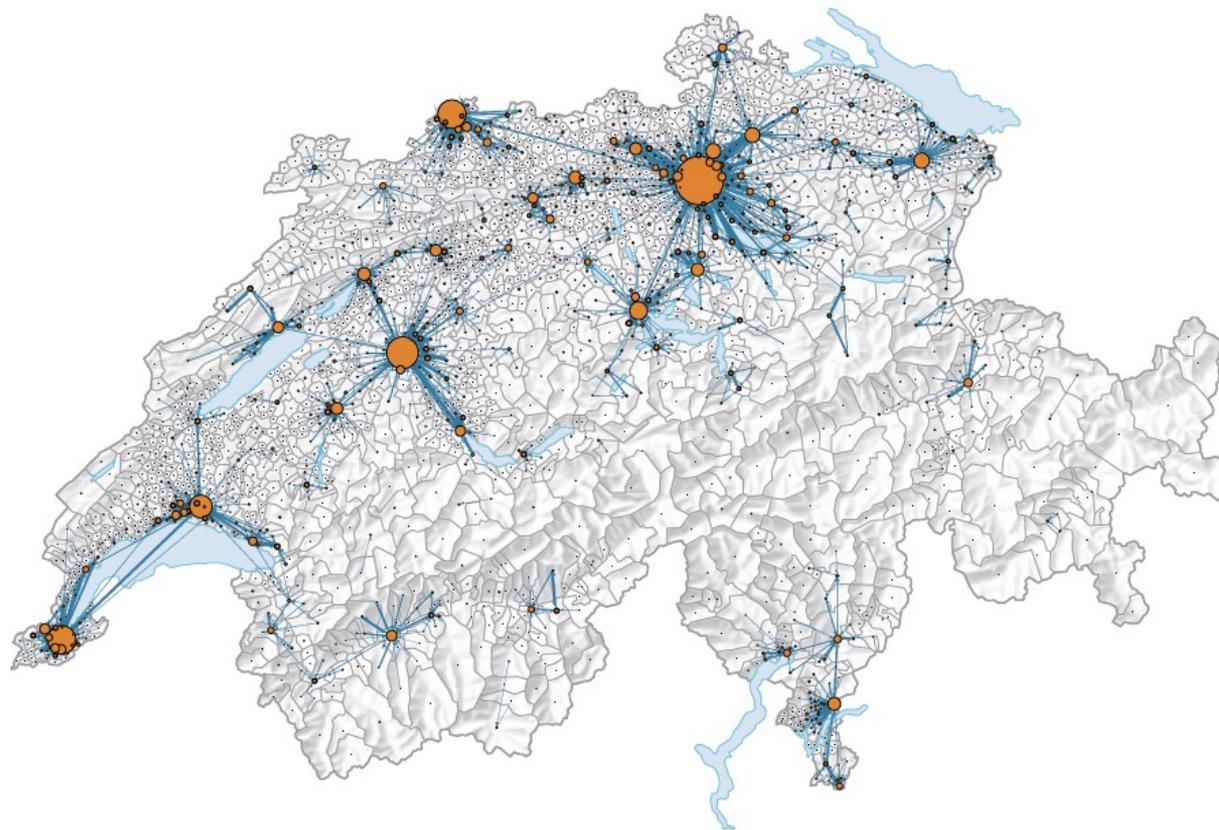
Verschiedene Studien zeigen, dass die täglich für das Reisen aufgewendete Zeit über Generationen etwas mehr als 1h beträgt. (Zahavi, 1974; Marchetti 1994; Metz, 2008)

Der Wert bezieht sich als Durchschnitt für die gesamte Bevölkerung.

Das heisst Reisezeitgewinne, z.B. aufgrund schnellerer Verkehrsmittel, führen langfristig zu längeren Wegen.

# ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT

## WICHTIGSTE PENDLERSTRÖME ZWISCHEN GEMEINDEN 1990

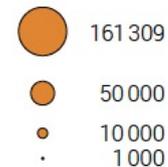


### Anzahl Arbeitspendler/innen



<sup>1</sup> Pendlerströme zwischen unmittelbar benachbarten Gemeinden sind aus Platzgründen nicht eingezeichnet. (Darunter auch der grösste Pendlerstrom: 11 047 Personen von Köniz nach Bern.)

### Anzahl Zupendler/innen<sup>2</sup> in die Gemeinde



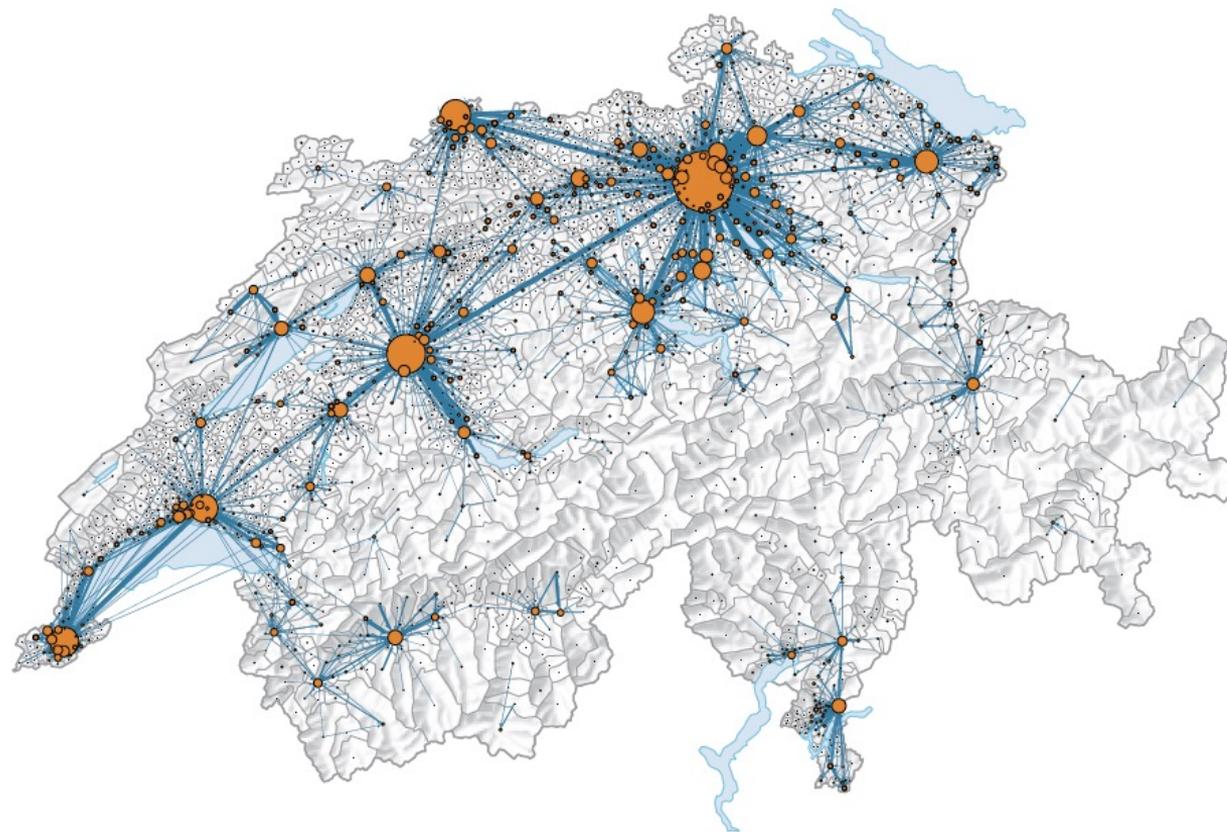
<sup>2</sup> ohne Grenzgänger/innen aus dem Ausland



**Raumgliederung:**  
Gemeinden (Stand 2018)

# ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT

## WICHTIGSTE PENDLERSTRÖME ZWISCHEN GEMEINDEN 2019

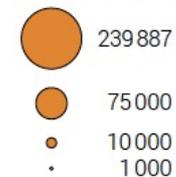


### Anzahl Arbeitspendler/innen



<sup>1</sup> Pendlerströme zwischen unmittelbar benachbarten Gemeinden sind aus Platzgründen nicht eingezeichnet. (Darunter auch der grösste Pendlerstrom: 11 053 Personen von Köniz nach Bern.)

### Anzahl Zupendler/innen<sup>2</sup> in die Gemeinde



<sup>2</sup> ohne Grenzgänger/innen aus dem Ausland



**Raumgliederung:**  
Politische Gemeinden (Stand 2018)

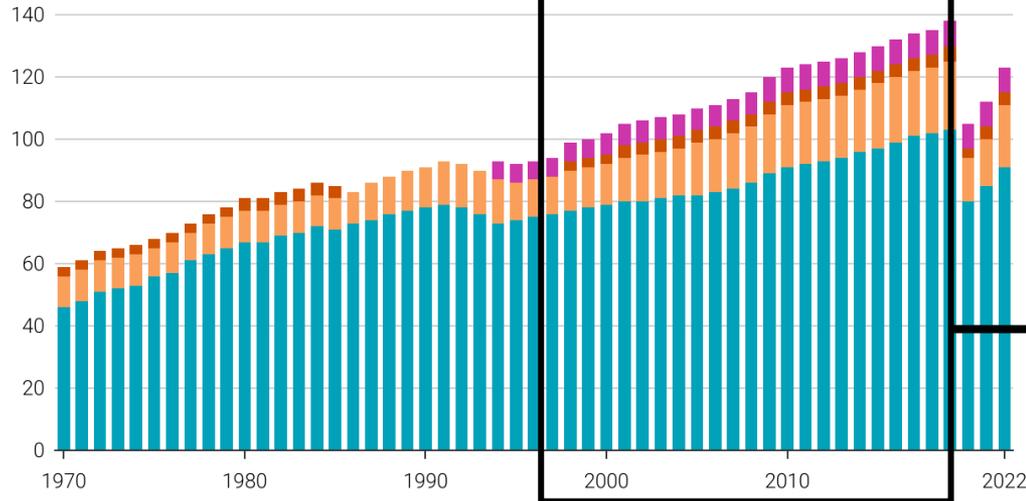
# ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT

## ENTWICKLUNG DER VERKEHRSLAISTUNG SEIT 1970

### Verkehrsleistungen im Personen-Landverkehr

Nach Verkehrsmittelgruppe

Milliarden Personenkilometer



■ privater motorisierter Strassenverkehr 
 ■ Schiene und Seilbahnen 
 ■ öffentlicher Strassenverkehr 
 ■ Langsamverkehr

Hinweise: beim öffentlichen Strassenverkehr keine Angaben 1986–1997, beim Langsamverkehr keine Angaben vor 1994; revidierte Daten 2020–2021 (13.12.2023)

**Zwischen 1997 – 2019:**

Bevölkerungswachstum + 21%

Privater Strassenverkehr + 36%

ÖV + 69%

Velo und Fuss + 33%

Quellen: BFS – Leistungen des Personenverkehrs (PV-L), Statistik des öffentlichen Verkehrs (OeV)

© BFS 2023

Quelle: [BFS](#)

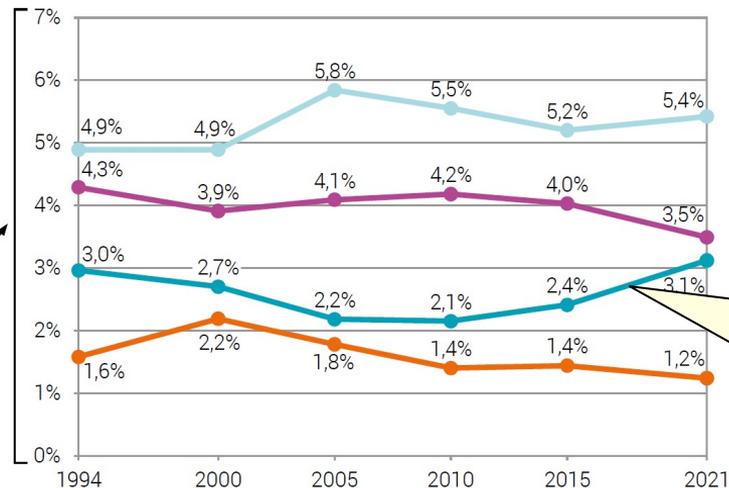
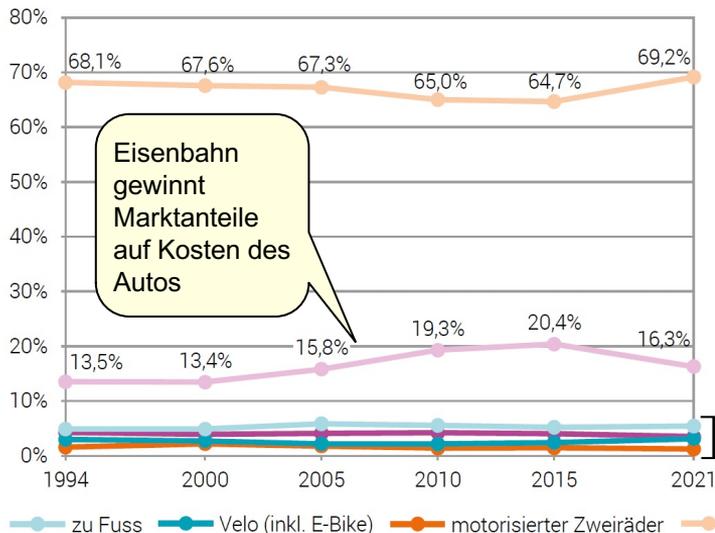
# ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT

## ENTWICKLUNG MODAL SPLIT

### Eingesetzte Verkehrsmittel, 1994–2021

Anteile an der Tagesdistanz im Inland

G3.3.1.3



Hinweis: Kategorie der «übrigen» Verkehrsmittel in der Grafik nicht aufgeführt, Anteil von 1,3% im Jahr 2021

Basis 2021: 55 018 Zielpersonen

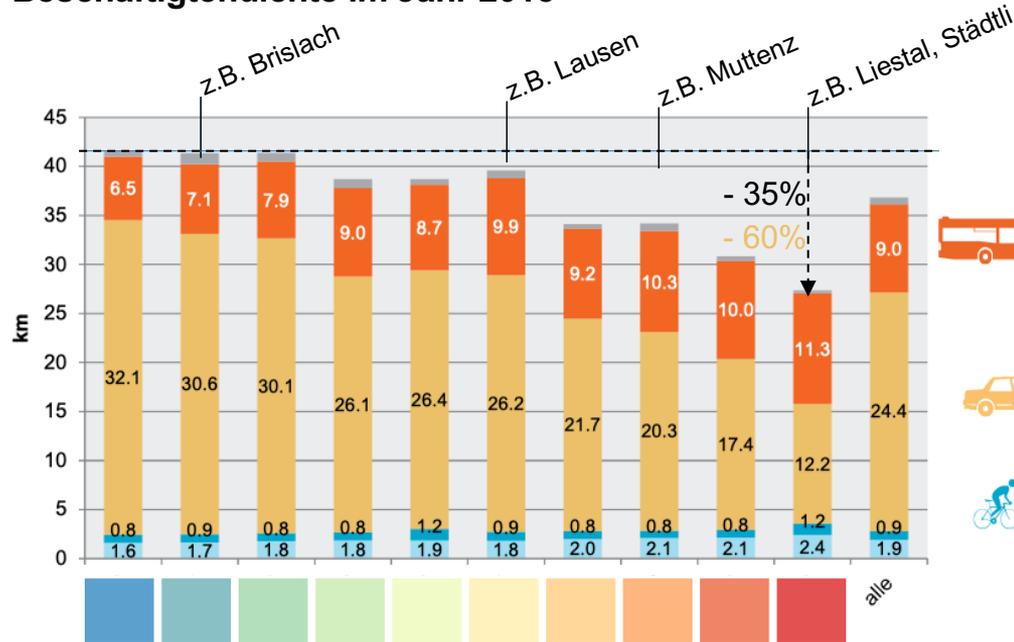
Quelle: BFS, ARE – Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)

© BFS 2023

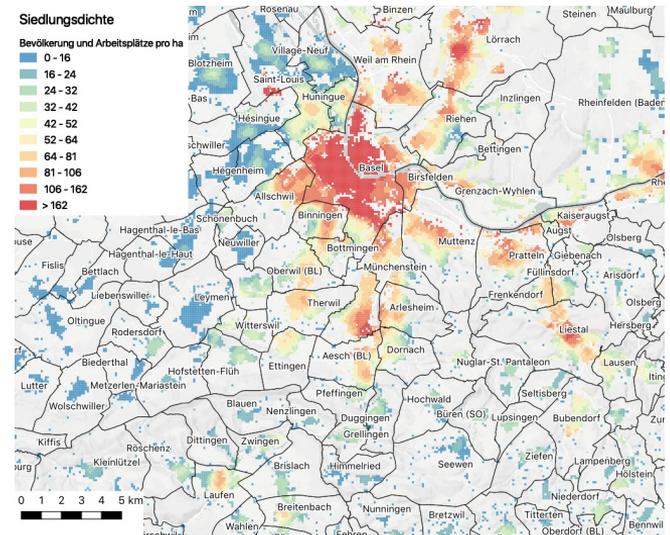
# ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT

## DICHTE UND VERKEHRSLEISTUNG

### Tagesdistanzen nach Bevölkerungs- und Beschäftigtendichte im Jahr 2015



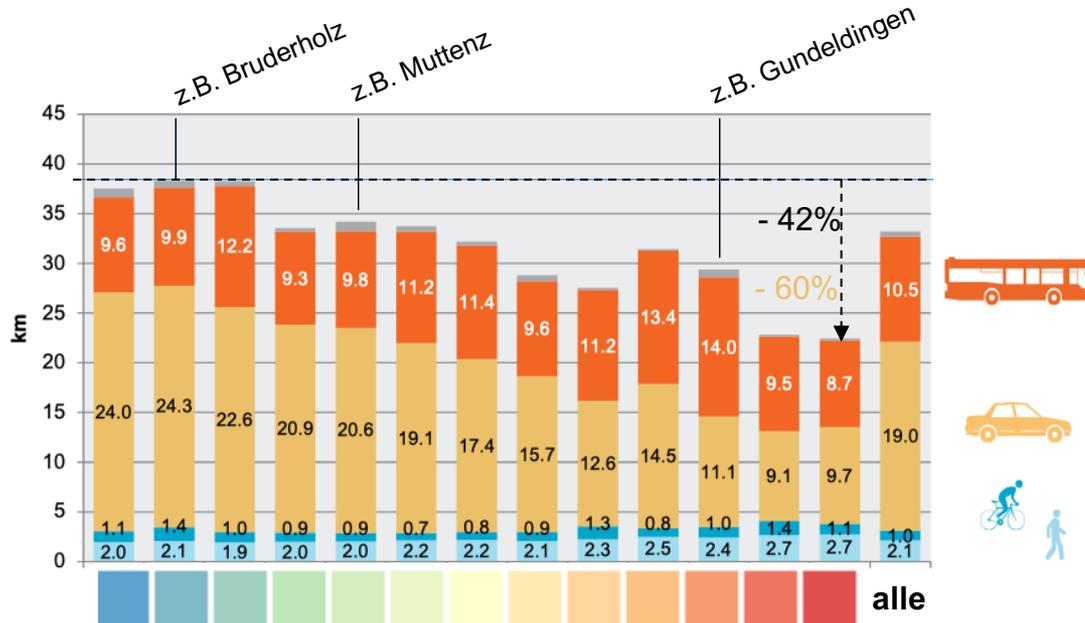
### Dichteklassen im Raum Basel



Quelle: Bubenhofer et al., 2018  
 Datenbasis: 271'824 Inlandetappen  
 Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015

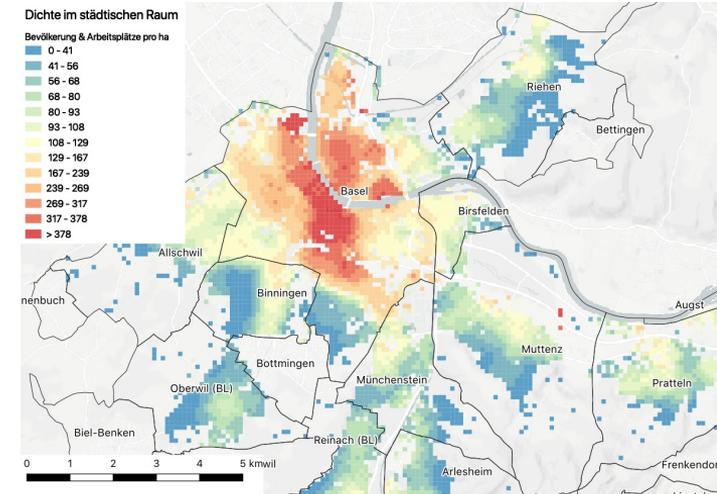
# ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT DICHTE UND VERKEHRSLAISTUNG

## Tagesdistanzen nach Bevölkerungs- und Beschäftigendichte im Jahr 2015 in Städten



Quelle: Bubenhofer et al., 2018  
Datenbasis: 137'323 Inlandetappen in statistischen Städten  
Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015 (Bubenhofer et al., 2018)

## Dichteklassen im Raum Basel



## ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT

### ZWISCHENFAZIT

## Zwischen- Fazit

- Ausbauten ins Strassennetz führen zu längeren Wegen (und geringerem ÖV-Anteil)
- Ausbauten ins ÖV-Netz und Verbesserungen beim ÖV-Angebot führen zu längeren Wegen und höherem ÖV-Anteil
- Die Auto- und insbesondere die ÖV-Verkehrsleistung hat sich zwischen 1997 – 2019 überproportional zum Bevölkerungswachstum entwickelt
- Mit einer nach Innen gerichteten Siedlungsentwicklung kann das Wachstum der Verkehrsnachfrage gebremst werden.

- 1 Dimensionen des Verkehrsverhaltens
- 2 Entwicklung von Verkehr und Mobilität in der Schweiz
- 3 Quantifizierung des induzierten Verkehrs**
- 4 Zukünftige Entwicklungen
- 5 Handlungsmöglichkeiten

# QUANTIFIZIERUNG DES INDUZIERTEN VERKEHRS

## BEGRIFF DER ELASTIZITÄT

Die Elastizität beschreibt die **relative Veränderung** einer Grösse, z.B. **Verkehrsmenge**, in Bezug auf die relative Veränderung einer anderen Grösse, z.B. **Reisezeit**

**Kurzfristige Elastizität:** Veränderung aufgrund von **Verkehrsverhalten:** Routen-, Verkehrsmittel- und alltäglicher Zielwahl

**Langfristige Elastizität:** Veränderung aufgrund von **Mobilitätsverhalten:** Mobilitätswerkzeugbesitz, Aktivitäten, Wohn- und Arbeitsort

### Formel

$$\varepsilon_i^k = \frac{dQ_i/Q_i}{dK_i/K_i} \sim \frac{(Q_i^1 - Q_i^0)/Q_i^0}{(K_i^1 - K_i^0)/K_i^0}$$

Ohne Tunnel: 30 Minuten, 10'000 Fhz/Tag  
Mit Tunnel, nach 1 Jahr: 15 Minuten, 12'000 Fhz/Tag

$$\varepsilon_{\text{kurzf}}^{rz} = \frac{(12000 - 10000)/10000}{(15 - 30)/15} = \frac{20\%}{-50\%} = -0.4$$

Mit Tunnel, nach 8 Jahren: 15 Minuten, 14'000 Fhz/Tag

$$\varepsilon_{\text{langf}}^{rz} = \frac{(14500 - 10000)/10000}{(15 - 30)/15} = \frac{45\%}{-50\%} = -0.9$$

Methoden zur Ermittlung der Elastizität:

- Vorher/Nachher-Untersuchung
- Gebietsmodelle
- Verkehrsmodelle
- Regression aus Verkehrsverhaltensdaten
- Entscheidungsmodelle

Die verschiedenen Verfahren haben Vor- und Nachteile, die bei der Interpretation berücksichtigt werden müssen.

**Achtung bei der Interpretation:**

- Welche Elastizität (Reisezeit, Spurenkilometer, Kosten)?
- Welcher Kontext (städtisch, ÖV-Qualität, flankierende Massnahmen)
- Welche Weglängen und -zwecke

## QUANTIFIZIERUNG DES INDUZIERTEN VERKEHRS

### ELASTIZITÄTWERTE (FHZ-KM, AUTO) AUS DER LITERATUR

Studie	Land	Veränderung	Typ	Elastizität
De Jong & Gunn (2001)	Niederlande	Reisezeit	Kurzfristig / langfristig	-0.35 / -1.34
Beser Hugosson & Algers (2002)	Schweden	Reisezeit	Langfristig, Nahverkehr	-0.75
Goodwin (1996)	Verschiedene (Literaturanalyse)	Reisezeit	Langfristig	um -1.0
Weis & Axhausen (2009)	Schweiz (1974-2005)	Erreichbarkeit (MIV und ÖV)	Langfristig, Personen-Km	0.89 bis 1.14
Weis & Axhausen (2009)	Schweiz (1974-2005)	Preis (MIV und ÖV)	Langfristig, Personen-Km	-0.84 bis -1.47
Milam et al. (2017)	USA	Kapazitätsausbau	Langfristig	0.4 bis 1.03
Annema & de Wolf (1997)	Niederlande	Netzkapazität (Länge aller Fahrspuren)	Langfristig	0.16 bis 0.6
Gonzales & Marrero (2012)	Spanien	Netzkapazität (Länge aller Fahrspuren)	Langfristig	0.27 bis 0.31

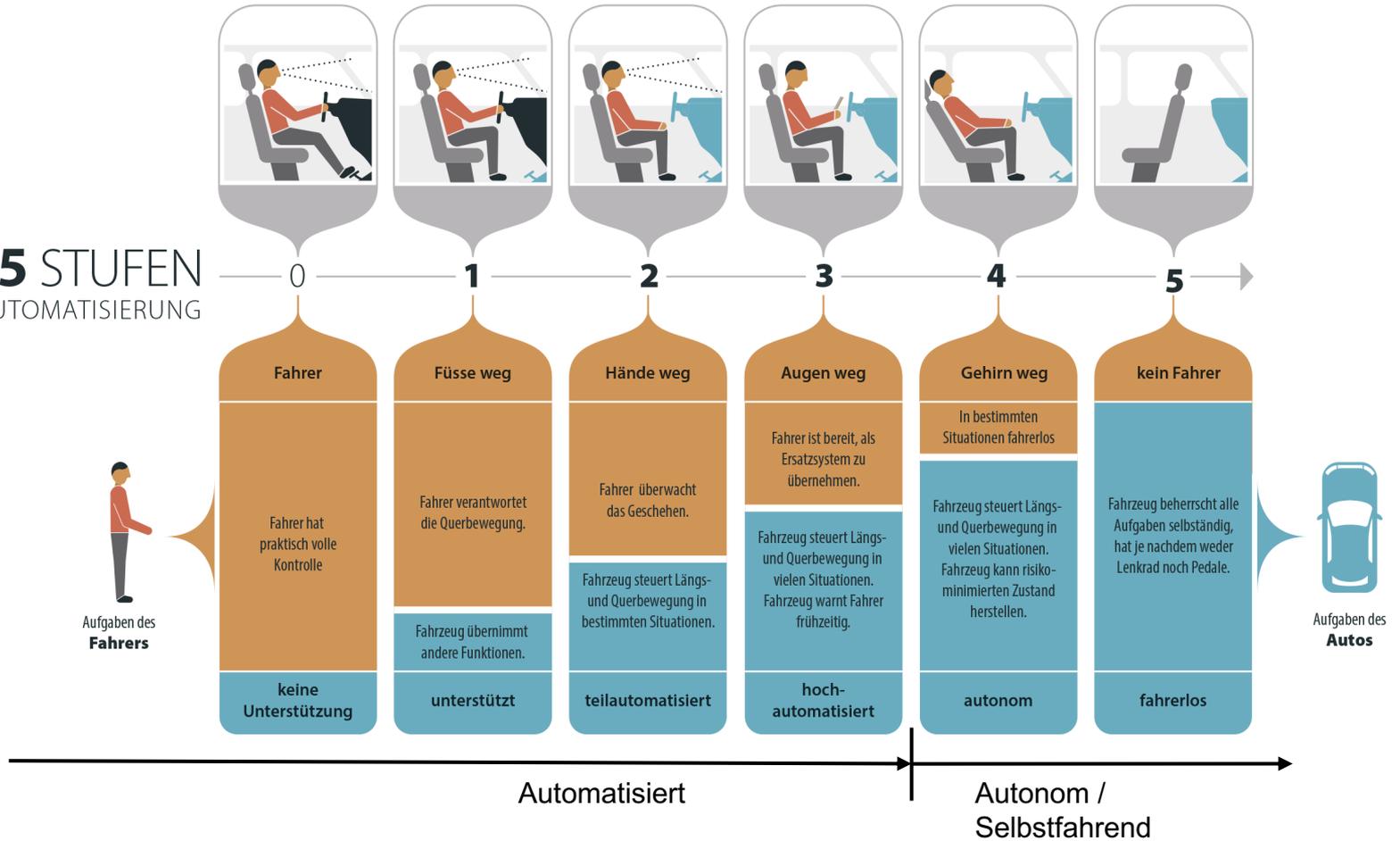
- Personen nutzen **geringere Reisezeiten** aus, um **weiter gelegene Ziele häufiger** zu erreichen.
- **Ausbauten der Verkehrsinfrastruktur** und Verbesserungen der Verkehrsmittel **führen** auf Dauer **nicht zu Zeiteinsparungen** (Jevons-Paradox), **erhöhen** aber die **Erreichbarkeit**.
- Eine höhere **Erreichbarkeit** führt zu einem **effizienteren Arbeitsplatzmarkt** und einer **kompetitiveren Wirtschaft**.
- Eine aufgrund von Verkehrsausbauten höhere Erreichbarkeit führt zu **mehr Ressourcenverbrauch** und **grösseren Externalitäten**.
- Eine höhere Erreichbarkeit lässt sich aber auch durch eine nach **innen gerichtete Siedlungsentwicklung** erreichen. Dann führt sie im Verkehr zu einem **geringeren Ressourcenverbrauch** und **weniger Externalitäten**.

- 1 Dimensionen des Verkehrsverhaltens
- 2 Entwicklung von Verkehr und Mobilität in der Schweiz
- 3 Quantifizierung des induzierten Verkehrs in der Schweiz
- 4 Zukünftige Entwicklungen**
- 5 Handlungsmöglichkeiten

# SELBSTFAHRENDE FAHRZEUGE

## ARBEITSTEILUNG ZWISCHEN MENSCH UND MASCHINE

### DIE 5 STUFEN DER AUTOMATISIERUNG



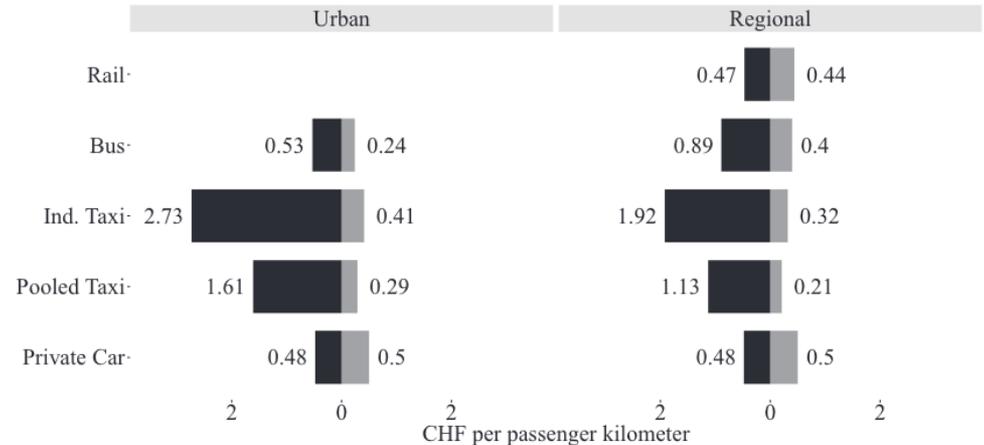
### Abschätzung von Mobilitätskosten der Zukunft in der Schweiz

- Aufstellung aller Kostenpunkte (Investitionskosten, Betriebskosten, Zinskosten)
- Annahmen zu Nutzungsintensität (Besetzungsgrad, Einsatzintensität, Wegdistanzen, Geschwindigkeiten, Leerfahrtsanteil)
- Berücksichtigung spezieller Faktoren in der Schweiz

### Fazit

- Massive Reduktion der (generalisierten) Kosten für MIV und ÖiV
- Ohne flankierende Massnahmen: induzierter Verkehr

### Vergleich der Fahrkosten nach Verkehrsmittel in der Schweiz Konventionell und selbstfahrend

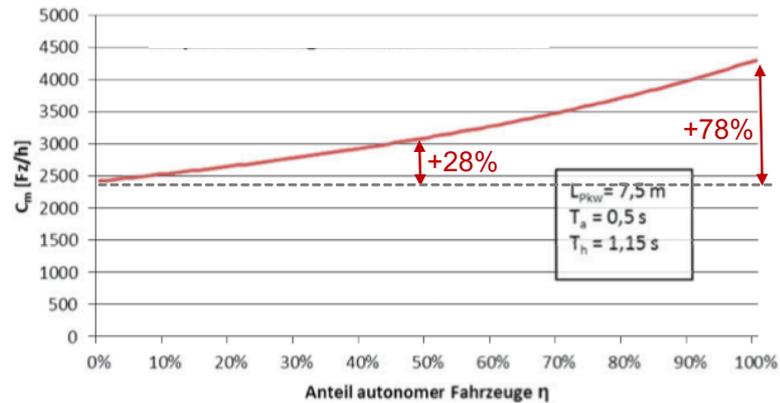


Bösch *et al.* (2018)

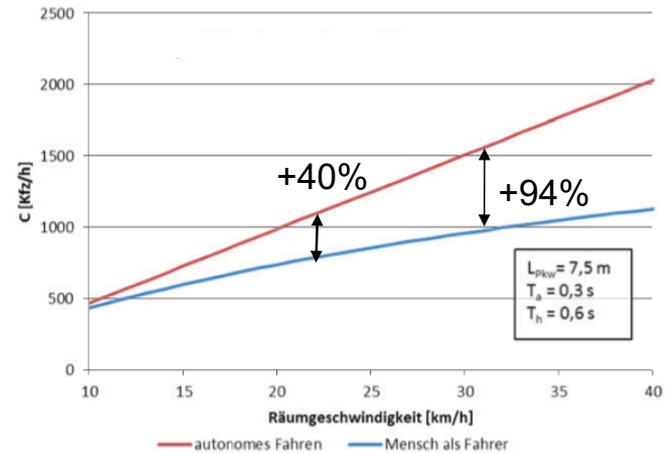
# ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN

## ERWARTETER KAPAZITÄTSGEWINN MIT SELBSTFAHRENDEN FAHRZEUGEN

### Autobahn / Autostrasse



### Kreuzung mit Lichtsignalanlage

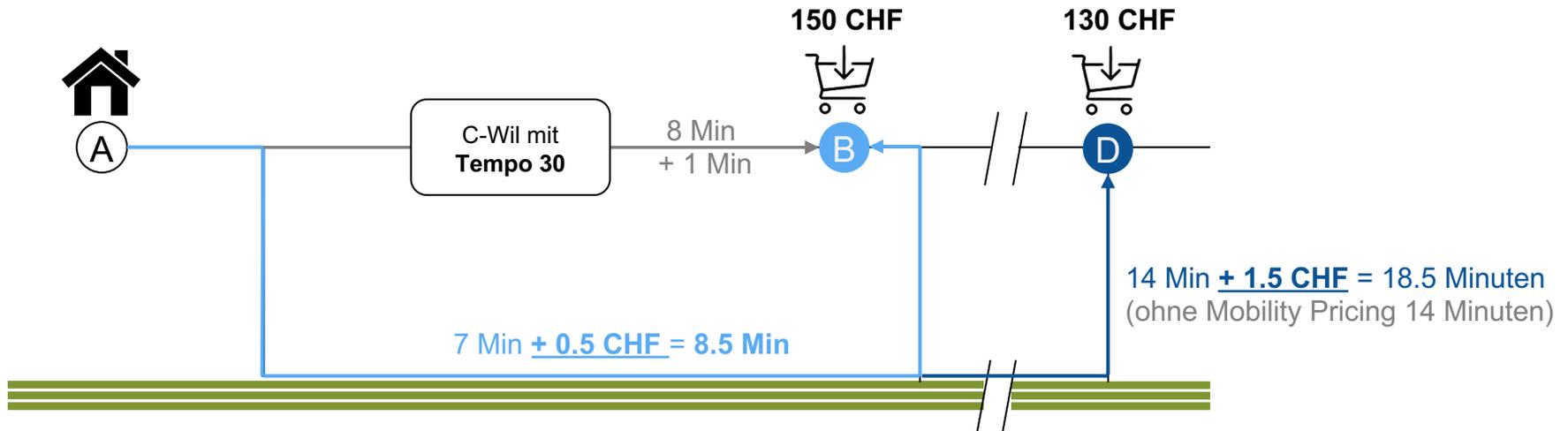


Quelle: Friedrich (2015)

- 1 Dimensionen des Verkehrsverhaltens
- 2 Entwicklung von Verkehr und Mobilität in der Schweiz
- 3 Quantifizierung des induzierten Verkehrs in der Schweiz
- 4 Zukünftige Entwicklungen
- 5 Handlungsmöglichkeiten**

# HANDLUNGSMÖGLICHKEITEN

## MOBILITY PRICING ...



## Siedlungsentwicklung nach Innen

- Führt zu kürzeren Wegen mit ressourcenschonenderen Verkehrsmitteln
- Wirkung auf bestehende und wachsende Bevölkerung

## Kostenwahrheit im Verkehr

- Im Verkehr werden Infrastrukturkosten und Externalitäten von der Allgemeinheit bezahlt. Dies führt zu einem Überkonsum von Verkehrsleistung.
- Die Kosten des Verkehrs sollten möglichst verursachergerecht getragen werden.

## Bessere Verkehrs- und Landnutzungsmodelle

- Wirkung von Verkehrs- und Mobilitätsverhalten von Infrastrukturausbauten quantifizieren
- Wirkung auf Mobilitätsverhalten in Kosten-Nutzenanalysen berücksichtigen

### **Verbesserungen der Infrastruktur und Verkehrsmittel:**

- Geringere generalisierte Kosten führen zu Mehrverkehr.
- Mehrverkehr entsteht, da Reisende daraus einen (gefühlten) Mehrwert ziehen.
- Mehrverkehr auf der Strasse entsteht besonders dort, wo
  - der ÖV gut ausgebaut ist,
  - es heute bereits Stau gibt
  - es Siedlungsdruck gibt

### **Was ist bei Strassenausbauten zu tun?**

- Mobility Pricing einführen
- Zersiedelung verhindern
- Kostenwahrheit herstellen

### **Wie kann der Bedarf nach Strassenausbauten reduziert werden?**

- Siedlungswachstum konsequent nach Innen leiten.
- Selbstfahrende Fahrzeuge fördern
- Und: Mobility Pricing und Kostenwahrheit herstellen

# DAS PHÄNOMEN DES INDUZIERTEN VERKEHRS

## ZITIERTE LITERATUR

Axhausen, Kay und Fröhlich, Philipp (2012) Übersicht zu Stated Preference-Studien in der Schweiz und Abschätzungen von Gesamtelastizitäten: Statusbericht 2012. Bern: Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).

Bösch, Patrick M.; Becker, Felix; Becker, Henrik und Axhausen, Kay W. (2018) Cost-based analysis of autonomous mobility services. In: Transport Policy: Jg. 64 S. 76–91.

Bubenhöfer, Jonas; Hool, Anna; Naef, Conrad und Hess, Jonas (2018) Dichte und Mobilitätsverhalten: Auswertungen des Mikrozensus Mobilität und Verkehr. Bern: Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).

Bucsky, Péter und Juhász, Mattias (2022) Long-term evidence on induced traffic: A case study on the relationship between road traffic and capacity of Budapest bridges. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice: Jg. 157 S. 244–257.

Bundesamt für Statistik / Bundesamt für Raumentwicklung (2023) Mobilitätsverhalten der Bevölkerung. Ergebnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2021. Neuchâtel und Bern: Schweizer Eidgenossenschaft.

Friedrich, Bernhard (2015) Verkehrliche Wirkung autonomer Fahrzeuge. In: Autonomes Fahren. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. S. 331–350.

Grübler, Arnulf (1998) Technology and Global Change. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis.

Litman, Todd (2023) How Prices and Other Factors Affect Travel Behavior. Victoria Transport Policy Institute.

Metz, David (2008) The limits to travel: how far will you go? London; Earthscan.

Planar AG für Raumentwicklung (2023) Städtevergleich Mobilität. Zürich: Städtekonferenz Mobilität.

Schafer, A (2000) Regularities in Travel Demand: An International Perspective. In: Journal of Transportation and Statistics: Jg. 3 (3) S. 1–31.

Weis, Claude und Axhausen, Kay W. (2009) Induced travel demand: Evidence from a pseudo panel data based structural equations model. In: Research in Transportation Economics: Jg. 25 (1) S. 8–18.

Weis, Claude; Vrtic, Milenko; Schmid, Basil und Axhausen, Kay W. (2017) Analyse der SP-Befragung 2015 zur Verkehrsmodus- und Routenwahl. Bern: Bundesamt für Raumentwicklung.

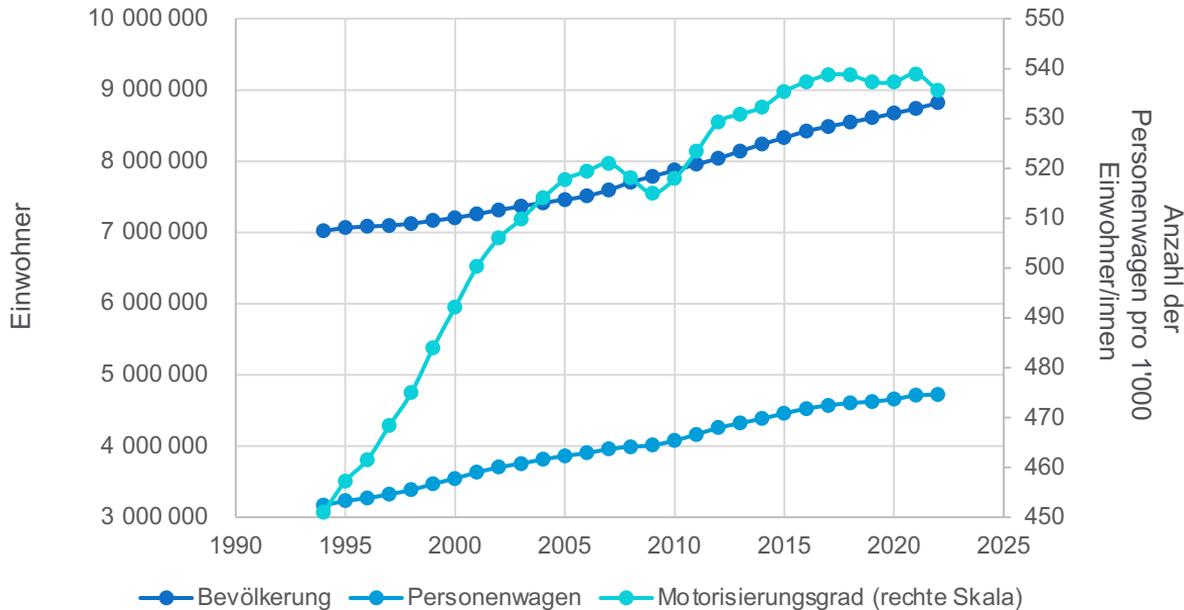
# DAS PHÄNOMEN DES INDUZIERTEN VERKEHRS

## ANHANG

# VERKEHR UND MOBILITÄT IN DER SCHWEIZ

## MOTORISIERUNGSGRAD

### Entwicklung der Wohnbevölkerung, Personenwagen und Motorisierungsgrad 2005 - 2018 gesamte Schweiz

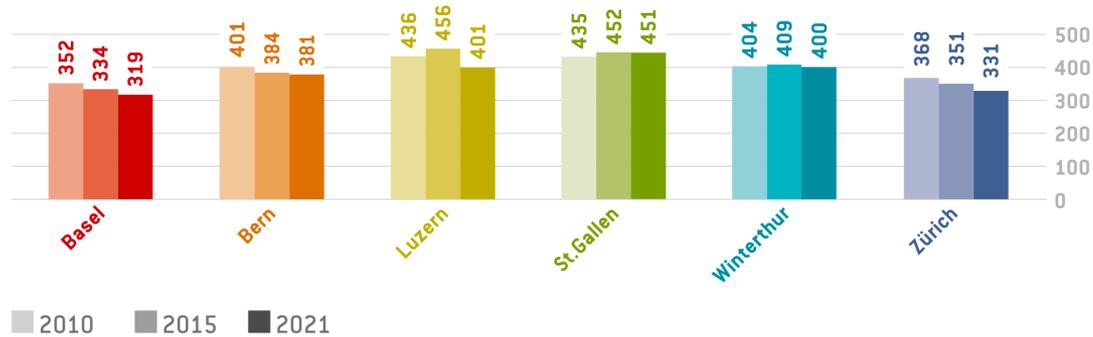


Eigene Auswertung aufgrund von Daten des Bundesamts für Statistik zur [Bevölkerung](#) und [Fahrzeugbeständen](#)

# VERKEHR UND MOBILITÄT IN DER SCHWEIZ

## MOTORISIERUNGSGRAD

### Entwicklung Motorisierungsgrad 2010 - 2015 ausgewählte Städte



Planar Raumentwicklung AG. (2023). *Städtevergleich Mobilität*. Zürich: Basel-Stadt, Stadt Bern, Stadt Luzern, Stadt St.Gallen, Stadt Winterthur, Stadt Zürich.

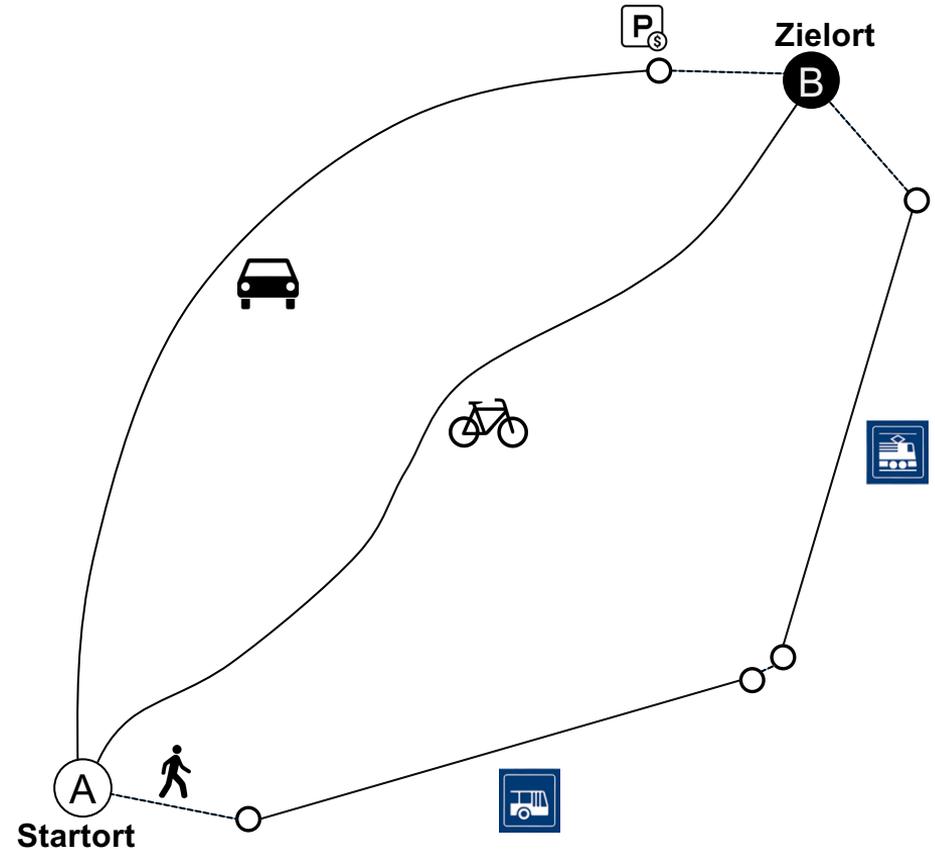
## KERNPROBLEM

### Ziel:

- Verstehen von Verkehrsverhalten unter heutigen Bedingungen
- Vorhersagen von Verhaltensänderungen unter zukünftigen Bedingungen

### Lösungsansatz

- Analyse der Entscheidungen der Verkehrsteilnehmer
- Aufteilung der Wege in Etappen
- Berücksichtigung persönlicher Variablen



# WECHSELWIRKUNG SIEDLUNG UND VERKEHR

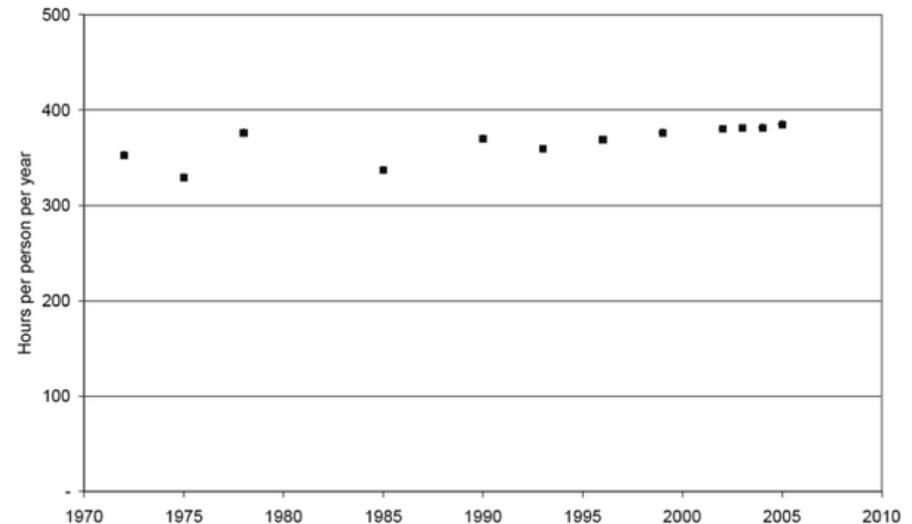
## KONZEPT DES KONSTANTEN REISEZEITBUDGETS

Verschiedene Studien zeigen, dass die täglich für das Reisen aufgewendete Zeit über Generationen etwas mehr als 1h beträgt. (Zahavi, 1974; Marchetti 1994; Metz, 2008)

Der Wert bezieht sich als Durchschnitt für die gesamte Bevölkerung.

Das heisst Reisezeitgewinne, z.B. aufgrund schnellerer Verkehrsmittel, führen langfristig zu längeren Wegen.

### Entwicklung der jährlichen Reisezeit in England und Wales



Quelle: Metz (2008) p. 323

Die Einführung neuer Verkehrsmittel führt dazu, dass die Reisedistanz exponentiell ansteigt.

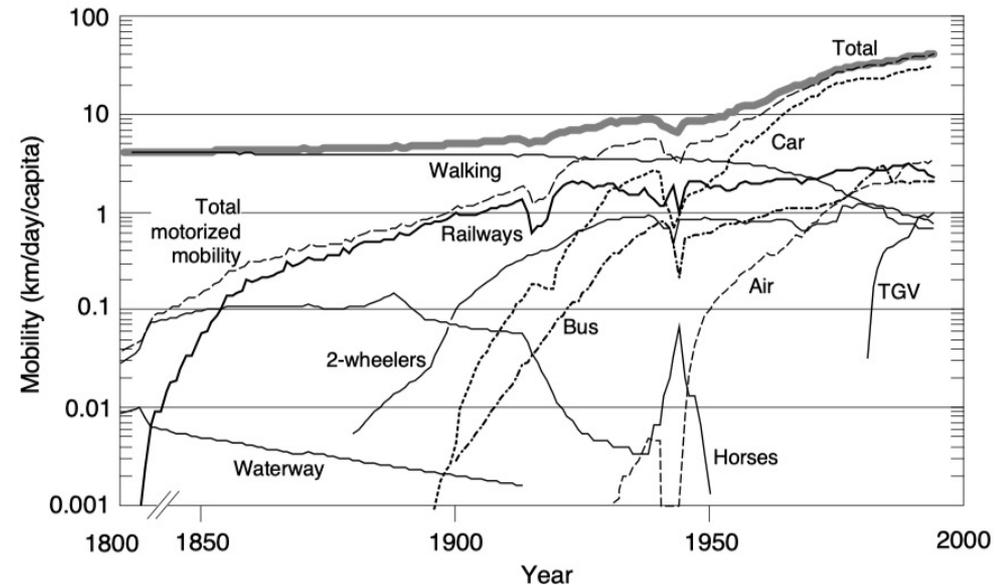
Der jährliche Zuwachs beträgt ca. 4%

Der Anteil des jeweils schnellsten Verkehrsmittels nimmt jeweils am stärksten zu.

Das heisst Reisezeitgewinne, z.B. aufgrund schnellerer Verkehrsmittel, führen langfristig zu längeren Wegen.

### Zurückgelegte Distanz pro Tag in Frankreich

nach Verkehrsmittel



Grübler (1998)

## QUANTIFIZIERUNG DES INDUZIERTEN VERKEHRS

### ELASTIZITÄTWERTE (FHZ-KM, AUTO) AUS DER LITERATUR

Studie	Land	Veränderung	Typ	Elastizität
De Jong & Gunn (2001)	Niederlande	Reisezeit	Kurzfristig / langfristig	-0.35 / -1.34
Beser Hugosson & Algers (2002)	Schweden	Reisezeit	Langfristig, Nahverkehr	-0.75
Goodwin (1996)	Verschiedene (Literaturanalyse)	Reisezeit	Langfristig	um -1.0
Weis & Axhausen (2009)	Schweiz (1974-2005)	Erreichbarkeit (MIV und ÖV)	Langfristig, Personen-Km	0.89 bis 1.14
Weis & Axhausen (2009)	Schweiz (1974-2005)	Preis (MIV und ÖV)	Langfristig, Personen-Km	-0.84 bis -1.47
Milam et al. (2017)	USA	Kapazitätsausbau	Langfristig	0.4 bis 1.03
Annema & de Wolf (1997)	Niederlande	Netzkapazität (Länge aller Fahrspuren)	Langfristig	0.16 bis 0.6
Gonzales & Marrero (2012)	Spanien	Netzkapazität (Länge aller Fahrspuren)	Langfristig	0.27 bis 0.31