

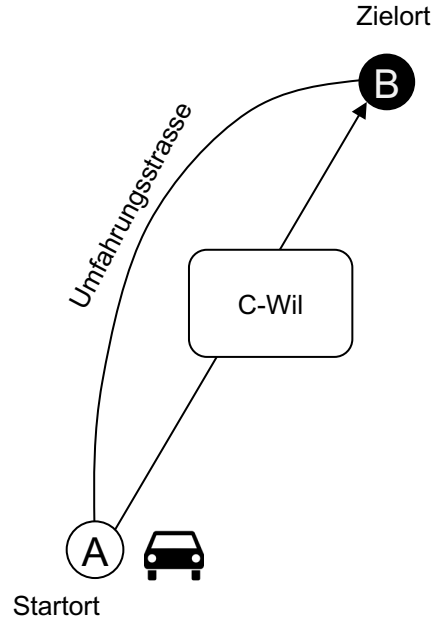
Wer Verkehrsinfrastruktur baut, wird Verkehr ernten: Das Phänomen des induzierten Verkehrs

Prof. Dr. Alexander Erath
VCS-Webinar am 5.2.2024

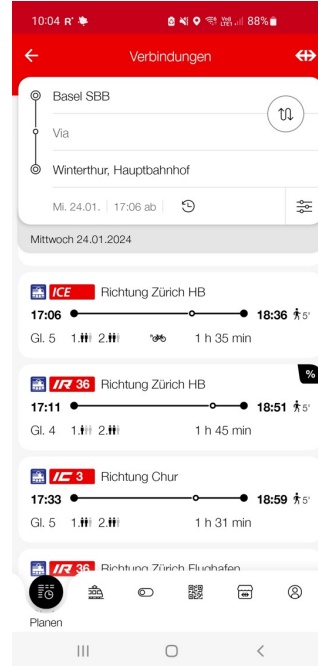


- 1 Dimensionen des Verkehrsverhaltens**
- 2 Entwicklung von Verkehr und Mobilität in der Schweiz
- 3 Quantifizierung des induzierten Verkehrs in der Schweiz
- 4 Zukünftige Entwicklungen
- 5 Handlungsmöglichkeiten

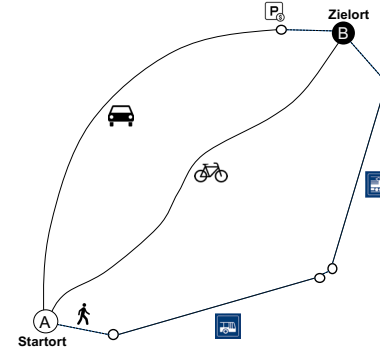
Routenwahl



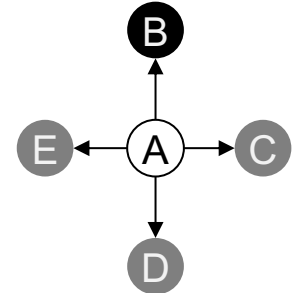
Wahl der Abfahrtszeit



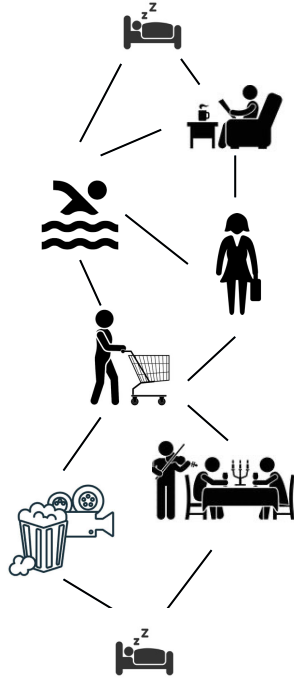
Verkehrsmittelwahl



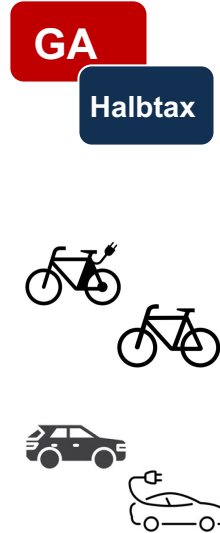
Zielwahl im Alltag



Aktivitätsagenda



Mobilitätswerkzeuge

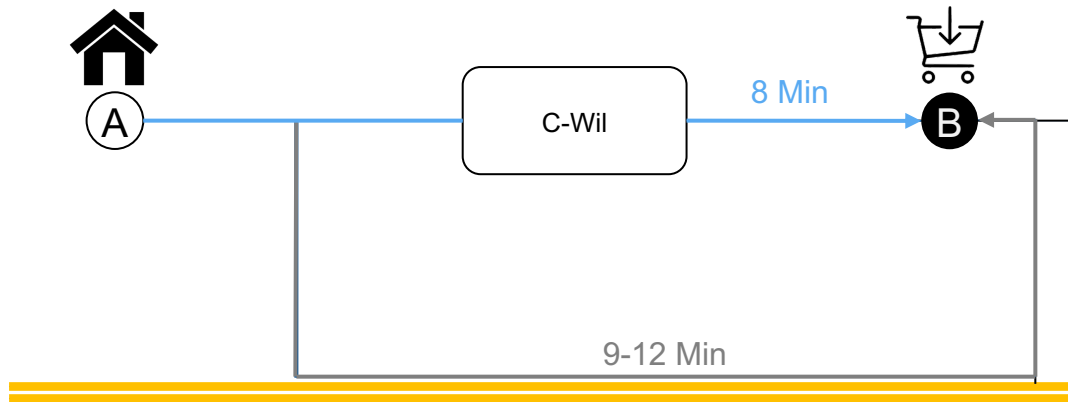


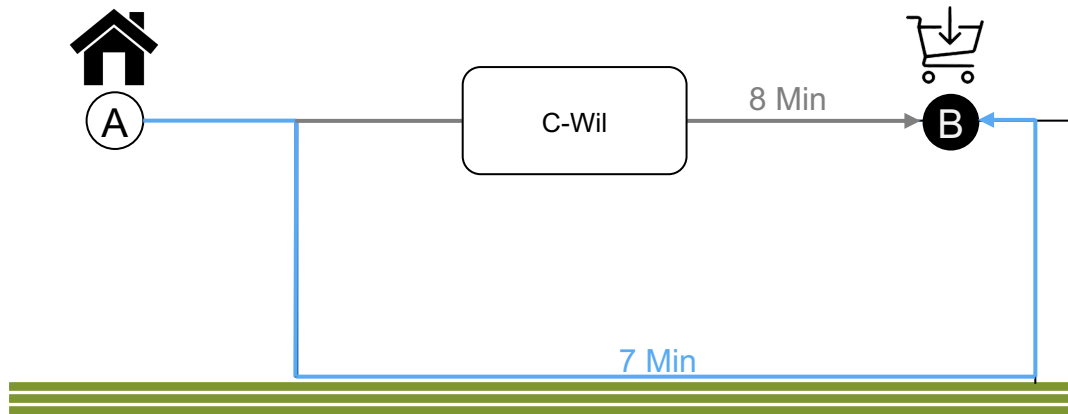
Wahl des Wohnorts und Arbeits-/Ausbildungsorts

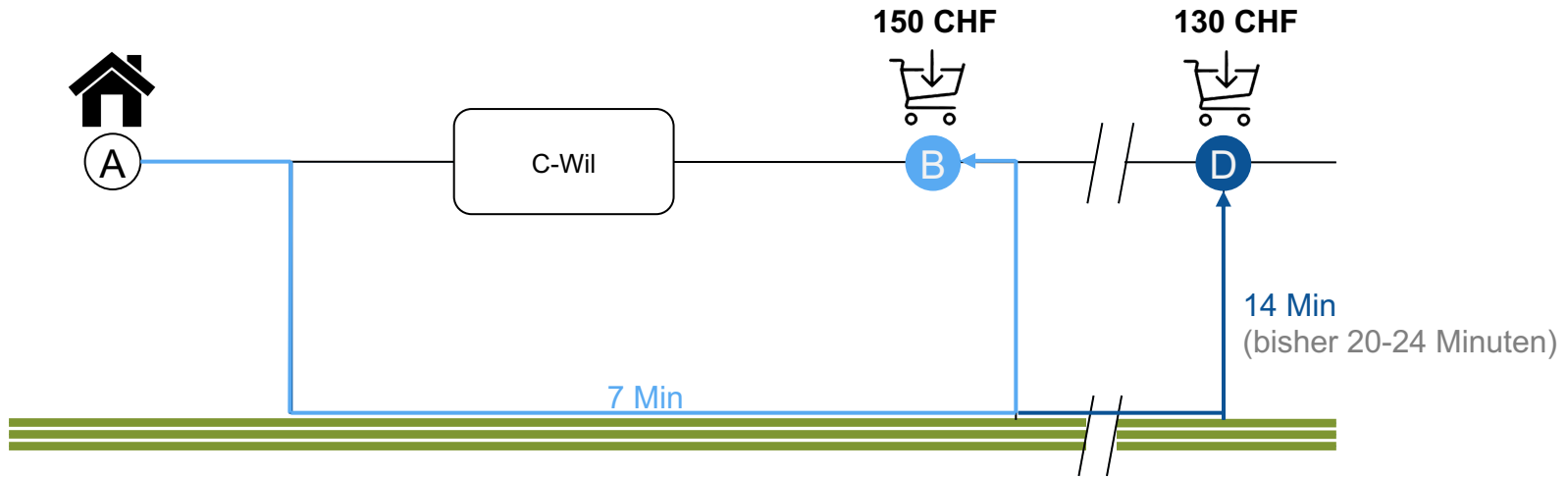


VERKEHRSSVERHALTEN

IST-SITUATION







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

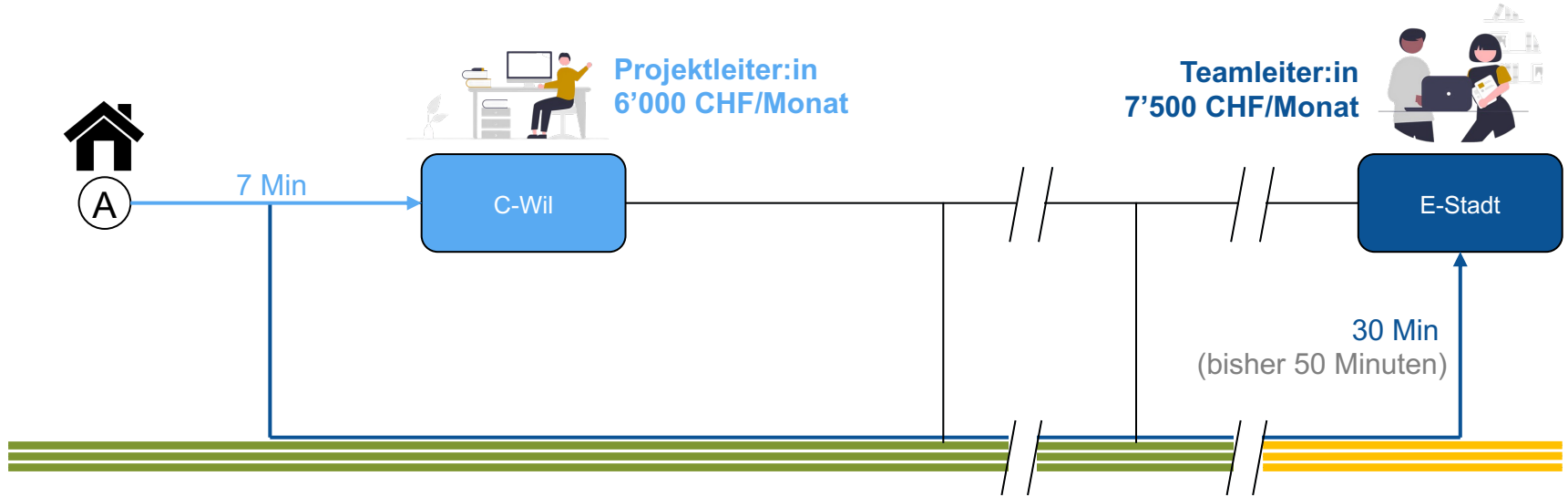
Wo würden ihre Nachbar:in / Freund:in /
Bekannte:r einkaufen?



0	0
B: 7 Minuten / 150 CHF	D: 14 Minuten / 130 CHF



[Link](#)



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



Welchen Job würde ihre Kolleg:in wählen?

0	0
C-Wil: 5 Min / Projektleiter:in / 6k CHF pro Monat	E-Stadt: 30 Min / Teamleiter:in / 7.5k CHF pro Monat



[Link](#)

KONZEPT DER GENERALISIERTEN KOSTEN

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

Elemente der Reisezeit

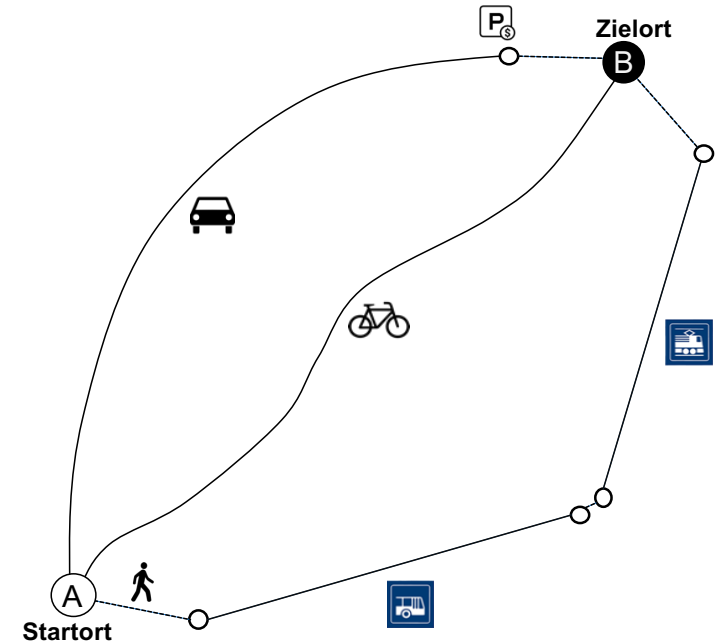
- Fahrzeit (im Fahrzeug)
- Zugangs- und Abgangszeit
- Wartezeit
- Geplante Verfrühung und Verspätung

Monetäre Kosten

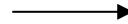
- Abhängig von langfristigen Entscheiden des Mobilitätswerkzeugbesitzes
- Unterschiedliche Wahrnehmung je nach Art der Verrechnung

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**.

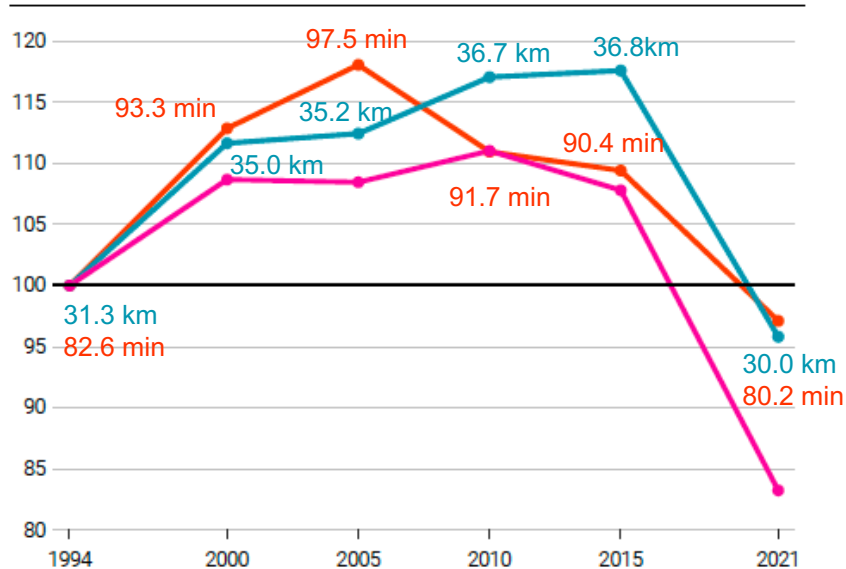
- 1 Dimensionen des Verkehrsverhaltens
- 2 Entwicklung von Verkehr und Mobilität in der Schweiz**
- 3 Quantifizierung des induzierten Verkehrs in der Schweiz
- 4 Zukünftige Entwicklungen
- 5 Handlungsmöglichkeiten

ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT

MOBILITÄTSKENNZAHLEN IN DER SCHWEIZ: 1994 – 2021

Tagesdistanz, -unterwegszeit und Anz. Etappen

im Inland, indexiert 1994 = 100

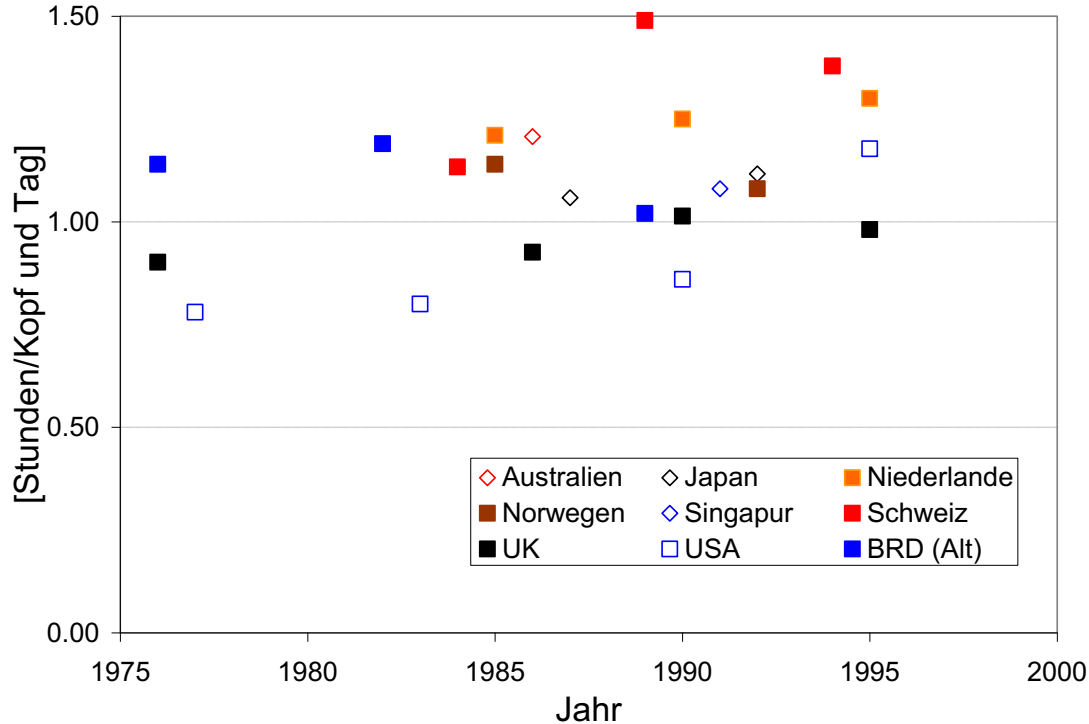


- Anzahl Etappen (und Wege) seit 2000 konstant
- Bis 2005: Zunahme der Reisezeit und Distanz
- Seit 2005: Weitere Zunahme der Distanz, Abnahme der Reisezeit

Strassenlastig

ÖV-lastig

Ausbauten /
Reisezeitgewinne



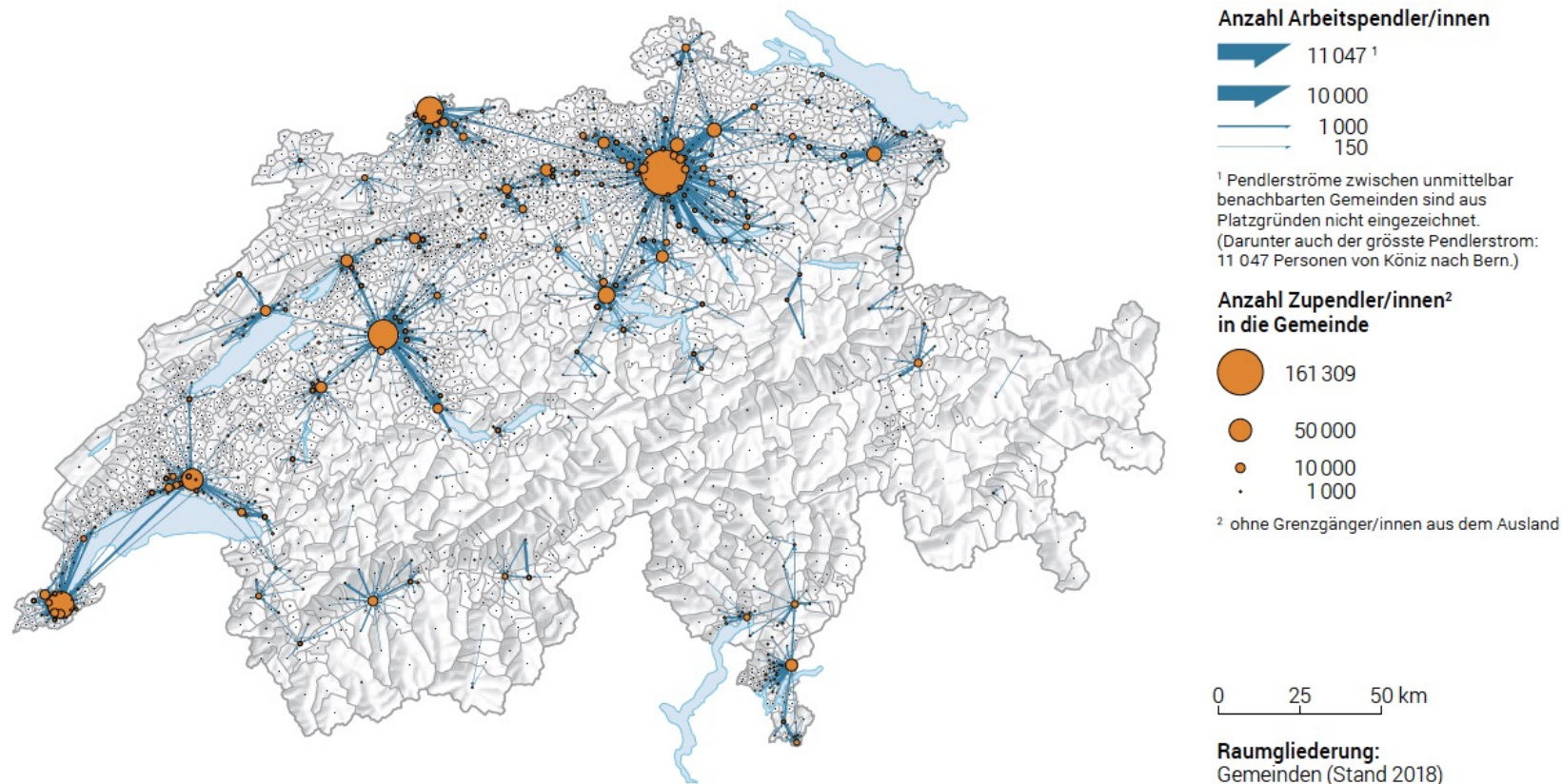
Verschiedene Studien zeigen, dass die täglich für das Reisen aufgewendete Zeit über Generationen etwas mehr als 1h beträgt. (Zahavi, 1974; Marchetti 1994; Metz, 2008)

Der Wert bezieht sich als Durchschnitt für die gesamte Bevölkerung.

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

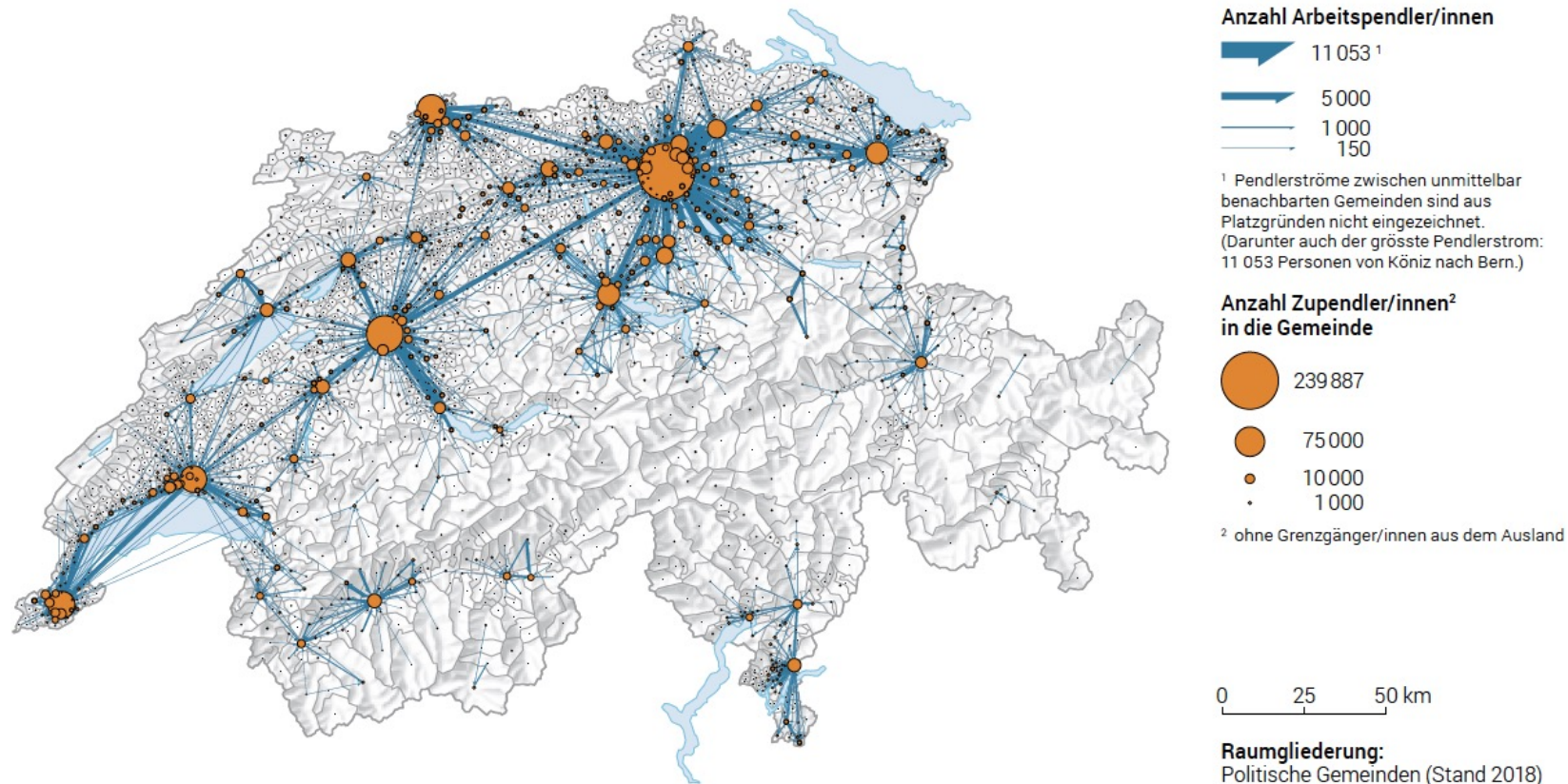
ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT

WICHTIGSTE PENDLERSTRÖME ZWISCHEN GEMEINDEN 1990



ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT

WICHTIGSTE PENDLERSTRÖME ZWISCHEN GEMEINDEN 2019



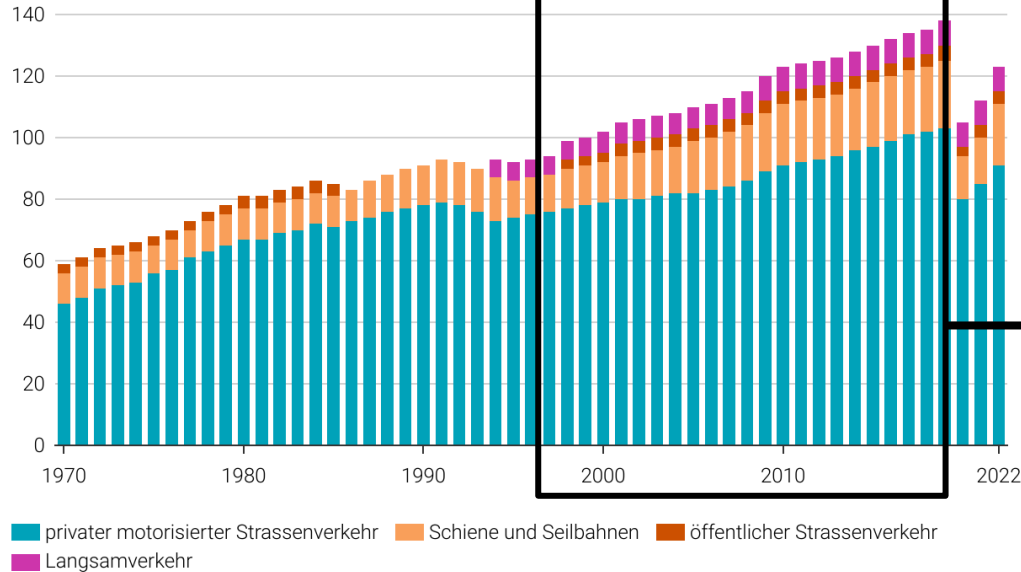
ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT

ENTWICKLUNG DER VERKEHRSLEISTUNG SEIT 1970

Verkehrsleistungen im Personen-Landverkehr

Nach Verkehrsmittelgruppe

Milliarden Personenkilometer



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)

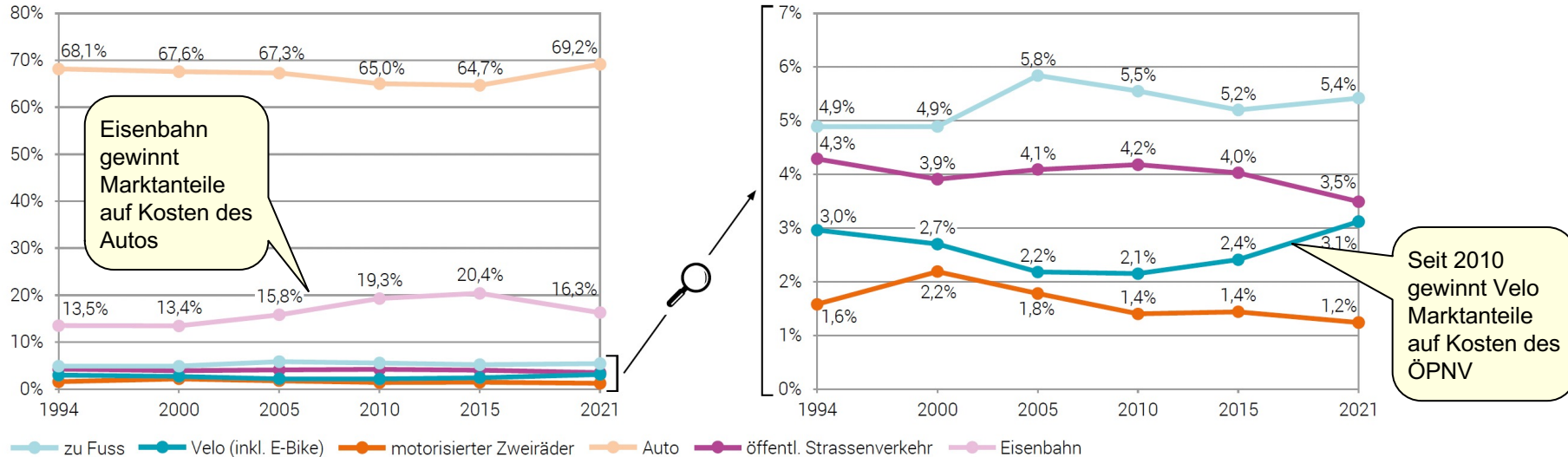
© BFS 2023

Quelle: [BFS](#)

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

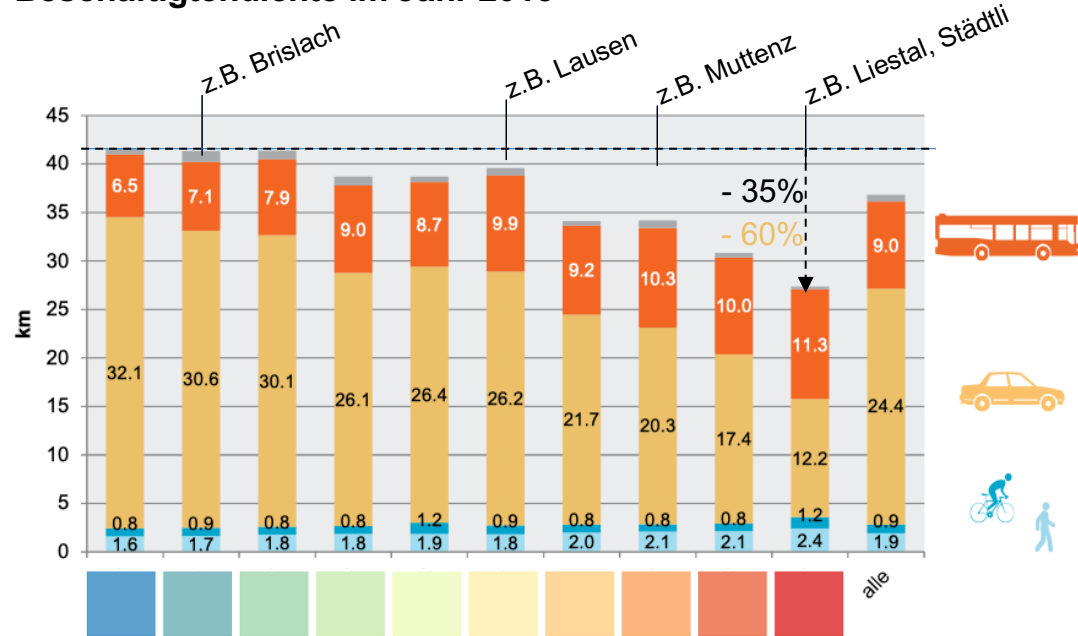
Quelle: BFS, ARE – Mikrozensus Mobilität und Verkehr (MZMV)

© BFS 2023

ENTWICKLUNG VON VERKEHR UND MOBILITÄT

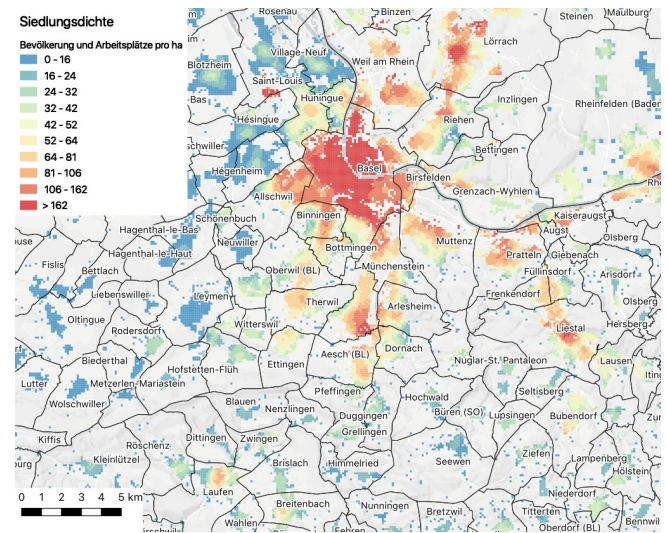
DICHTE UND VERKEHRSLEISTUNG

Tagesdistanzen nach Bevölkerungs- und Beschäftigtendichte im Jahr 2015

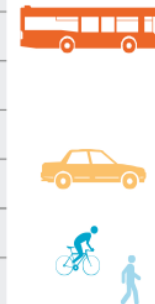


Quelle: Bubenhofer et al., 2018
 Datenbasis: 271'824 Inlandetappen
 Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2015

Dichteklassen im Raum Basel



Tagesdistanzen nach Bevölkerungs- und Beschäftigtendichte im Jahr 2015 in Städten



n | w Fachhochschule Nordwestschweiz
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik

Dichte im städtischen Raum

Bevölkerung & Arbeitsplätze pro ha

- 0 - 41
- 41 - 56
- 56 - 68
- 68 - 80
- 80 - 93
- 93 - 108
- 108 - 129
- 129 - 167
- 167 - 239
- 239 - 269
- 269 - 317
- 317 - 378
- > 378

Basel, Birsfelden, Bettingen, Riehen, Aleschwil, Binningen, Bottmingen, Münchenstein, Muttensz, Pratteln, Frenkendorf, Arlesheim, Reinach (BL), Oberwil (BL), Biel-Benken, nenbuch

0 1 2 3 4 5 kmwl

- 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

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

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

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

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

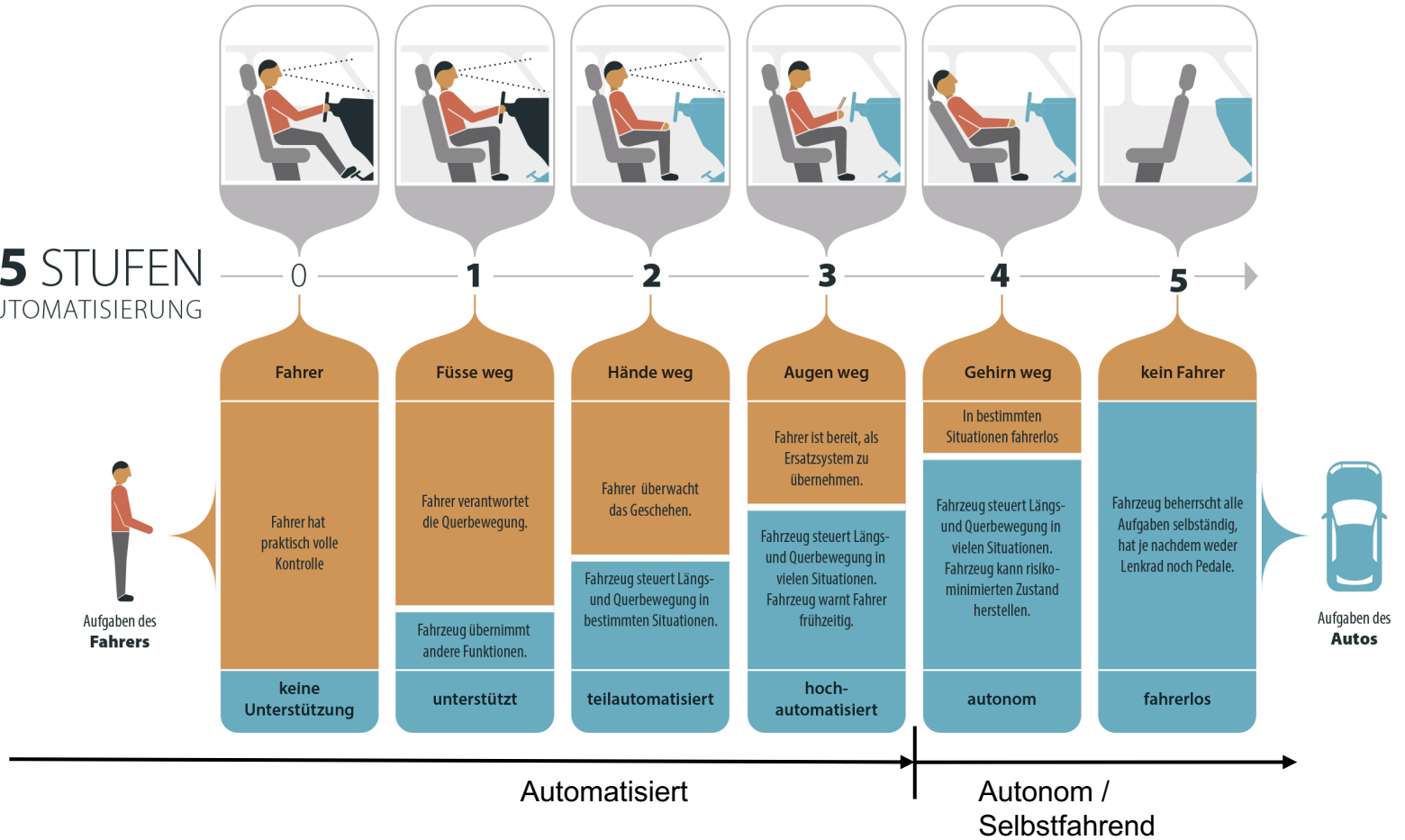
- Personen nutzen **geringere Reisezeiten** aus, um **weiter gelegene Ziele häufiger** zu erreichen.
- **Ausbauten der Verkehrsinfrastruktur** und Verbesserungen der Verkehrsmittel **führen** auf Dauer **nicht zu Zeiteinsparungen** (Jevons-Paradox), **erhöhen** aber die **Erreichbarkeit**.
- Eine höhere **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



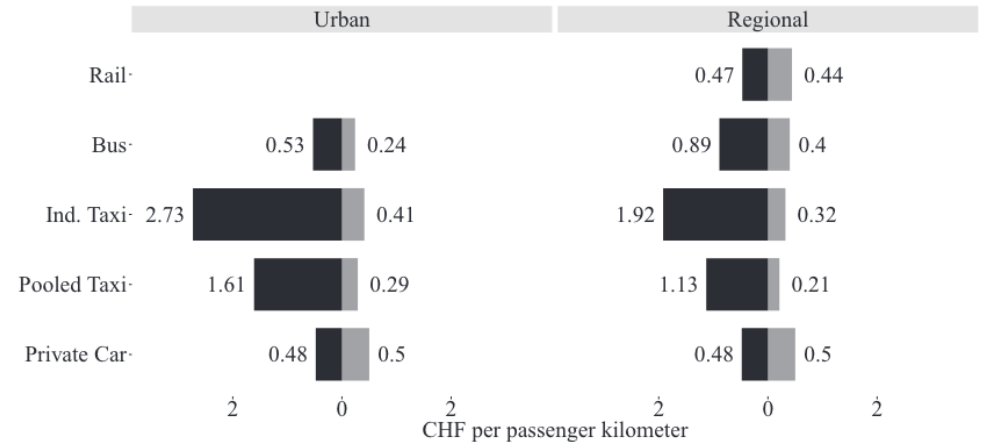
Abschätzung von Mobilitätskosten der Zukunft in der Schweiz

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

Fazit

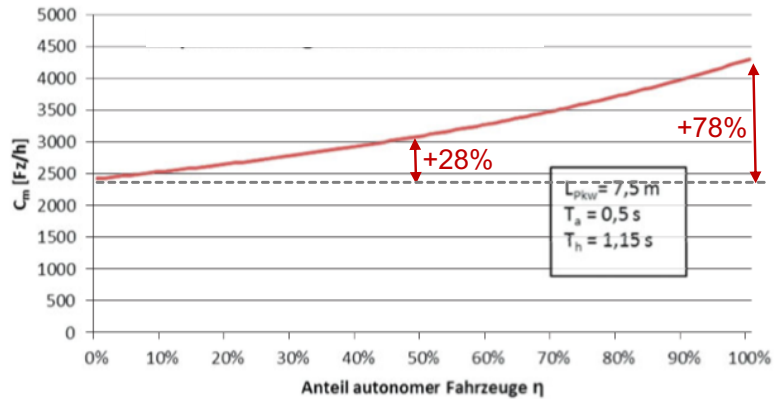
- Massive Reduktion der (generalisierten) Kosten für MIV und ÖiV
- Ohne flankierende Massnahmen: induzierter Verkehr

Vergleich der Fahrkosten nach Verkehrsmittel in der Schweiz Konventionell und selbstfahrend

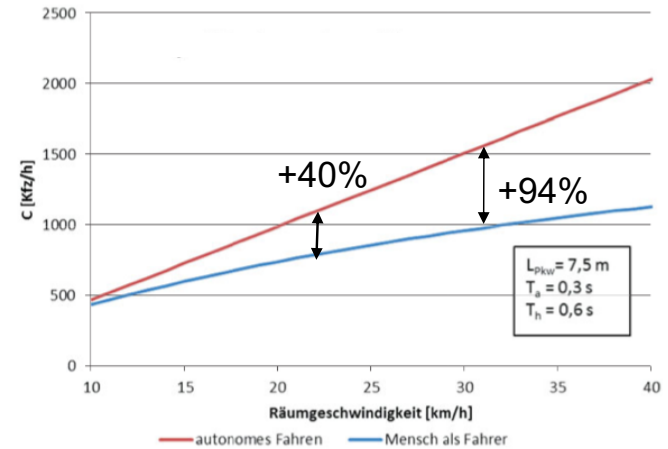


Bösch *et al.* (2018)

Autobahn / Autostrasse



Kreuzung mit Lichtsignalanlage

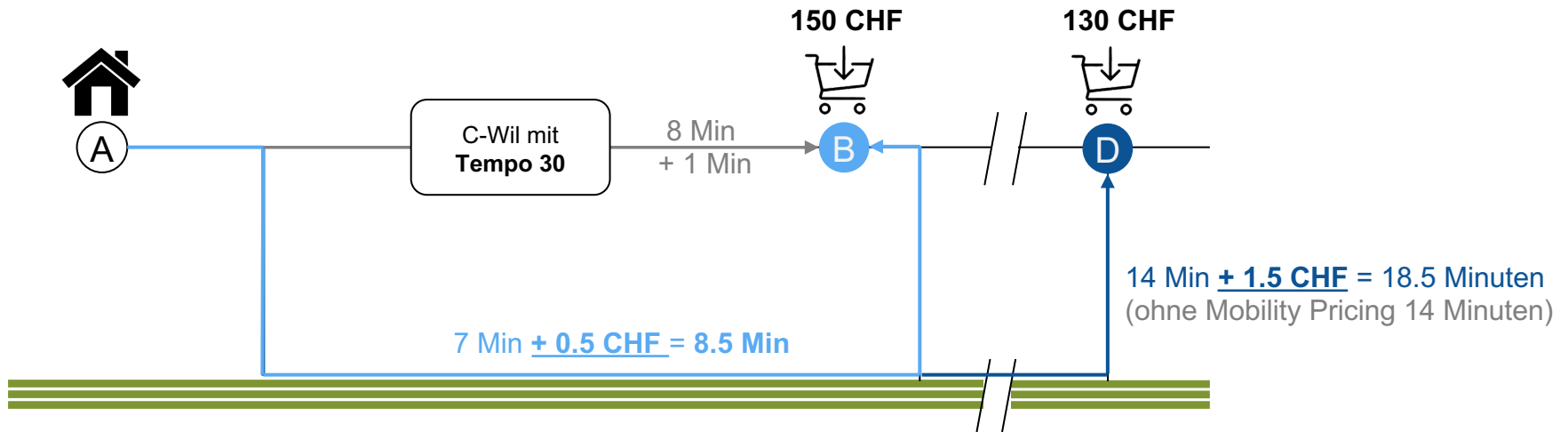


Quelle: Friedrich (2015)

- 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.

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

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.

Bubenhofer, 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

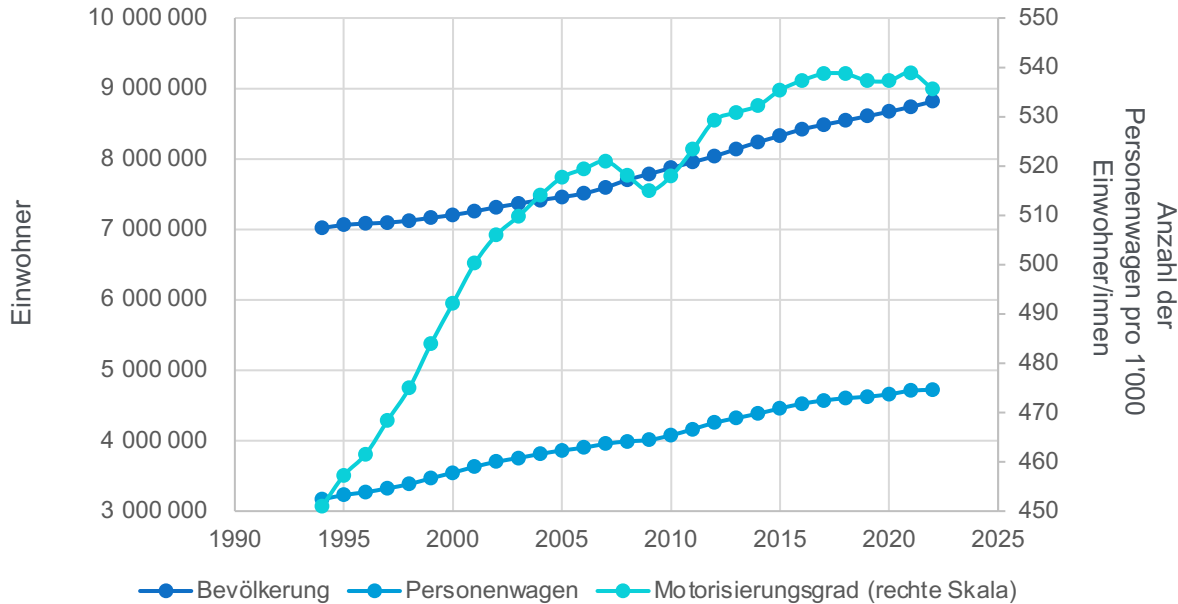
ANHANG

VERKEHR UND MOBILITÄT IN DER SCHWEIZ

MOTORISIERUNGSGRAD

Entwicklung der Wohnbevölkerung, Personenwagen und Motorisierungsgrad 2005 - 2018

gesamte Schweiz



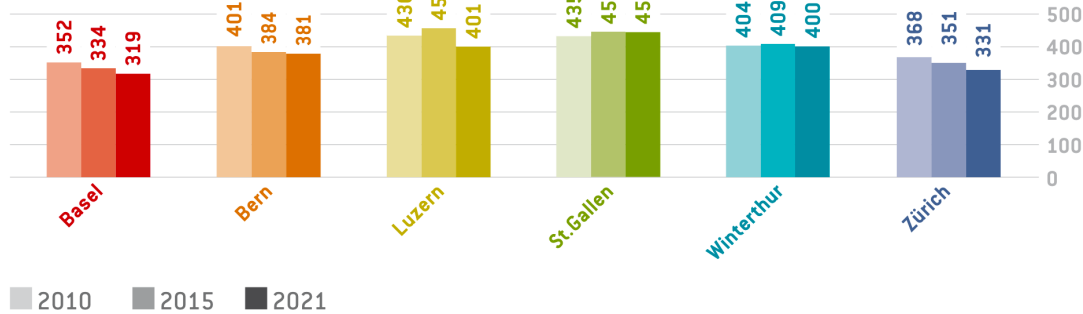
Eigene Auswertung aufgrund von Daten des Bundesamts für Statistik zur [Bevölkerung](#) und [Fahrzeugbeständen](#)

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.

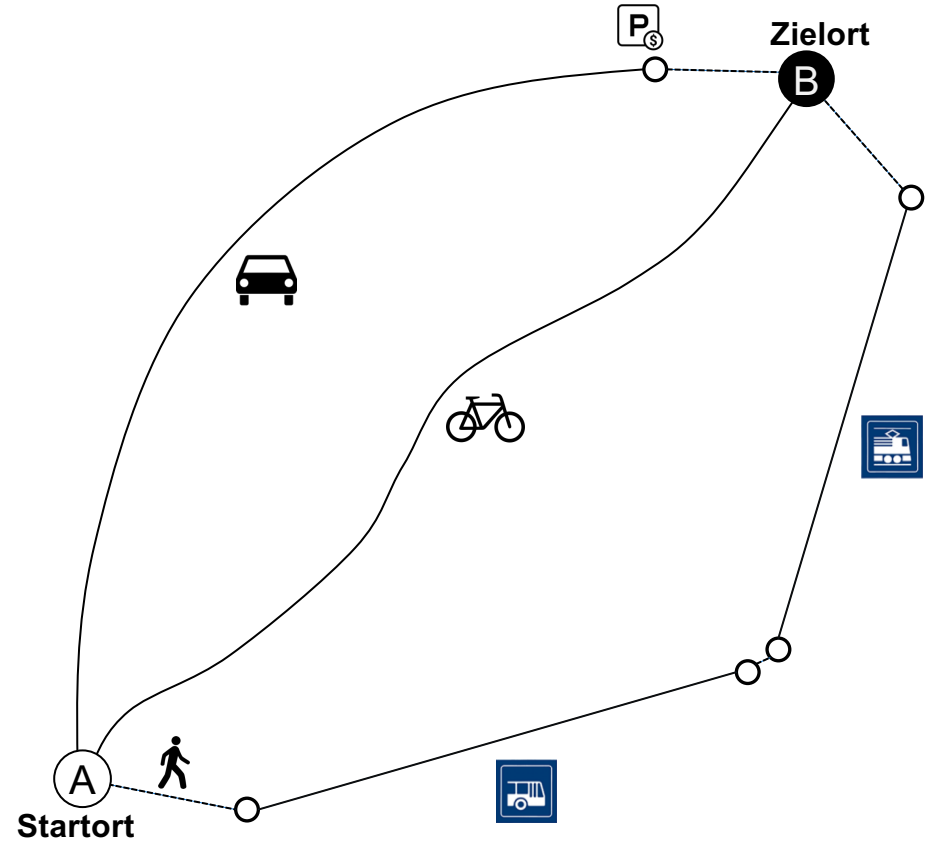
KERNPROBLEM

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

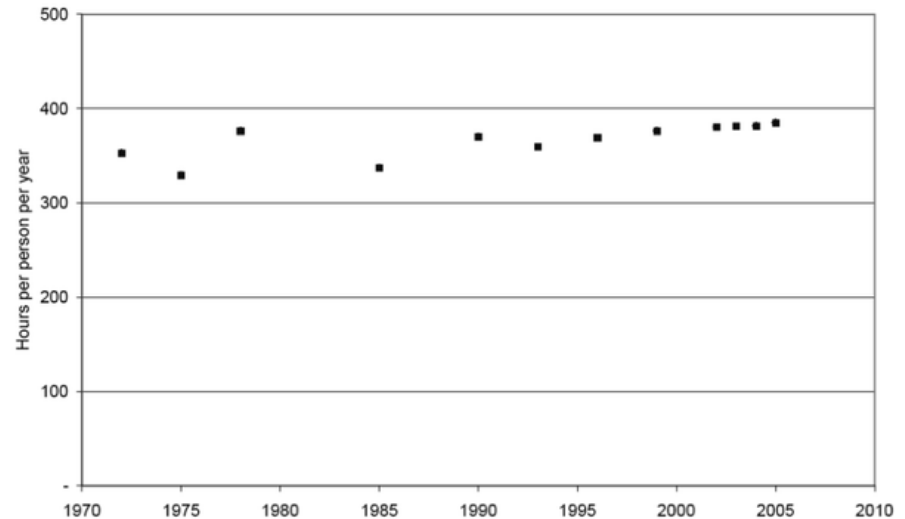
KONZEPT DES KONSTANTEN REISEZEITBUDGETS

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

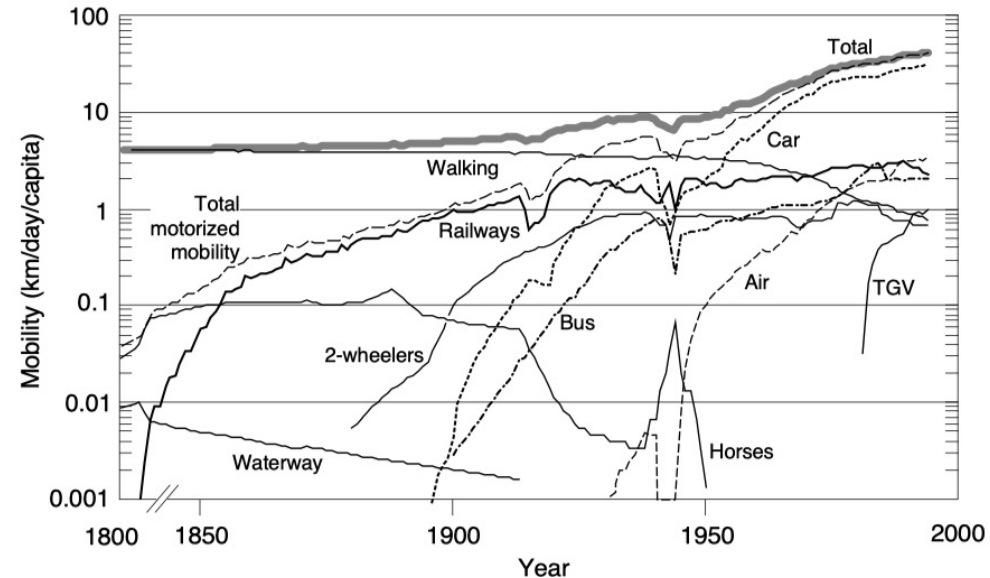
Die Einführung neuer Verkehrsmittel führt dazu, dass die Reisedistanz exponentiell ansteigt.

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)