

Bevorzugter Zitierstil für diesen Vortrag

Axhausen, Kay W. (2007) Wirkungsabschätzung von Massnahmen:
Preise, Regulation und Infrastrukturen, Vorlesung
„Verkehrstechnische Aspekte des Städtebaus“, ETH Zürich,
Dezember 2007.

Wirkungsabschätzung von Massnahmen: Preise, Regulation und Infrastrukturen

Kay W. Axhausen

IVT
ETH
Zürich

Dezember 2007

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

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Heute

kleinräumige Beeinflussung des Verkehrsverhaltens

→ Verringerung der negativen Auswirkungen einer steigenden Verkehrsnachfrage

Probleme

- Ausbau des Strassennetzes kann nicht mit erwarteten Zunahme des Verkehrs Schritt halten
- Staus sind ohne alternative Massnahmen unvermeidbar
- zudem: bekannte Probleme wie Umwelt, Lärm, Sicherheit etc.

Ziel: negative Auswirkungen des mIV reduzieren

Problem: Triple Convergence

Erweiterung der Strassenkapazitäten führt nicht zu Verschwinden von Staus

- Räumlich: Nutzer, welche vorher zu Spitzenstunden andere Routen benutzt haben, weichen auf die ausgebaute Strecke aus
- Zeitlich: Nutzer, welche vorher die Spitzenstunden gemieden habe, tun dies nicht mehr
- Verkehrsmittelbezogen: Nutzer, welche vorher mit ÖV gefahren sind, weichen auf IV aus, da dieser schneller geworden ist

Generalisierte Kosten des Weges: Definition

Risiko- und komfortgewichtete Summe aller Ressourcenverbräuche einer Aktivität (Reise):

- Zeiten
- Entscheidungsrelevante Ausgaben

Zeitkosten

abhängig von:

- Wechselwirkungen mit anderen Verkehrsteilnehmern
- Ausbaustandard und Erhaltungszustand der Strecke
- Steuerung des Verkehrsablaufs
- Wetter, Oberflächen- und Lichtverhältnissen

Veränderung des Verkehrsverhaltens

Veränderung der generalisierten Kosten als Steuerungsinstrument für Verkehrsverhalten, wenn:

- Veränderung wahrnehmbar ist
- Handelnde Freiraum zur Reaktion haben
- Handelnde bessere Alternativen zur Auswahl haben

in Abhängigkeit des Zeithorizontes der Veränderung

Reaktionsmöglichkeiten: kurzfristig

- Fahrverhalten (Beschleunigen, Bremsen, Geschwindigkeit, ...)
- Abfahrtszeit
- Route
- Verkehrsmittel (mIV, ÖV, LV)
- Ziel
- Zweck
- Reihenfolge der Aktivitäten
- Gruppengrösse

- Häufigkeit des Reisens

Reisezeitelemente der generalisierten Kosten

mIV

ÖV

Zugangszeit zum Fahrzeug

Zugangszeit zur Haltestelle

Rüstzeit

Fahrscheinerwerb

Wartezeit

Fahrzeit inkl. Pausen

Fahrtzeit inkl. Umsteigen

Parkplatzsuche

Abgangszeit zum Ziel

Abgangszeit zum Ziel

Monetäre Elemente der generalisierten Kosten

Art	mIV	ÖV
feste	Steuern, Versicherung	Monats- oder Jahresabo
	Abstellplatz	Halbtax
vermeidbare	Kraftstoff	Einzelfahrkarte
	Mauten, Parkgebühren	
	Instandhaltung	
	Reparaturen	
	Miete	

Erfassung von Veränderungsbereitschaften

- qualitativ:
 $y \sim x$
- quantitativ: univariat, eindimensional
 $y = f(x)$
- quantitativ: univariat, mehrdimensional
 $y = f(x_i), i = 1, \dots, n$
- quantitativ: multivariat, mehrdimensional
 $y_j = f(x_{ij}, y_{jk}), i = 1, \dots, n, k = 1, \dots, m, k \neq j$

Elastizität

Definition:

Mass für die Veränderung einer abhängigen Grösse in Reaktion auf die Veränderung einer unabhängigen Grösse

z.B.: Punktelastizität

$$E = \frac{\frac{Y_j^1 - Y_j^0}{Y_j^0}}{\frac{X_j^1 - X_j^0}{X_j^0}} = \frac{\partial Y_j}{\partial X_j} \cdot \frac{X_j}{Y_j}$$

Bemerkung

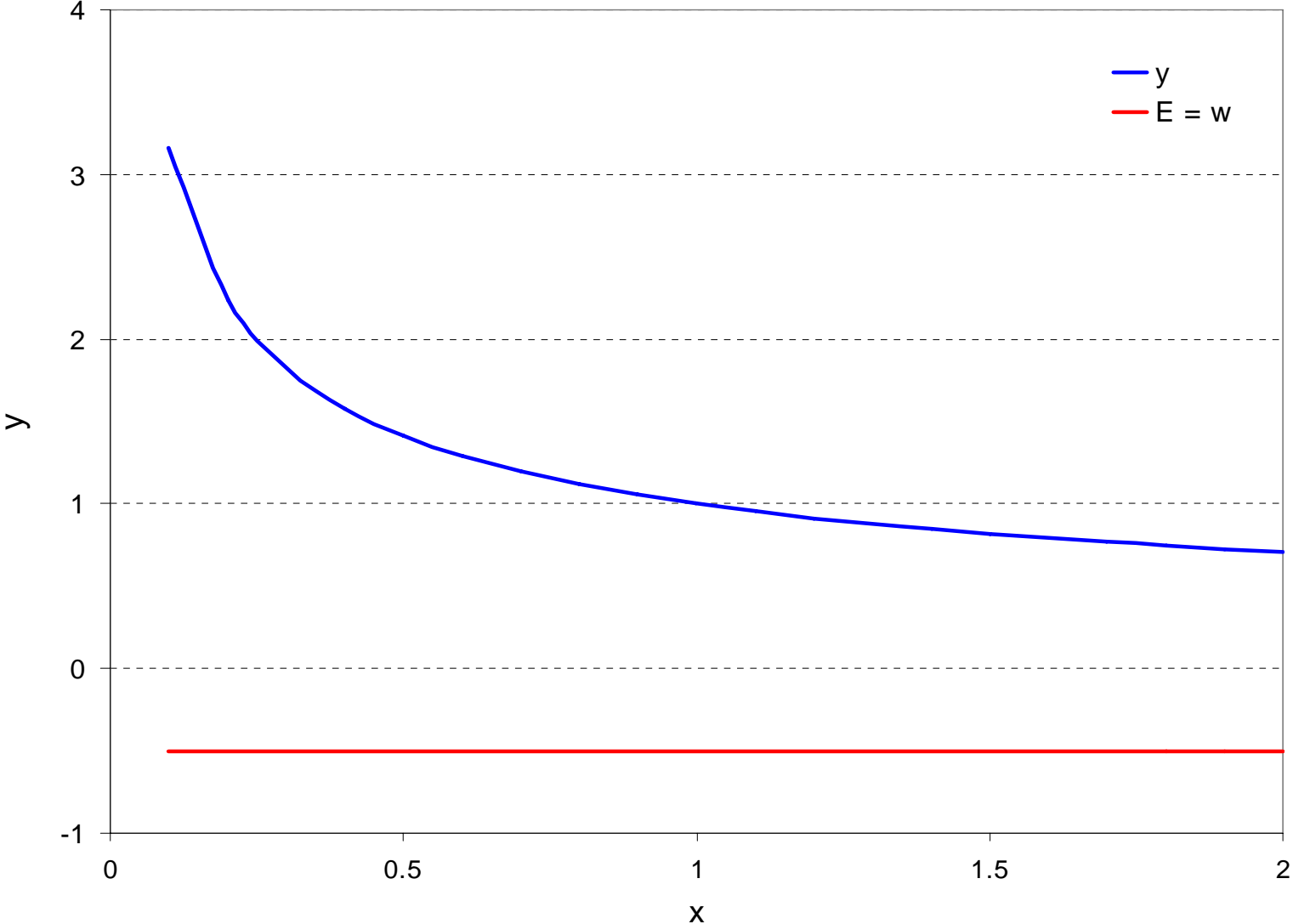
Elastizitäten abhängig von:

- x_i, y_i
- Form der Funktion

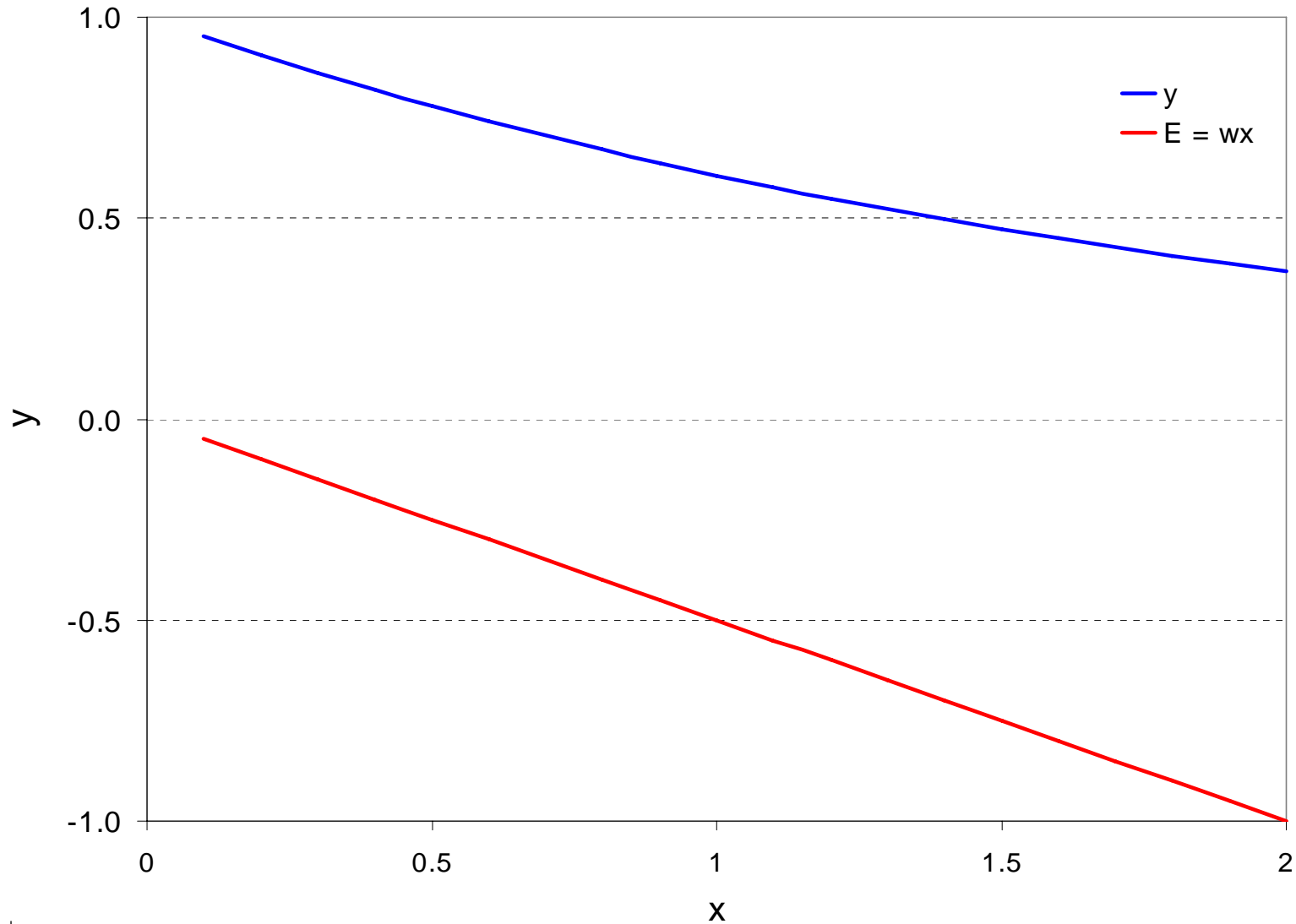
z.B.:

- $y = x^w \quad \rightarrow E = \text{const.} = w$
- $Y = e^{wx} \quad \rightarrow E = E(x) = wx$

Beispiel: $y = x^w$ ($w = 0.5$)



Beispiel: $y = e^{wx}$ ($w = 0.5$)



Begriffe

Eigenelastizität: Veränderung infolge Änderung eines Attributes der Alternative

- Preiselastizität des Benzinverbrauchs
- Reisezeitelastizität des Strassenverkehrs

Kreuzelastizität: Veränderung infolge Änderung eines Attributes einer anderen Alternative

- Preiselastizität des ÖV in Abhängigkeit von Benzinpreis
- Reisezeitelastizität des mIV in Abhängigkeit der Reisezeit des ÖV

Elastizitäten: Schweizer Ergebnisse (1999)

	mIV	ÖV
Reisezeit mIV [h]	-0.43	0.67
Kosten mIV [CHF]	-0.12	0.19
Fahrzeit ÖV [h]	0.37	-0.57
Preis ÖV [CHF]	0.16	-0.25
Zugangszeit ÖV [h]	0.18	-0.27
Takt ÖV [h]	0.15	-0.23
Anzahl Umsteigevorgänge ÖV [-]	0.12	-0.18

Zusammenhänge

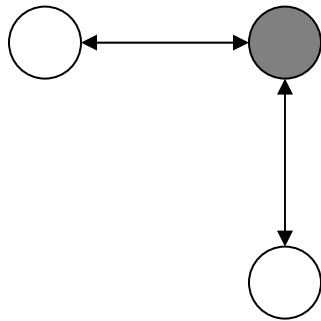
X

- Generalisierte Kosten k
- Einkommen s

Y

- Ausser-Haus-Zeiten A [h]
- Anzahl Aktivitäten a [-]
- Anzahl Wege/Reisen n/j [-]
- Länge der Routen l [km]
- Dauer der Routen d [h]

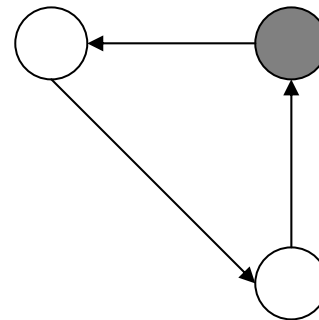
Aktivitäten, Wege und Reisen



2 Aktivitäten

4 Wege

2 Reisen



2 Aktivitäten

3 Wege

1 Reise

Erwartete Elastizitäten

- Ausser-Haus-Zeit:
 $E(A \mid k_A) < 0$
- Verhältnis Wege/Reisen (n/j):
 $E(n/j \mid d_{Amr}) > 0$, da $E(j \mid d_{Amr}) < 0$

Erwartete Elastizitäten

- Aktivitätendauer
 $E(d_A | k_A) < 0$
 - Fahrtendauer
 $E(d_{RZ} | k_A) < 0$
 $E(d_{RZ} | v_{mr}) < 0$
 - Nachfrage auf Route:
 $E(q_{mr} | k_{mr}) < 0$
- Aktivitätenhäufigkeit
 $E(n_A | k_A) < 0$
 - Fahrtenlänge
 $E(l | k_A) < 0$
 $E(l | v_{mr}) > 0$

Exkurs: Hypothese des konstanten Reisezeitbudgets

Implikationen:

$$E(d_{RZ}|v_{mr}) = -1$$

$$E(I|v_{mr}) = 1$$

$$E(d_{RZ}|d_A) = -1, \text{ bei } A = \text{const.}$$

Studien weltweit:

Reisezeitbudget $\approx 0.8 - 1.5$ [Stunden / Person und Tag]

Mittlere Tagesgeschwindigkeit $\approx 20 - 50$ [km/h]

Stand des Wissens

- $E(\text{PW-Besitz}|s) > 0 \rightarrow E(v_{mr}|s) > 0, E(m_{mr}|s) < 0$
- Wettbewerb zwischen Verkehrsmitteln: viel Literatur zu Elastizitäten der Nachfrageanteile
- wenig zu Fahrtenlängen und -dauern
- sehr wenig zu Anzahl Aktivitäten und Reisen
- nichts zu Ausser-Haus-Zeiten

Elastizitäten: Anwendung

Annahmen:

- konstante Elastizitäten ($Q = x^w$)
- keine Korrelationen zwischen Eigenschaften

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{x_1^w}{x_0^w} \rightarrow Q_1 = Q_0 \cdot \left(\frac{x_1}{x_0} \right)^w$$

Elastizitäten: Anwendung

- (1) ÖV-Unternehmen: geplante Geschwindigkeitserhöhung von 5 %
- (2) Erweiterung des Angebots um 15 %
- (3) Stärkeres ÖV-Angebot geht auf Kosten des mIV
→ Geschwindigkeitsabnahme um 10 %
- (4) Zunahme des Benzinpreises um 5 %
- (5) Abnahme der Einwohnerzahl um 5 %

Elastizitäten: Anwendung

Mit welcher Fahrgastzunahme kann das ÖV-Unternehmen rechnen?

$$\frac{\Delta Q}{Q} = w \cdot \frac{\Delta x}{x}$$

$$(1) \quad w = -0.57 \quad \rightarrow \quad DQ/Q = -0.57 \cdot -5\% \quad = + 2.85 \%$$

$$(2) \quad w = 0.23 \quad \rightarrow \quad DQ/Q = 0.23 \cdot 15\% \quad = + 3.45 \%$$

$$(3) \quad w = 0.67 \quad \rightarrow \quad DQ/Q = 0.67 \cdot 10\% \quad = + 6.70 \%$$

$$(4) \quad w = 0.19 \quad \rightarrow \quad DQ/Q = 0.19 \cdot 5\% \quad = + 0.95 \%$$

$$(5) \quad w = 1.00 \quad \rightarrow \quad DQ/Q = 1.00 \cdot -5\% \quad = - 5.00 \%$$

$$\text{-----}$$
$$+ 8.95 \%$$

Elastizitäten: Anwendung

alternativ:
$$\frac{Q_1}{Q_0} = \prod_i \left(\frac{x_{i,1}}{x_{i,0}} \right)^{w_i}$$

$$= \left(\frac{95}{100} \right)^{-0.57} \cdot \left(\frac{115}{100} \right)^{0.23} \cdot \left(\frac{110}{100} \right)^{0.67} \cdot \left(\frac{105}{100} \right)^{0.19} \cdot \left(\frac{95}{100} \right)^{1.00} = 1.087$$

→ + 8.7 %

Ziele

- Reduzierung der Verkehrsnachfrage
- Veränderung des Verkehrsverhaltens (Verkehrsmittel-, Abfahrtszeitwahl)
- Reduzierung von Immissionen
- erhöhte Effizienz der Landnutzung
- Verbesserung der Verkehrssicherheit

Massnahmen

- Regulierung des Parkraums
- Fussgängerzonen in Stadtzentren
- Hierarchisches Strassennetz
- Restriktionen für verschiedene Fahrzeugtypen
- Verkehrsberuhigung in Wohnzonen
- Verbesserung und Förderung der Alternativen (ÖV, LV)
- Förderung von Carpooling
- Preispolitik: Treibstoff, Strassennutzung

Regulierung des Parkraums

- Parkverbote am Strassenrand erhöhen Kapazität für fahrenden Verkehr
- Begrenzung des gesamten Parkraums in einem Gebiet reduziert c.p. Zielverkehr in dieses Gebiet

→ Durchgangsverkehr anstelle von Lokalverkehr

- Reduzierung der Anzahl Parkplätze
- Regulierung der Parkzeiten
- Gebührenerhebung

→ Verschiebung zwischen den Nachfragesegmenten

Fahrtenmodelle

Idee:

- Kontingentierung der Fahrten (manchmal via Parkraum)
- Abos für Nutzer je nach Klasse
- bei Überschreitungen zusätzliche Gebühren, z.B.:
 - mehr Ein- und Ausfahrten als vorgesehen
 - längere Parkdauer in Einkaufszentrum
 - Auto über Nacht am Arbeitsplatz abstellen

Spezifisches Verkehrspotenzial (SVP)

erwartete Anzahl Fahrten pro Tag und Parkplatz

Nutzung	SVP
Wohnen	2.5
Bürogebäude	3.5
Hotel	4.0
Unterhaltungsbetrieb	10.0
Einkaufszentrum	16.0

→ daran angepasst stehen z.B. einem Mieter 2.5 Ein- und Ausfahrten pro Tag zur Verfügung

Fussgängerzonen in Stadtzentren

Cairns et al. (1998)

- 50 Fälle von Reduzierung der Kapazität in Strassenräumen untersucht
 - Durchschnittliche Abnahme des Verkehrs im Untersuchungsgebiet: 41%
 - Davon werden ca. 50% auf andere Strassen umgelagert, der Rest « verschwindet »
- Gesamtabnahme ca. 25%, aber starke Schwankungen je nach lokalen Gegebenheiten

Verkehrsberuhigung: Ziele

- Reduktion des Durchgangsverkehrs
- Verlagerung der « Machtverhältnisse » zwischen MIV und LV
→ Sicherheit
- Steuerung des Verhaltens der Fahrer anstatt Anzahl Fahrzeuge

Verkehrsberuhigung: Massnahmen

- Geschwindigkeitsbegrenzung
 - Hindernisse
 - Schikanen
 - Polizeikontrollen / Radarfallen
- Knotenformen (z.B.: Kreisel)
- optische Führung
 - Strassenform
 - Signalisation
- Steuerung der Erschliessungsqualität (z.B.: Einbahnstrassen)
- Verbesserung der LV-Erschliessung (z.B.: Radwege)

Treibstoffpreise

Goodwin (2001):

- 10% höhere Benzinpreise
 - ca. 3% Abnahme des Gesamtverkehrs
 - ca. 7% Senkung des Kraftstoffverbrauchs
- Problem: Effekt benötigt „Aufbauphase“, Ergebnisse nicht kurzfristig messbar

Verbesserung der Alternativen

- Priorisierung des ÖV (z.B. Busspuren)
- Subventionierung des ÖV
- Infrastruktur für Radfahrer: separate Spuren, sichere Abstellplätze
- breitere Gehwege und bessere Signalisation für Fussgänger
- Park and Ride
- Subventionen zur Ermöglichung von Preisreduktionen

Beispiel: Brüssel

Flämische Studenten fahren umsonst ÖV

Veränderung der Nutzung im Einführungsjahr im Vergleich zum Vorjahr [%]

	Tram (N = 302)	U-Bahn (N = 423)	Bus (N = 168)
mehr	55.3	47.4	48.2
unverändert	41.1	44.6	44.1
weniger	3.6	7.8	7.7

Glossar

d_A Dauer der Aktivität A

d_{RZ} Reisezeit

k_A generalisierte Kosten der Aktivität A

q_{mr} Nachfrage nach Verkehrsmittel m auf Route r

v_{mr} Geschwindigkeit von Verkehrsmittel m auf Route r