



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Raumentwicklung ARE
Office fédéral du développement territorial ARE
Ufficio federale dello sviluppo territoriale ARE
Uffizi federal da svilup dal territori ARE

b a s e s

**Übersicht zu Stated Preference-
Studien in der Schweiz und
Abschätzung von Gesamt-
elastizitäten**

Statusbericht 2012

Impressum**Herausgeber**

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)
Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und
Kommunikation (UVEK)

Auftraggeber

Bundesamt für Raumentwicklung (ARE)
Bundesamt für Strassen (ASTRA)
Bundesamt für Verkehr (BAV)

Auftragnehmer

Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme, ETH Zürich, CH-8093 Zürich

Bearbeitung

Prof. Dr. Kay Axhausen (Projektleitung)
Dr.sc. ETH Philipp Fröhlich

Beratung

Dr. Helmut Honermann (ARE)

Produktion

Stabstelle Information ARE

Zitierweise

Bundesamt für Raumentwicklung ARE (2012), Übersicht zu Stated Preference-Studien in der Schweiz und Abschätzung von
Gesamtelastizitäten, Statusbericht 2012

Bezugsquelle

www.are.admin.ch

März 2012

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abstract	II
Zusammenfassung.....	III
Résumé	V
1 Einleitung.....	1
1.1 Aufgabenstellung	1
1.2 Definitionen	1
1.3 Aufbau des Berichtes	2
2 SP-Befragungen zum Verkehrsverhalten in der Schweiz.....	3
2.1 Übersicht Schweizer SP-Befragungen.....	3
2.2 Vergleich Modellergebnisse und Interpretation.....	6
3 Abschätzung von Gesamtelastizitäten	8
3.1 Der Begriff Elastizität.....	8
3.2 Methoden und Daten zur Berechnung von Elastizitäten	9
3.2.1 Vorher-Nachher-Untersuchungen	9
3.2.2 Gebietsmodelle ÖV	10
3.2.3 Zeitreihenanalysen Benzinverbrauch	12
3.2.4 Gebietsmodelle für den MIV mit Näherungswerten	14
3.2.5 Verkehrsmodelle	14
3.2.6 Regressionsanalyse aus Verkehrsverhaltensdaten	16
3.2.7 Elastizitäten aus diskreten Entscheidungsmodellen.....	16
3.3 Empfehlungen.....	19
3.3.1 Elastizitäten.....	19
3.3.2 Weitere Forschung	20
Literaturverzeichnis.....	21

Abstract

Der Bericht beschäftigt sich mit dem Vergleich der Stated Preference (SP)-Befragung 2010 zum Verkehrsverhalten zu den früher durchgeführten Schweizer SP-Studien und gibt Empfehlungen für Gesamtelastizitäten zur Aktualisierung der Energieperspektiven 2050. Die unterschiedlichen Elastizitätsbegriffe werden erklärt und die Untersuchungsmethoden beschrieben.

Abrégé

Le rapport traite de la comparaison du sondage SP 2010 aux sondages effectués antérieurement, et donne des recommandations pour les élasticités générales de la demande à utiliser pour le calcul des perspectives énergétiques 2050. Les différents termes relatifs à l'élasticité sont expliqués, et les méthodes d'analyse sont décrites.

Zusammenfassung

Unter Federführung des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) wurde 2010/2011 eine Stated Preference (SP)-Befragung 2010 zum Verkehrsverhalten (SP-B 2010) durchgeführt. Die ersten Ergebnisse dieser Studie sollen vorab in Bezug auf schon früher durchgeführte SP-Befragungen eingeordnet werden. Dabei werden Eigenschaften und Kennzahl für lineare Modellformulierungen der insgesamt fünf SP-Befragungen mit einander verglichen.

Es konnte festgestellt werden, dass die Anzahl von Beobachtungen in der SP-B 2010 weit über den bisherigen SP-Befragungen in der Schweiz liegt. Auch die Ausdifferenzierung der Situationen mit den zusätzlichen Alternativen Velo und zu Fuss sowie der Einbezug von Wegen an Wochenenden sind hervorzuheben. Die ermittelte Modellgüte zeigt, dass die Erklärungskraft im oberen Erwartungsbereich liegt. Die Zeitwerte (VTTS) für den MIV und ÖV liegen im Bereich der voran gegangenen Studien. Die SP-B 2010 ist eine solide und umfangreiche Datengrundlage für verschiedene Modellschätzungen, deren Resultate für unterschiedliche Fragestellungen in der Verkehrsplanung und -politik anwendbar sein werden.

Für die Aktualisierung der Energieperspektiven im Rahmen der neuen Energiestrategie 2050 des Bundesrates werden Empfehlungen für Gesamtelastizitäten für kurz- und langfristige Entwicklungen bezüglich Preis und Zeit gegeben. Zusätzlich sind die verschiedenen Elastizitätsbegriffe erklärt und die Methoden zur Ableitung von Elastizitäten dargestellt.

Aufgrund der durchgeführten Literaturstudie verschiedener inländischer und ausländischer Projekte muss festgestellt werden, dass keine Untersuchung die spezifischen Anforderungen der Aufgabenstellung nach Gesamtelastizitäten der Fahrleistung nach Kosten und Zeit vollumfänglich erfüllt. Hier ist insbesondere anzumerken, dass bei den bisherigen Schweizer Studien die Elastizitäten auf Basis von Wegen (Verkehrsaufkommen) untersucht wurden und nur in einer Studie ein Näherungswert für die gesuchte Gesamtelastizität der Fahrleistung (Fahrzeug-Kilometer, Fzkm) abgeleitet wurde.

Folgende Empfehlungen für grobe Richtwerte der kurz- und langfristigen Gesamtelastizitäten für die Schweiz können basierend auf der Analyse gegeben werden:

- MIV Gesamtelastizität bezüglich MIV-Zeit: -0.40/-0.90
- MIV Gesamtelastizität bezüglich MIV-variable Kosten: -0.15/-0.35
- ÖV Gesamtkreuzelastizität bezüglich MIV-Zeit: 0.50/0.60
- ÖV Gesamtkreuzelastizität bezüglich MIV-variable Kosten: 0.15/0.20

Dies bedeutet zum Beispiel, wenn die MIV-Zeit um 10 % steigt, dann geht die MIV-Fahrleistung kurzfristig um 4% und langfristig um 9% zurück. Andererseits steigt die ÖV-Verkehrsleistung kurzfristig um 5% und langfristig um 6%.

Résumé

Sous la direction de l'office fédéral du développement territorial (ARE), un sondage SP (S-SP 2010) sur le comportement en matière de transports a été effectué en 2010/2011. Les premiers résultats de cette étude doivent être préalablement comparés à des résultats d'études antérieures. À cette fin, les propriétés et les nombres caractéristiques des modèles linéaires sont comparés pour 5 sondages.

Le nombre d'observations du S-SP 2010 dépasse de loin ceux des sondages antérieurs. Il faut également mettre en valeur la différenciation des situations prenant en compte les alternatives « à pied » et « vélo » ainsi que l'inclusion de trajets effectués en fin de semaine. La qualité des modèles estimés atteint des valeurs très satisfaisantes. Les valeurs du temps (VTTS) pour les transports individuel et en commun sont proches des valeurs trouvées dans les études antérieures. Le S-SP 2010 est donc une base de données solide et de grande échelle qui peut être utilisée pour l'estimation d'une pluralité de modèles, dont les résultats pourront être appliqués sur différents problèmes de la planification et de la politique en matière des transports de personnes.

Pour l'actualisation de perspectives énergétiques dans le cadre de la nouvelle stratégie énergétique 2050 du conseil fédéral, des recommandations pour des élasticités générales de la demande sont données à court et à long terme, relatives aux prix et aux temps de trajet. De plus, les différents termes relatifs à l'élasticité sont expliqués, et les méthodes d'analyse sont décrites.

Sur la base d'une recherche de littérature sur différents projets Suisses et internationaux, aucune étude ne remplit les exigences spécifiques du problème posé. Il faut noter en particulier que les études en Suisse ont examiné les élasticités basées sur les trajets effectués et qu'une seule étude donne des valeurs approximatives pour l'élasticité cherchée qui est celle de la demande totale (des kilométrages totaux effectués).

Les recommandations suivantes pour des valeurs indicatives des élasticités de la demande sont données pour la Suisse, sur la base des analyses présentées :

- en transports individuels, relative au temps de parcours en transports individuels: -0.40/-0.90
- en transports individuels, relative aux coûts variables en transports individuels: -0.15/-0.35
- en transports en commun, relative au temps de parcours en transports individuels: 0.50/0.60
- en transports en commun, relative aux coûts variables en transports individuels: 0.15/0.20

Par exemple, si les temps de parcours en transport individuels augmentaient de 10%, la demande totale en transports individuels diminuerait de 4% à court terme, et de 9% à long terme. Par contre, la demande en transports en commun augmenterait de 5% à court terme et de 6% à long terme.

1 Einleitung

1.1 Aufgabenstellung

Unter Federführung des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE) wurde 2010/2011 eine Stated Preference¹ (SP)-Befragung 2010 zum Verkehrsverhalten (SP-B 2010) durchgeführt. Die ersten Ergebnisse dieser Studie sollen vorab in Bezug auf schon früher durchgeführte SP-Befragungen eingeordnet werden. Endgültige Modellschätzungen erfolgen erst in einem späteren Projekt und deren volle Tragweite wird erst in dem neu kalibrierten Nationalen Personenverkehrsmodell (2013/2014) sichtbar werden.

Für die Aktualisierung der Energieperspektiven im Rahmen der neuen Energiestrategie 2050 des Bundesrates benötigt das Bundesamt für Energie (BFE) Empfehlungen für Gesamtelastizitäten für kurz- und langfristige Entwicklungen bezüglich Preis und eventuell Zeit, falls möglich mit den zugehörigen Kreuzelastizitäten. Die Gesamtelastizität sollte sich dabei auf die Fahrleistung (Fahrzeugkilometer, Fzkm) beziehen. Zusätzlich sollen die verschiedenen Elastizitätsbegriffe erklärt, die Methoden zur Ableitung von Elastizitäten dargestellt und möglicher Forschungsbedarf formuliert werden.

1.2 Definitionen

In der Verkehrsnachfrageberechnung wird grundsätzlich unterschieden zwischen Gesamtelastizitäten, Verkehrsmittelerlastizitäten und Zeitwerten. Deren Merkmale sind:

- Die **Gesamtelastizität** gibt die relativen Gesamtnachfrageveränderung (meist als Fahrleistung) einer Alternative aufgrund der relativen Veränderung eines Attributes (meist Preis oder Zeit) an. Die Gesamtnachfragereaktionen umfasst dabei alle möglichen Veränderungen wie: Besitz von Mobilitätswerkzeugen, Zielwahl, Verkehrsmittelwahl oder Routenwahl.

¹ Bei SP-Befragungen werden den Befragten hypothetische Situationen vorgelegt, dadurch werden mögliche Verhaltensänderungen durch die Vorgabe mehrerer Alternativen mit veränderten Rahmenbedingungen ermittelt. Bei Revealed Preference (RP)-Befragungen werden hingegen Entscheidungen unter realen Bedingungen erhoben.

- Die **Elastizität der Verkehrsmittelwahl** gibt die relative Veränderung der Marktanteile eines Verkehrsmittels (meist auf Wegeniveau) bei einer relativen Veränderung eines Attributes an. Es wird also nur von Umsteigern von einem Verkehrsmittel auf ein anderes ausgegangen.
- Der **Zeitwert** (*Value of Travel Times Savings*, VTTS) gibt für ein Verkehrsmittel die Zahlungsbereitschaft der Nutzer für Fahrzeiteinsparung an und zeigt somit den Abwägungsprozess z.B. zwischen Fahrtzeit und Kosten.

1.3 Aufbau des Berichtes

Der Bericht ist in zwei Teile gegliedert. Im ersten Teil (Kapitel 2) wird die Stated Preference (SP)-Befragung 2010 zum Verkehrsverhalten (SP-B 2010) mit den früheren SP-Studien und die wichtigsten Ergebnisse verglichen. Im zweiten Teil (Kapitel 3) wird auf den Begriff Elastizität eingegangen, die verschiedenen Methoden ihrer Berechnung erklärt und Richtwerte für Gesamtelastizitäten für die Energieperspektiven 2050 angegeben.

2 SP-Befragungen zum Verkehrsverhalten in der Schweiz

SP-Befragungen werden in der Schweiz seit rund 10 Jahren durchgeführt und haben heute einen festen Stellenwert in der Verkehrsplanung. Nachfolgend wird eine Übersicht über die durchgeführten landesweiten SP-Befragungen gegeben.

2.1 Übersicht Schweizer SP-Befragungen

Folgende SP-Befragungen wurden in den letzten Jahren in der Schweiz durchgeführt und werden hier bezüglich ihrer Eigenschaften und Resultate verglichen:

Die Zielsetzung der **SP-Befragung 2010 zum Verkehrsverhalten im Personenverkehr** (hier kurz SP-B 2010 genannt) war, eine SP-Befragung zu konzipieren und durchzuführen, welche bezüglich der Wegecharakteristiken und der räumlichen und soziodemographischen Merkmale der Befragten, die Stichprobe des Mikrozensus 2010 (MZMV) repräsentativ widerspiegelt. Diese Befragung (Fröhlich, Weiss, Vrtic und Axhausen, 2011) wurde vom ARE federführend mit Unterstützung der Bundesämter für Strassen (ASTRA), für Verkehr (BAV), für Energie (BFE) und für Umwelt (BAFU) sowie acht Kantone (ZH, BE, LU, ZG, SO, BS, AG, TI) und der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) gemeinsam in Auftrag gegeben. Es wurden Verkehrsmittel- und Routenwahlentscheidungen abgefragt.

Die Studie „**Benzinpreis und Bahnnutzung**“ (kurz SBB) wurde im Auftrag der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) durchgeführt (Weis und Axhausen, 2009). Der Fokus der Befragung lag einerseits beim Verkehrsmittelwahlverhalten bei hohen Benzinpreisen und andererseits bei der strategischen Wahl zum Mobilitätswerkzeugbesitz. Der Durchführungszeitraum war im September und Oktober 2008 als der Benzinpreis recht hoch und im Blickfeld der Medienberichterstattung war. Die Befragung umfasste Verkehrsmittel- und Mobilitätswerkzeugbesitzexperimente.

Das Projekt „**Einbezug der Reisekosten bei der Modellierung des Mobilitätsverhaltens**“ (kurz MP für Mobility Pricing genannt) (Vrtic, Schüssler, Erath, Bürgle, Axhausen, Frejinger, Bierlaire, Rudel, Scagnolari und Maggi, 2008) wurde im Rahmen des Forschungsprojektes Mobility Pricing im Auftrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI) durchgeführt. Die Zielsetzung war, umfassende Erkenntnisse zu den Folgen einer möglichen Einführung verschiedener Mautstrategien zu generieren. Ein kombiniertes Routen-, Abfahrts-

zeit- und zwei Verkehrsmittelwahlexperimente, wovon eines mit einer Abfahrtszeitwahl kombiniert wurde, bilden hier die Datengrundlage.

Die Studie „**Zeitkostenansätze im Personenverkehr**“ (hier in Kurzform SVI genannt) (König und Axhausen, 2004) wurde im Auftrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI) durchgeführt. Die SVI SP-Befragung diente zur Erstellung der Schweizer Kosten-Nutzennorm (VSS, 2006) und wurde zur Schätzung der monetären Bewertung von Reisezeitgewinnen entworfen. Der Fragebogen umfasste Routen- und Verkehrsmittelwahlexperimente.

Die SP-Befragung im Rahmen des Projektes „**Verifizierung von Prognosemethoden im Personenverkehr: Ergebnisse einer Vorher-/Nachher Untersuchung auf der Grundlage eines netzbasierten Verkehrsmodells**“, welches nachstehend mit ICN bezeichnet wird, wurde erhoben um die erwarteten Nachfrageveränderungen aufgrund der Einführung von Neigezügen zwischen Zürich und Lausanne (Jurasüdfusslinie) zu berechnen (Vrtic, Axhausen, Maggi und Rossera, 2003). Dieser Datensatz umfasst Verkehrsmittel- und Routenwahlexperimente. Die Auftraggeber waren die Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) und das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).

Bei allen Befragungen wurden die Experimente als *Stated Choice Situation* abgefragt, dies bedeutet dass der Befragte aus einer Alternativenmenge eine auswählen muss. In Tabelle 1 sind wichtige Eigenschaften und soziodemographische Kennzahlen der verschiedenen SP-Befragungen zusammengefasst.

Tabelle 1 Eigenschaften und Kennzahlen der verschiedenen SP-Befragungen

	SP-B 2010	SBB	MP	SVI	ICN
Berichteter Weg	MZMV	KEP	KEP	KEP	KEP
Zeitraum	9-11/2010	9-10/2008	8/05-1/2006	6-10/2002	1-9/2001
Anzahl Befragte	3'605	579	1'987	1'188	1'042
Wochentage	Alle	Mo-Fr	Mo-Fr	Mo-Fr	Mo-Fr
Rücklauf	71%	58%	47%	53%	68%
Versuchsdesign*	ED	ED	OD	OD	OD
Alternativen Verkehrsmittel	MIV, ÖV, Fuss, Velo	MIV, ÖV	MIV, ÖV	MIV, ÖV	MIV, ÖV
Median Weglänge	11km	38km	56km	43km	46km
Männlich	48%	48%	56%	59%	51%
HalbTax	27%	45%	42%	52%	43%
GA	6%	13%	13%	11%	11%
PW immer	79%	77%	67%	73%	59%
PW gelegentlich	16%	16%	20%	14%	22%
PW nie	5%	7%	13%	13%	19%
Jahreseinkommen (CHF)**	86'000	74'000	95'000	80'000	n.a.

Anmerkungen:

* Erstellungsmethodik des Versuchsdesigns: OD Orthogonal Design, ED Efficient Design

** Aufgrund der unterschiedlichen Einteilung der Einkommensklassen in den Studien wurde mit den Besetzungsprozenten und den Klassenmittelwerten ein Durchschnittseinkommen berechnet. Die Schwankungen zwischen den Studien dürfen aber nicht überinterpretiert werden, da diese Variable von den Befragten oft verweigert wird und deshalb schon einige, wenige Antworten den Mittelwert beeinflussen können.

Die SP-B 2010 wurde im Gegensatz zu den anderen Arbeiten für eine Vielzahl von Auftraggebern auf Kantons- und Bundesebene erstellt und nicht für ein spezifisches Projekt bzw. Zweck durchgeführt. Zusätzlich war explizit gefordert, dass die SP-B 2010 die Stichprobe des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010 (MZMV) repräsentativ widerspiegelt. Erstmals wurden dabei nicht nur Experimente zu Wegen an Werktagen sondern auch an Wochenendtagen abgefragt, daraus können sich insbesondere zu den Freizeitwegen am Wochenende neue Erkenntnisse ergeben. Ihr Rücklauf liegt mit 71% höher als bei den anderen Studien.

Bei den Verkehrsmittelwahlexperimenten konnte aufgrund des höheren Anteils kürzerer Wege in der MZMV Stichprobe gegenüber den Daten aus der kontinuierlichen Erhebung Personenverkehr (KEP) von der SBB auch die Alternativen Velo und Fuss abgefragt werden. Die durchschnittliche Weglänge der berichteten Wege ist mit 11 km um mindestens zwei Drittel geringer als bei den anderen Studien basierend auf den KEP-Daten, wo auch aufgrund des jeweiligen Fokus längere Wege im Vordergrund standen.

Die Besitzraten der Mobilitätswerkzeuge (PW, Halbtax und GA) zeigen, dass die SP-B 2010 nicht mit dem bekannten Problem einer Übergewichtung von bahnaffinen Personen, wie in den KEP-Daten, behaftet ist.

2.2 Vergleich Modellergebnisse und Interpretation

Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt eine Zusammenfassung von wichtigen Kennzahlen der Schätzungen von linearen Modellformen der Verkehrsmittelwahl mit den unterschiedlichen SP-Daten. Die jeweiligen Modellformulierungen der Schätzungen sind zwar nicht ident, aber ähnlich genug, um Aussagen zur Einordnung der SP-B 2010 zu den früheren SP-Befragungen zu machen. Eine Neuschätzung mit einheitlicher Modellformulierung aller SP-Befragungen ist nur mit entsprechendem Aufwand möglich und kann hier nicht durchgeführt werden.

Tabelle 2 Schätzergebnisse und Zeitwerte für lineare Modellformen der verschiedenen SP

	SP-B 2010	SBB	MP	SVI	ICN
Beobachtungen	31'562	3'311	13'552	5'784	9'027
Anzahl Parameter	36	11	28	10	19
Adj. Rho ²	0.317	0.272	0.341	0.349	0.252
VTTS MIV (CHF/h)	49.40	44.70	28.80	49.00	27.70
VTTS ÖV (CHF/h)	33.80	19.10	30.20	39.50	18.50

Die Anzahl der Beobachtungen der SP-B 2010 entspricht etwas mehr als die Gesamtanzahl aller anderen SP-Befragungen zusammen. Damit wurde mit der SP-B 2010 eine reichhaltige Grundlage für methodisch, fortschrittliche aber auch regional bzw. zeitlich differenzierte Schätzungen gelegt. Auch im Vergleich zu Studien im Ausland ist diese Befragung als umfangreich zu bezeichnen.

Die Modelle sind zwar alle in linearer Form, aber die Anzahl der berücksichtigten Attribute und damit der geschätzten Parameter ist unterschiedlich. Bei der Schätzung der SP-B 2010 wurden z.B. Dummy-Variablen für die Wegezwecke (Arbeit, Bildung, Einkauf, Geschäft und Freizeit) als auch für die Raumtypen verwendet. Bei der MP-Befragung wurden kombinierte Entscheidungen (Verkehrsmittel- und Routenwahl) analysiert und auch die Anzahl der Preisvariablen beim MIV unterscheiden sich bei den Studien.

Für die SP-B 2010 liegen bisher nur Testmodelle vor, welche im Rahmen des Erhebungsprojektes geschätzt wurden, aber die dabei ermittelte Modellgüte (adjusted Rho², auch adjusted Pseudo-R² genannt) zeigt, dass die Erklärungskraft im oberen Erwartungsbereich liegt. Der adjusted Rho²-Wert zeigt das Verhältnis des Loglikelihood-Werts des geschätzten Modells

mit dem Wert des Basismodells, in dem alle Parameter auf Null gesetzt sind, unter Beachtung der Anzahl Parameter.

Die Ermittlung der Zeitwerte (VTTS, *Value of Travel Time Savings*) kann direkt aus den Parametern der Modelle mit den SP-Daten erfolgen, da dabei allgemeine Skalierungsunterschiede, anders als bei den Elastizitäten, keine Rolle spielen. Die Zeitwerte (VTTS) für den MIV und ÖV liegen im Durchschnittsbereich der voran gegangenen Studien. Dabei zeigt sich, dass die MIV-Nutzer eine höhere Zahlungsbereitschaft für Fahrzeitreduktionen als ÖV-Nutzer haben. Die Variation der VTTS-Werte in den verschiedenen Studien können unterschiedlicher Ursache haben, wie z.B. Verteilung der Fahrtweiten, Fahrzweckanteile, Einkommen, Attributsausprägungen und Versuchsplandesign.

Die Ermittlung der Elastizitäten der Verkehrsmittelwahl kann hier noch nicht gezeigt werden, da sie aus gemeinsamen SP und RP-Daten erfolgen sollte. Die Gründe für diese Vorgangsweise liegen einerseits bei möglichen Verzerrungen der Parameter aufgrund unterschiedlicher Marktanteile (z.B. ÖV Wahlanteil in SP-Daten versus ÖV Wahlanteil in RP-Daten) und andererseits in Verzerrungen bei den Variablenmittelwerte in den SP-Daten gegenüber den berichteten Wegen (RP). Als Beispiel für das letztere Argument sei daran erinnert, dass in der SP-Studie Nutzwege und längere Wege gegenüber den berichteten Wegen übergewichtet wurden. Dies ist für die SP-Befragung sinnvoll und vorteilhaft gewesen, bei der Berechnung von Elastizitäten führt es aber aufgrund der direkten Berücksichtigung der Variablenmittelwerte zu Verzerrungen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Anzahl von Beobachtungen in der SP-B 2010 weit über den bisherigen SP-Befragungen in der Schweiz liegt. Auch die Ausdifferenzierung der Situationen mit den zusätzlichen Alternativen Velo und zu Fuss sowie der Einbezug von Wegen an Wochenenden sind hervorzuheben. Die SP-B 2010 ist eine solide und umfangreiche Datengrundlage für verschiedene Modellschätzungen, deren Resultate für unterschiedliche Fragestellungen in der Verkehrsplanung und -politik anwendbar sein werden.

3 Abschätzung von Gesamtelastizitäten

3.1 Der Begriff Elastizität

In der Ökonomie gibt die Elastizität die Reaktion der relativen Marktanteile auf die relativen Änderungen eines Attributes der Alternative an. In der Verkehrsplanung werden vorwiegend folgende Elastizitäten verwendet:

- Zeitelastizität: Welchen Einfluss haben Zeitänderungen (Reisezeit, Fahrtzeit,...) auf die Verkehrsnachfrage?
- Preiselastizität: Welchen Einfluss haben Preisänderungen auf die Verkehrsnachfrage?
- Einkommenselastizität: Welchen Einfluss haben Änderungen des Einkommens auf die Verkehrsnachfrage?

Andere in der Ökonomie verwendete, aber für die Verkehrsplanung irrelevanten Elastizitätsbegriffe, sind z.B. die Steuerertragselastizität (die Reaktion des Steuerertrags bei einer relativen Veränderung der Bemessungsgrundlage), oder Zinselastizität (wie eine Obligation auf eine relative Veränderung des Zinssatzes reagiert). Weiters wird der Begriff Elastizität in der Werkstoffwissenschaft, Elektronik und im Motorenbau verwendet.

Die Eigenelastizität misst die relative Veränderung in Prozenten der Marktanteile einer bestimmten Alternative in Bezug auf die relative Veränderung eines Attributes derselben Alternative. Die Kreuzelastizität misst die relative Veränderung in Prozenten der Marktanteile einer bestimmten Alternative in Bezug auf die relative Veränderung eines Attributes einer konkurrierenden Alternative. Als Formel ausgedrückt, wird die Eigenelastizität ε_i^k der Alternative i bezüglich der Änderung des Attributes k zwischen dem Zustand 0 und dem Zustand 1 bzw. die dazugehörige Kreuzelastizität folgendermassen berechnet:

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

$$Kreuzelastizität \ \varepsilon_{ij}^k = \frac{dQ_j/Q_j}{dK_i/K_i} \sim \frac{(Q_j^1 - Q_j^0)/Q_j^0}{(K_i^1 - K_i^0)/K_i^0}$$

Bei kleinen Attributsveränderungen wird die Methode der Punktelastizität, also die Steigung an einem Punkt der Nachfragekurve verwendet. Für grosse Attributsveränderungen wird die Bogenelastizität, die Steigung zwischen zwei Punkten der unbekanntenen Nachfragekurve, angewendet. Mit kurz- und langfristiger Elastizität wird die unterschiedliche Anpassungszeit auf

den veränderungsauslösenden Impuls beschrieben. Die Grenze zwischen kurz- und langfristiger Elastizität wird in der Literatur meist bei einem Jahr gelegt.

Die Motivation für die Verwendung der Elastizität liegt einerseits in der guten Beschreibung der Struktur der Nachfragereaktion und andererseits in der klaren und kompakten Aussage zu sehr komplexen Verhaltensänderungen. Natürlich liegt hier auch das inhärente Problem begründet, dass einfache Konzepte für komplexe Sachverhalte leicht falsch eingesetzt werden. Eine vertiefende Diskussion findet sich in Cerwenka (2002).

Grundsätzlich muss in der Verkehrsplanung unterschieden werden, ob bei Elastizitäten von aggregierten oder von disaggregierten Daten gesprochen wird. Bei aggregierten Daten, wie z.B. der Elastizität des Treibstoff- und Benzinverbrauchs einer Region oder Landes werden verschiedene Entscheidungsebenen im Verkehrsverhalten einer Population summiert und die Schätzung der Gesamtelastizität aller Modellschritte erfolgt mit linearer Regression bzw. darauf aufbauende verfeinerte Zeitreihenmethoden. Bei disaggregierten Daten, bei welchen Entscheidungen von Individuen auf einer Entscheidungsebene (insbesondere Verkehrsmittelwahl) abgebildet sind, beziehen sich die ermittelten Elastizitäten nur auf diese Entscheidungsebene, z.B. Elastizität der Verkehrsmittelwahl. Sie berücksichtigt bei einer konstanten Wegeanzahl auf einer Relation die relative Veränderung der Marktanteile der Alternative hervorgerufen durch eine relative Veränderung eines ihrer Attribute. Die Nachfrage wird dabei im Normalfall als Wege (Verkehrsaufkommen) angegeben.

Bei Gesamtelastizitäten muss genau unterschieden werden, ob es sich bei der Bezugsgröße um Wege (Verkehrsaufkommen) oder Fahrzeugkilometer bzw. Personenkilometer (Fahr- bzw. Verkehrsleistung) handelt.

3.2 Methoden und Daten zur Berechnung von Elastizitäten

Nachfolgend werden die verschiedenen Methoden und Datengrundlagen zur Elastizitätsberechnung zusammengefasst, ihre Vor- und Nachteile aufgeführt und Beispiele für Untersuchungen gegeben.

3.2.1 Vorher-Nachher-Untersuchungen

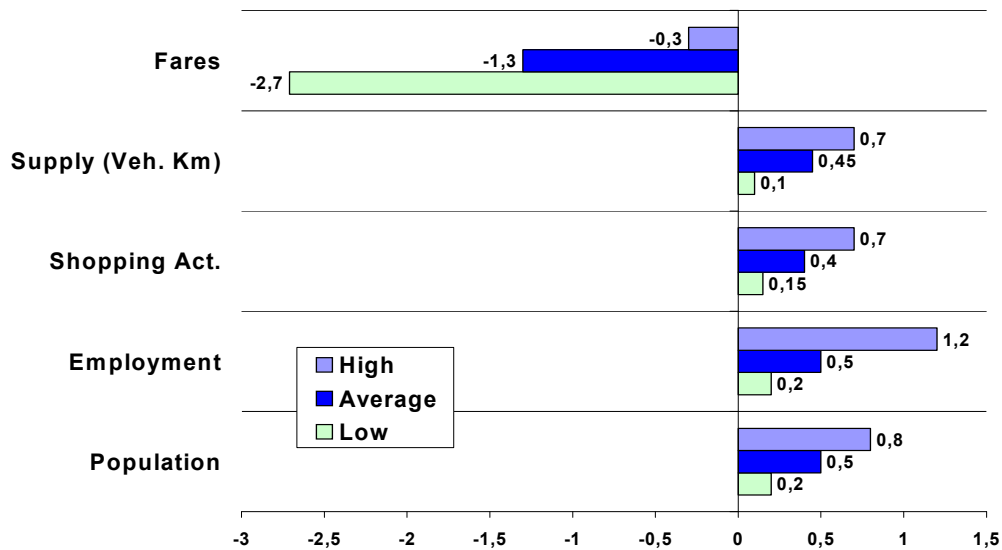
Die meisten Vorher-Nachher-Untersuchungen vergleichen Verkehrsaufkommen vor und nach einer Massnahme. Ihnen wird aufgrund der schwierigen Isolierung von Wirkungen aber eine geringe Aussagekraft zugesprochen, sie haben aber eine hohe Transparenz und werden von Entscheidungsträgern geschätzt. Viele solcher Untersuchungen beinhalten die Probleme der

Trennung von verschiedenen Nachfrageveränderungen, die zeitliche Entwicklung und externe Einflüsse, wie z.B. Konjunkturschwankungen. Insbesondere für den städtischen ÖV mit grossangelegten, aber klar definierten Änderungen (Betriebskilometer) und umfangreichen Fahrgastzählungen, können kurzfristige Gesamtelastizitäten auf dem Wegeniveau im ÖV abgeschätzt werden, dabei sind Wechselwirkungen zum MIV aber schwierig zu beurteilen.

3.2.2 Gebietsmodelle ÖV

Zeitreihenanalysen dienen zur Untersuchung der Abfolgen von Datenpunkten, welche nicht kontinuierlichen sondern diskret aber mit gleichen wiederkehrenden Zeitintervallen vorliegen. Sie kann als Spezialfall der Regressionsanalyse angesehen werden. In Schweden wurden für sechs Städte (Tegnér und Jarlebring, 2004) nichtlineare Box-Cox Zeitreihenanalysen durchgeführt, dabei lagen Datenreihen für einen längeren Zeitraum (5-30 Jahre) vor und die Verkehrsnachfrage wurde meist aus den Billettverkäufen (Wegebasis) bestimmt. Damit konnten kurz- und langfristige Gesamtelastizitäten von ÖV-Fahrten im Nahverkehr bestimmt werden. Die nachfolgenden Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen die Gesamtnachfrageelastizität auf Wegeebene bezüglich der wichtigsten Variablen und die interessanteste Schlussfolgerungen der stark unterschiedlichen Preiselastizitäten nach Billettart.

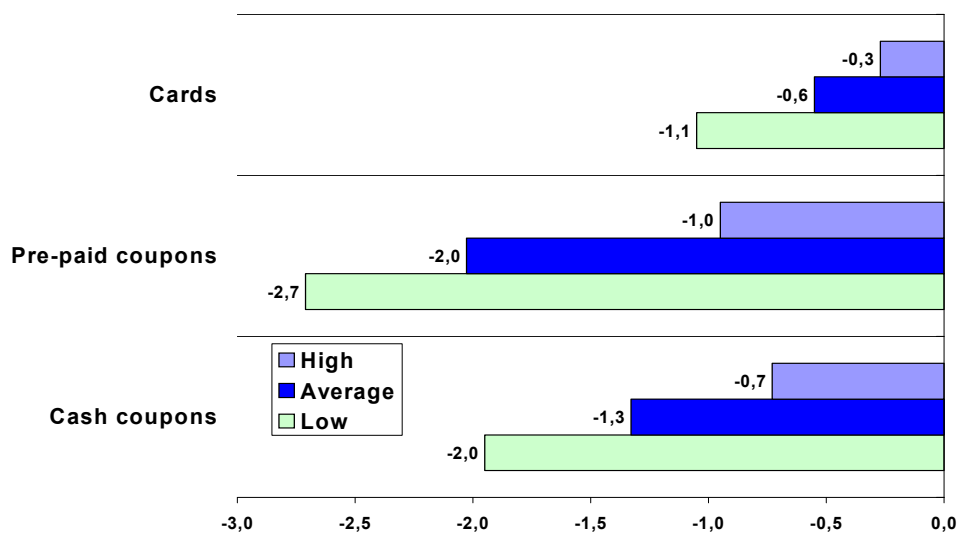
Abbildung 1 Zeitreihenanalysen ÖV: Gesamtelastizitäten auf Wegebasis der Haupteinflussvariablen für sechs schwedische Städte



Quelle: Tegnér und Jarlebring (2004)

Anmerkung: *High*, *average* bzw. *low* bezieht sich auf den höchsten, mittleren bzw. niedrigsten Wert von den sechs Städten.

Abbildung 2 Zeitreihenanalysen ÖV: Unterschiedliche Gesamtelastizitäten auf Wegebasis nach Billettart



Quelle: Tegnér und Jarlebring (2004)

Anmerkung: *High*, *average* bzw. *low* bezieht sich auf den höchsten, mittleren bzw. niedrigsten Wert von den sechs Städten.

Die Gesamtelastizität der Nachfrage im ÖV reagiert auf die verschiedenen Variablen unterschiedlich. Auf eine Erhöhung des ÖV-Angebots um 10% nimmt die ÖV-Nachfrage um durchschnittlich 4.5% zu. Die Gesamtelastizitäten bezüglich Arbeitsplätze und Einwohner liegen im Durchschnitt bei jeweils 0.5.

Die Passagiere reagieren sehr preissensibel mit durchschnittlich 13% Nachfragereduktion bei einer 10% ÖV-Preiserhöhung. In der zweiten Abbildung ist zusätzlich ersichtlich, dass die Nachfrage von Zeitkartenbesitzern unelastischer reagiert als diejenige der Passagiere mit Einzelkarten.

3.2.3 Zeitreihenanalysen Benzinverbrauch

Ein weiteres Anwendungsgebiet der Zeitreihenanalyse ist der Benzinverbrauch. Daten zum Benzinverbrauch sind meist über lange Zeiträume und von sehr feiner zeitlichen Auflösung (z. B. monatlich oder quartalsweise), für grosse Gebietseinheiten (z.B. für die ganze Schweiz) in den Statistiken enthalten, daher muss für Zeitreihenanalysen kein grosser Datenerhebungsaufwand veranschlagt werden. Bei solchen Zeitreihenanalysen werden meist keine Verkehrsangebotsvariablen berücksichtigt und es bleibt zu diskutieren, ob man damit Aussagen zu kausalen Zusammenhänge für die Verkehrsplanung machen kann.

In der **Schweiz** wurden mehrere Zeitreihenanalysen mit Benzinverbrauchsdaten durchgeführt und die wichtigsten Ergebnisse der aktuellsten Untersuchung von Baranzini, Neto und Weber (2009) werden in Tabelle 3 wiedergegeben:

Tabelle 3 Gesamtelastizitäten des Treibstoff- und Benzinverbrauchs in der Schweiz

	Kurzf. Treibstoff*	Kurzf. Benzin	Langf. Treibstoff*	Langf. Benzin
Preiselastizität	-0.082	-0.092	-0.267	-0.339
Elastizität BIP/EW	0.103	0.025	0.755	0.673
Elastizität PW-Besitz			0.559	0.803

Quelle: Baranzini, Neto und Weber (2009); Datenreihe: 1971-2008; * Benzin und Diesel

Der Begriff Treibstoff umfasst sowohl Benzin als auch Diesel. Da in der Schweiz der Diesel vorwiegend für LKW im Güterverkehr eingesetzt wird, kann man die Treibstoffelastizitäten als Proxy für den Personen- und Güterverkehr auf der Strasse verwenden. Andererseits können die Werte für Benzin als Proxy für den Personenverkehr auf der Strasse gesehen werden. Es muss weiters beachtet werden, dass weder die Veränderung des Benzinverbrauchs noch des Besetzungsgrades explizit abgebildet wurden sondern diese Effekte teilweise in anderen Variablen (z.B. Trendvariablen) abgefangen sind.

Die kurzfristige Benzinnachfrage reagiert mit einer Abnahme von 0.92% auf eine Preiserhöhung von 10%. Langfristig ist die Reaktion ca. 3.5-mal so stark als die kurzfristige Reaktion. Auf Veränderungen der Wirtschaftsleistung (BIP) pro Person und der PW-Besitzrate reagiert die Benzinnachfrage langfristig stark elastisch.

In **Dänemark** wurde für das aggregierte Prognosemodell 2004 mit Update 2009 (Fosgerau, Holmblad und Pilegaard, 2009) ein ähnlicher aber verfeinerter Ansatz verfolgt, wobei auch der PW-Bestand, Besetzungsgrad und nach fixen und variablen Kosten unterschieden wurde. In der nachfolgenden Tabelle 4 sind die Gesamtnachfrageelastizitäten angegeben.

Tabelle 4 Gesamtelastizitäten Dänemark

	Kurzfristige Elastizität	Langfristige Elastizität
Elastizität PW-Bestand		
BIP pro Einwohner	0.31	0.63
Variable Kosten	-0.18	-0.36
Fixe Kosten	-0.04	-0.08
Elastizität Fahrleistung je PW		
BIP pro Einwohner	0.27	0.43
Variable Kosten	-0.35	-0.56
Abgeleitete Elastizität für MIV Fahrleistung		
BIP pro Einwohner	0.58	1.06
Variable Kosten	-0.53	-0.92
Quelle: Fosgerau, Holmblad und Pilegaard (2009)		

Die Werte aus Dänemark sind höher als die Werte aus Baranzini, Neto und Weber (2009) für die Schweiz, wobei berücksichtigt werden muss, dass in den dänischen Zahlen unter variablen Kosten nicht nur der Benzinpreis sondern auch andere Kostenelemente berücksichtigt wurden und der Benzinpreis rund zwei Drittel der variablen Kosten ausmacht. Neben den methodischen Unterschieden muss noch das spezielle Steuersystem für PW in Dänemark, welches sehr hohe Steuersätze für den PW Erwerb vorsieht, bei der Übertragbarkeit der Resultate beachtet werden. Zum Beispiel reagiert die MIV Fahrleistung bezüglich variabler Kosten mit einer Gesamtelastizität kurzfristig von -0.35 und langfristig von -0.56 weit elastischer als in der Schweiz (Tabelle 3). Andererseits ist die Reaktion des PW-Bestand auf Erhöhungen der variablen Kosten unelastischer als die Werte in der Schweiz.

3.2.4 Gebietsmodelle für den MIV mit Näherungswerten

Für Gebietsmodelle müssen die Angebots- und Nachfragebeschreibung für mehrere regionale Einheiten (meist auf Kantonsniveau oder noch höher aggregiert) und als Zeitreihe vorliegen. Diese hohen Datenerfordernisse werden in vielen Studien mit Vereinfachungen umgangen und Näherungswerte verwendet. Z.B. wurden oft die Fahrstreifen-km als Proxy für die Angebotsverhältnisse im MIV verwendet. Durch die vielen unterschiedlichen Datenpunkte (verschiedene Jahre und Regionen) sind sehr gute Grundlagen für ausgefeilte Zeitreihenmethoden möglich. Hier können Gesamtelastizitäten für die Fahrleistung gewonnen werden, eine Separation nach Entscheidungsebene (Verkehrsmittelwahl, Zielwahl, Routenwahl,...) ist nicht möglich. In den USA wurden verschiedene derartige Untersuchungen im Hinblick auf den induzierten Verkehr durchgeführt (z.B. Hansen und Huang, 1997; Noland und Cowart, 2000; Fulton, Meszler, Noland und Thomas, 2000; Noland, 2001, Cervero und Hansen, 2002; Cervero, 2003), wobei der ÖV in diesen Studien nicht berücksichtigt wurde. Die berichteten Benzinpreiselastizitäten können aber aufgrund der unterschiedlichen Benzinpreinsniveaus in den USA und Europa nicht einfach übertragen werden. Eine analoge Untersuchung mit Daten aus Europa wurde bisher nicht veröffentlicht.

3.2.5 Verkehrsmodelle

Mit multimodalen Verkehrsmodellen können Gesamtelastizitäten (über alle Modellstufen) für kurzfristige und langfristige Entwicklungen bezüglich Zeit und Preis mit Modellläufen ermittelt werden, wobei insbesondere die Verwendung der vorteilhaften Messgrösse, die Verkehrsleistung in Pkm oder Fahrleistung in Fzkm gegenüber den Personenwegen bei den meisten anderen Methoden hervorzuheben ist. Dabei kann auch eine Ermittlung der Gesamtelastizitäten nach Nah- und Fernverkehr, Fahrtweitenklassen, Regionstyp oder nach Region erfolgen. Für die Berechnung von langfristigen Gesamtelastizitäten sollten auch die Reaktionen des Mobilitätswerkzeugbesitzes und eventuell der Raumnutzungsänderung abgebildet bzw. abgeschätzt werden. Die methodischen Grundlagen zur Raumnutzungsmodellierung sind noch in Entwicklung begriffen, ihr Anteil am Gesamtergebnis sollte aber gering sein. Andererseits ist es aber sehr wichtig, dass das Zielwahlmodell im Verkehrsmodell die Realität gut beschreibt.

Man muss sich aber auch bewusst sein, dass die Elastizitäten ein Verkehrsmodell auf sehr aggregiertem Niveau beschreiben und daher sollten diese die Beschreibung der Charakteristiken eines Modells für Vergleichszwecke verwendet werden und nicht als Modell an sich.

In de Jong und Gunn (2001) wird eine Literaturanalyse von ca. 50 Arbeiten und Ergebnisse aus Modellläufen mit dem italienischen, holländischen und Brüsseler Verkehrsmodell für

MIV Gesamteigenelastizitäten, für MIV-Kosten und -Fahrzeit sowie die dazugehörige ÖV Gesamtkreuzelastizität zusammengefasst. In der nachfolgenden Tabelle 5 sind die wichtigsten Ergebnisse wiedergegeben. Die italienischen Resultate wurden weggelassen, da dort der Fernverkehr im Vordergrund steht und keine Resultate über alle Fahrtzwecke vorliegen. Die Brüsseler Ergebnisse beziehen sich nur auf die Arbeitspendler im Nahverkehr und wurden deshalb auch nicht aufgeführt. Mit dem Schwedischen Nationalen Verkehrsmodell Sampers (Beser Hugosson und Algers, 2002), indem auch der PW-Besitz berücksichtigt wird, wurden langfristige Gesamtelastizitäten für den Fernverkehr und den Regionalverkehr in Südschweden gerechnet.

Tabelle 5 Überblick Gesamtelastizitäten für die Fahrleistung in Europa

	Literatur	Holland	Schweden FV	Schweden NV
MIV Eigenelastizität zu				
MIV-Fahrzeit	-0.20/-0.74	-0.35/-1.34	-/0.66	-/0.75
MIV-Kosten	-0.16/-0.26	-0.13/-0.36	-/0.14	-/0.33
ÖV Kreuzelastizität zu				
MIV-Fahrzeit	-/0.36	1.55/0.65	-/0.61	-/0.15
MIV-Kosten	0.07/0.10	0.17/0.14	-/0.14	-/0.06
Quelle: de Jong und Gunn (2001), Beser Hugosson und Algers (2002)				
Anmerkung: kurzfristige Elastizität/langfristige Elastizität, - bedeutet kein Wert				

In Schweden gibt es aufgrund der Landesgeographie mehr längere Fahrten als in der Schweiz und das Flugzeug ist eine wichtige Alternative im Fernverkehr. Die Werte für den Regionalverkehr wurden nur für Südschweden berechnet, wo das ÖV-System nicht mit der Qualität des Schweizer ÖV-Systems vergleichbar ist. Daher sind die Elastizitäten aus Schweden nicht direkt auf die Schweiz zu übertragen, aber da es eine sehr umfassende Studie ist, werden die gefundenen Wirkungen in die Vorschläge einfließen.

Die Resultate aus Holland sind aus Schweizer Sicht aufgrund der ähnlichen Verkehrsverhältnisse (hohe Einwohnerdichte, gutes ÖV-Angebot, keine Bedeutung des Luftverkehrs im nationalen Fernverkehr) besonders interessant. Die umfangreiche Literaturstudie liefert Erfahrungswerte aus einer Vielzahl von Arbeiten.

3.2.6 Regressionsanalyse aus Verkehrsverhaltensdaten

Mit Regressionsanalysen können Gesamtelastizitäten (meist auf Wegebasis) geschätzt werden, wobei insbesondere die geringe Variation der Daten als nachteilig zu betrachten sind. Die Ergebnisse werden von der Richtung und der Grössenausprägung der beschreibenden Variablen beeinflusst, das heisst z.B., wenn im betrachteten Zeitraum hauptsächlich Geschwindigkeitserhöhungen stattfanden, sind die Ergebnisse verzerrt. Dies wurde auch in Vrtic, Meyer-Rühle, Rommerskirchen, Cerwenka und Stobbe (2000) festgestellt und dabei die Ergebnisse mit der 10 Jahre davor erstellten Studie von Basys/Brains (1990) verglichen. Die Daten aus dem MZMV und der KEP-Befragung sind daher aufgrund der methodenbedingten mangelnden Variabilität der Angebotsdaten (z.B. Kosten) nur mit Einschränkungen für Gesamtnachfrageelastizitäten zu verwenden.

Eine andere Datenquelle zur Schätzung von Regressionsmodellen sind Paneldaten, wobei eine kontinuierliche Datenerhebung mit konstanter Stichprobe über einen längeren Zeitraum durchgeführt wird. Solche Daten liegen für die Schweiz nicht vor. In Deutschland wird seit 1994 das Deutsche Mobilitätspanel (MOP) betrieben, eine Schätzung von Gesamtelastizitäten ist aber nicht bekannt. Weis und Axhausen (2011) haben mit sogenannten Pseudopaneln, generiert aus verschiedenen Erhebungen des MZMV, Elastizitäten mit Strukturgleichungsmodellen (Structural equation modeling, SEM) für die Verkehrserzeugung berechnet.

3.2.7 Elastizitäten aus diskreten Entscheidungsmodellen

Bei disaggregierten Verhaltensdaten, welche Entscheidungen von Individuen auf einer Entscheidungsebene abbilden, werden Elastizitäten für die Verkehrsmittelwahl zur Interpretation der Ergebnisse standardmässig ausgewiesen.

Als Datenquelle für solche Schätzungen auf Wegebasis kommen Revealed-Preference-Daten (RP), Stated-Preference-Daten (SP) oder eine Kombination von RP und SP-Daten in Frage. Revealed-Preference-Daten (RP), werden durch Observationen von Entscheidungen unter realen Bedingungen (aktuelle Marktbedingungen) gewonnen, wie z. B. im Mikrozensus Mobilität und Verkehr. Somit ist die Variation der Angebotsdaten normalerweise gering, daher kann z.B. die Reaktion der Entscheider auf eine Benzinpreiserhöhung von 50% nicht beobachtet werden, wenn diese Spannweite von Benzinpreisen nicht in der Realität vorkommt. Ein Vorteil der RP-Daten ist die Erhebung von realen Entscheidungen mit den umweltseitigen und technologischen Beschränkungen und individuellen Sachzwängen (z.B. Einkommen) der Befragten.

Die Stated-Preference-Daten (SP) haben den Vorteil, unter „Laborbedingungen“, als sogenanntes Experiment, erhoben zu werden. Dabei werden den Befragten hypothetische Situationen vorgelegt und somit ist natürlich eine grössere Variation der Angebotsvariablen möglich. Somit sind die umweltseitigen und technologischen Beschränkungen und auch die individuellen Sachzwänge gering.

Um möglichst realitätsnahe Elastizitäten für die Verkehrsmittelwahl aus disaggregierten Daten zu erhalten, sollten RP oder besser RP und SP-Daten kombiniert verwendet werden. Bei Schätzungen mit reinen SP-Daten besteht die Gefahr einer Verzerrung, die aufgrund von unterschiedlichen Marktanteilen sowie Attributmittelwerten gegenüber den wirklichen Verhältnissen und von möglichen Skalierungsdifferenzen der Parameter verursacht sein kann.

Hierzu gibt es einige Publikationen zu Schweizer Projekten mit geschätzten Elastizitäten der Verkehrsmittelwahl (Vrtic, Schüssler, Erath und Axhausen, 2011; Hess, Erath und Axhausen, 2008; Vrtic und Fröhlich, 2006). In der nachfolgend Tabelle 6 sind die Verkehrsmittelwahl-Elastizitäten aus dem ICN-Projekt (Vrtic, Axhausen, Maggi und Rossera, 2003) für Wege über 10 km aufgeführt, hierbei wurde bei der Elastizitätsberechnung die RP-Variablenmittelwerte und Marktanteile verwendet. Bei den anderen Schweizer Studien (vergleiche Kapitel 2.1) wurden keine vollständigen Elastizitätsberechnungen durchgeführt, daher sind sie nicht vergleichbar und sollen hier auch nicht angeführt werden.

Tabelle 6 Verkehrsmittelwahl-Elastizitäten auf Wegebasis aus dem ICN-Projekt (2003)

Variablen- Veränderung	Nachfrage	Alle Fahrt- zwecke	Pendler	Geschäft	Einkauf	Freizeit / Urlaub
Aus SP-Modellparameter und RP-Variablenmittelwert berechnete Nachfrageelastizitäten						
Reisezeit PW	PW	-0.425	-0.665	-0.680	-0.545	-0.530
	ÖV	0.671	0.776	1.531	1.008	0.937
Preis PW	PW	-0.121	-0.312	-0.076	-0.156	-0.174
	ÖV	0.191	0.365	0.171	0.288	0.308
Fahrzeit ÖV	PW	0.365	0.480	0.615	0.460	0.456
	ÖV	-0.575	-0.560	-1.386	-0.850	-0.805
Preis ÖV	PW	0.157	0.435	0.092	0.223	0.217
	ÖV	-0.247	-0.508	-0.206	-0.412	-0.383
Zugangszeit	PW	0.172	0.272	0.111	0.279	0.127
	ÖV	-0.272	-0.318	-0.249	-0.515	-0.224
Intervall	PW	0.144	0.320	0.154	0.121	0.116
	ÖV	-0.227	-0.374	-0.346	-0.224	-0.205
Umsteigezahl	PW	0.115	0.133	0.151	0.101	0.134
	ÖV	-0.181	-0.156	-0.339	-0.186	-0.237

Quelle: Vrtic, Axhausen, Maggi und Rossera, 2003

In Weis und Axhausen (2010) wird von einer SP-Studie berichtet, die explizit mit hohen, über dem Erfahrungsbereich der Befragten liegenden, Preiserhöhungen arbeitet. Im ersten Teil wurden Verkehrsmittelwahlsituationen abgefragt und in einem zweiten Teil lag der Fokus auf langfristige Entscheidungen zum Besitz von Mobilitätswerkzeugen. Bei letzteren wurde der Abwägungsprozess zwischen verschiedenen Mobilitätswerkzeugsbesitzvarianten inkl. Jahresfahrleistung forciert. Die Resultate zeigen, dass auch bei grossen Benzinpreiserhöhungen sowohl auf Ebene Verkehrsmittelwahl als auch beim Besitz von Mobilitätswerkzeugen ein Beharrungsverhalten festzustellen ist. Auch sind die ÖV-Nutzer stärker preissensibel als MIV-Nutzer. Der Anteil der ÖV-Jahreskartenbesitzer steigt bei Benzinpreiserhöhungen, wenn der Preis für den ÖV konstant gehalten wird.

3.3 Empfehlungen

3.3.1 Elastizitäten

Aufgrund der durchgeführten Literaturstudie verschiedener inländischer und ausländischer Projekte muss festgestellt werden, dass keine Untersuchung die spezifischen Anforderungen der Aufgabenstellung nach Gesamtelastizitäten der Fahrleistung (Fahrzeugkilometer, Fzkm) nach Kosten und Zeit vollumfänglich erfüllt. Hier ist insbesondere anzumerken, dass bei den bisherigen Schweizer Studien die Elastizitäten auf Wegebasis (Verkehrsaufkommen) untersucht wurden und nur in der Studie von Baranzini, Neto und Weber (2009) ein Näherungswert für die gesuchte Gesamtelastizität der Fahrleistung abgeleitet wurde.

Folgende Empfehlungen für grobe Richtwerte der kurz- und langfristigen Gesamtelastizitäten für die Schweiz können basierend auf der Analyse gegeben werden:

- MIV Gesamtelastizität bezüglich MIV-Zeit: -0.40/-0.90
- MIV Gesamtelastizität bezüglich MIV-variable Kosten: -0.15/-0.35
- ÖV Gesamtkreuzelastizität bezüglich MIV-Zeit: 0.50/0.60
- ÖV Gesamtkreuzelastizität bezüglich MIV-variable Kosten: 0.15/0.20

Dies bedeutet, wenn die MIV-Zeit um 10 % steigt, dann geht MIV-Fahrleistung (Fzkm) kurzfristig um 4% und langfristig um 9% zurück. Andererseits steigt die ÖV-Verkehrsleistung kurzfristig um 5% und langfristig um 6%. Bei einer Erhöhung der MIV-variable Kosten um 10% reduziert sich die MIV-Fahrleistung kurzfristig um 1.5% und langfristig um 3.5%. Die ÖV-Verkehrsleistung nimmt gleichzeitig kurzfristig um 1.5% und langfristig um 2.0% zu.

Die kurzfristige MIV-Gesamtelastizität bezüglich MIV-Zeit wurde am oberen Ende der Vergleichswerte aus de Jong und Gunn, 2001 angeordnet, da ein sehr gutes ÖV-System im dichtbesiedelten Gebiet der Schweiz besteht und auch die Verkehrsmittelwahl-Elastizität aus der ICN-Studie, welche ein guter Richtwert für die kurzfristige Elastizität bietet (de Jong und Gunn, 2001), in diesem Bereich liegt. Die langfristige MIV-Gesamtelastizität bezüglich Zeit wurde mehr als doppelt so hoch liegend wie die kurzfristige Elastizität angenommen, ein Umstand der sich bei vielen Untersuchungen zeigt. Auch liegt der Wert in etwa in der Mitte vom Wert aus Holland bei einem guten ÖV-Angebot und sehr dichter Besiedlung sowie Schweden mit einem guten ÖV-Angebot aber dünner Besiedlung. Die Besiedlungsdichte hat Einfluss auf

die Möglichkeit zur Zielwahländerung. Auch zeigt der relativ grosse Unterschied zwischen den kurz- und langfristigen MIV Gesamtelastizitäten das Beharrungsverhalten beim Besitz von Mobilitätswerkzeugen (vergleiche Weis und Axhausen, 2010).

Die MIV Gesamtelastizität bezüglich der variablen Kosten sind bei allen Untersuchungen in einem ähnlichen Bereich (bis auf die dänische Studie mit deutlich höheren Werten) und daher wurde in diesem Erfahrungsbereich festgelegt. Die dänischen Werte sind durch die Eigenheiten der Besteuerung von PW nicht direkt übertragbar.

Die ÖV Gesamtkreuzelastizitäten bezüglich MIV Zeit wurde bei den kurzfristigen Werten unterhalb der ICN-Studie gewählt, da MIV-Fahrten kürzer als ÖV-Fahrten sind und auf manchen Relationen eher Fahrten komplett unterbleiben würden oder andere Ziele gewählt werden als auf den ÖV umzusteigen, was aber bei Elastizitäten der Verkehrsmittelwahl angenommen wird. Der Wert über die langfristige Elastizität ist in Gleichklang mit den Ergebnissen aus Holland und Schweden (Fernverkehr). Gegenüber den Werten aus der europäischen Literaturanalyse sind diese Werte höher, da aber in weiten Teilen der Schweiz ein signifikant besseres ÖV-Angebot vorliegt und somit der ÖV zum MIV konkurrenzfähiger ist als in vielen anderen Ländern, ist die Annahme zu vertreten. Ähnlich ist die Situation bei der ÖV Kreuzelastizität zu den MIV Kosten.

Für den ÖV können keine Werte angegeben werden, da internationale Vergleichswerte fast vollständig fehlen und aufgrund der Erfahrungen mit stark unterschiedlichen ÖV Preiselastizitäten nach Billettart (Jahreskarte versus Einzelbillett) ein allgemeiner Wert nicht sinnvoll abgeleitet werden kann. Auch sind die ÖV-Eigenelastizitäten für die Energieperspektiven nur von untergeordneter Bedeutung.

3.3.2 Weitere Forschung

Um die erkannten Wissenslücken zur Elastizität der Verkehrsnachfrage im Bezug auf die Schweiz zu schliessen, kann für folgende Themen ein Forschungsbedarf aufgezeigt werden:

- Die Ermittlung von Gesamtelastizitäten aus dem Nationalen Personenverkehrsmodell (NPVM) nach verschiedenen Klassifizierungen
- Vertiefende Untersuchungen der Nachfragereaktionen von Preisänderungen im ÖV, insbesondere bezüglich Billettart im Nah- und Fernverkehr
- Schätzung von Elastizitäten zur Verkehrsmittelwahl aus dem Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010 und der SP-Befragung 2010 zum Verkehrsverhalten mit verschiedenen kombinierten Modellformulierungen und Elastizitätsberechnungsmethoden (Durchschnittswerte, Naive-Pooling-Ansatz und Probability Weighted Sample Enumeration, PWSE)

Literaturverzeichnis

- Baranzini, A., D. Neto und S. Weber (2009) Élasticité-prix de la demande d'essence en Suisse, Bericht, Bundesamt für Energie, Bern.
- Beser Hugosson, M., Algers, S., (2002) SAMPERS - The new Swedish National Travel Demand Forecasting Tool, in Lundqvist, L., Mattsson, L.-G., (eds.), *National Transport Models - Recent Developments and Prospects, Advances in Spatial Science*, Springer-Verlag, Berlin, 9, 101-118.
- BASYS und BRAINS (1990) Elastizitäten des Personenverkehrs der Schweiz 1975-1984, GVF-Auftrag Nr. 4/A110 und Nr. 4/A119, Bern.
- Cerwenka, P. (2002) *Glanz und Elend der Elastizität. Eine ingenieurdidaktische Handreichung*. Der Nahverkehr 20 (6).
- Cervero, R. (2003) Road expansion, urban growth, and induced Travel: A path analysis, *Journal of the American Planning Association*, **69** (2) 145-163.
- Cervero, R. und M. Hansen (2002) Induced travel demand and induced road investment, *Journal of Transport Economics and Policy*, **36** (3) 469-490.
- De Jong, G. und H. Gunn (2001) Recent Evidence on Car Cost and Time Elasticities of Travel demand in Europe, *Journal of Transport Economics and Policy*, **35** (2) 137-160.
- Fosgerau, M., M. Holmblad und N. Pilegaard (2009) Update von ART: En aggregeret prognosemodel for dansk vejtrafik 2004, persönliche Mitteilung.
- Fröhlich, P., C. Weiss, M. Vrtic und K.W. Axhausen (2011) Stated Preference Befragung 2010 zum Verkehrsverhalten, IVT der ETH Zürich, TransSol GmbH und TransOptima GmbH, im Auftrag der Bundesämter für Raumentwicklung, Strassen und Verkehr (UVEK), Bern.
- Fulton, L., D. Meszler, R. Noland und J. Thomas (2000) A statistical analysis of induced travel effects in the U.S. Mid-Atlantic region, *Journal of Transportation and Statistics*, **3** (1) 1-14.
- Hansen, M und Y. Huang (1997) Road supply and traffic in California urban areas, *Transportation Research A*, **31** (3) 205-218.
- Hess, S., A. Erath und K.W. Axhausen (2008) Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit, Endbericht für SVI 2005/007, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- König, A. und K.W. Axhausen (2004) Zeitkostenansätze im Personenverkehr, Endbericht für SVI 2001/534, *Schriftenreihe*, **1065**, Bundesamt für Strassen, UVEK, Bern.
- Noland, R. (2001) Relationships between highway capacity and induced vehicle travel, *Transportation Research A*, **35** (1) 47-72.
- Noland, R. und W. Cowart (2000) Analysis of metropolitan highway capacity and the growth in vehicle miles of travel, Vortrag, *79th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington D.C.

- Tegnér, G. und I. Jarlebring (2004) Coupled Transit Demand and Mode-of-Payment Models in Swedish Cities: Estimates and Forecasts, Vortrag, Montréal, Canada, Oktober, 2004.
- Vrtic, M., O. Meyer-Rühle, S. Rommerskirchen, P. Cerwenka und W. Stobbe (2000) Sensitivitäten von Angebots- und Preisänderungen im Personenverkehr, Bericht an die Vereinigung der Schweizerischen Verkehrsingenieure (SVI) und Bundesamt für Strassenbau (ASTRA), Prognose AG, Basel.
- Vrtic, M., K.W. Axhausen, R. Maggi und F. Rossera (2003) Verifizierung von Prognosemethoden im Personenverkehr, im Auftrag der SBB und dem Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), IVT, ETH Zürich und USI Lugano, Zürich und Lugano.
- Vrtic, M. und P. Fröhlich (2006) Was beeinflusst die Wahl der Verkehrsmittel?, *Der Nahverkehr*, **24** (4) 52-57.
- Vrtic, M., N. Schüssler, A. Erath, M. Bürgle, K.W. Axhausen, E. Frejinger, M. Bierlaire, R. Rudel, S. Scagnolari und R. Maggi (2008) Einbezug der Reisekosten bei der Modellierung des Mobilitätsverhaltens, Endbericht für SVI 2005/004, *Schriftenreihe*, **1191**, Bundesamt für Strassen, UVEK, Bern.
- Vrtic, M., N. Schüssler, A. Erath und K.W. Axhausen (2011) Mobility Pricing: Zahlungsbereitschaft und Verhaltensreaktionen, *Strassenverkehrstechnik*, **55** (11).
- VSS (2006) SN 641 820 Kosten-Nutzen-Analysen (KNA) bei Massnahmen im Strassenverkehr, VSS, Zürich.
- Weis, C. und K.W. Axhausen (2009) Benzinpreis und Bahnnutzung, Studie im Auftrag der Schweizerischen Bundesbahnen, IVT, ETH Zürich, Zürich.
- Weis, C., K.W. Axhausen, R. Schlich und R. Zbinden (2010) Models of mode choice and mobility tool ownership beyond 2008 fuel prices, *Transportation Research Record*, 2157, 86-94.
- Weis, C. und K.W. Axhausen (2011) Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs, Bericht, SVI 2004/012, IVT, ETH Zürich, Zürich.