

Endbericht

**Sensitivitäten von
Angebots- und
Preisänderungen
im Personenverkehr**

SVI-Forschungs-
auftrag 44/98

?
?
?

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
Bundesamt für Strassenbau

Sensitivitäten von Angebots- und Preisänderungen im Personenverkehr

Forschungsauftrag: Nr. 44/98 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer
Verkehringenieure

Forschungsstelle: PROGROS AG, Basel

Bearbeitung: ?

?

?

?

?

?

Begleitende Kommission: Dr. Geogr Abay (Präsident)

Dr. Ulrich Weidmann

Alexander Rist

Dr. Casimir de Rham

Chrisoph Hächler

Dr. Peter Marti

Hans U. Scherrer

Februar 2000

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Ausgangslage und Problemstellung	1
1.1 Ziele und Nutzen der Untersuchung	2
1.2 Erläuterungen zum Arbeitsprogramm	4
1.3 Theoretische Grundlagen zu Nachfragereaktionen und Nachfrageelastizitäten	5
2. Klassische Elastizitäten	8
2.1 Aktueller Überblick über Forschung und Literatur im Bereich der Nachfrageelastizitäten des Personenverkehrs (Auswertung ausgewählter Literaturquellen aus verschiedenen europäischen Ländern)	8
2.2 Eigene Berechnungen von Elastizitäten	37
2.2.1 Methodische und inhaltliche Vorgehensweise	37
2.2.2 Statistische Auswertungsmethoden für die Querschnitts- und Zeitreihenanalyse	40
2.2.3 Festlegung der Systemabgrenzung, Segmentierung und Variablenwahl	42
2.2.4 Datengrundlage	43
2.2.5 Ermittlung der Elastizitäten aus der "Vorher-Nachher"-Analyse	44
2.2.6 Ermittlung von Elastizitäten aus der Zeitreihenanalyse	49
2.2.6.1 Elastizitätenrechnungen aus der statistischen Datengrundlage	49
2.2.6.2 Elastizitätenrechnungen anhand von Daten des Mikrozensus und der KEP	57
2.2.7 Gegenüberstellung von auf der Basis unterschiedlicher Datengrundlagen gerechneten Elastizitäten und endgültige Ergebnisse	61
2.3 Bewertung der Ergebnisse	65
2.3.1 Ein Vergleich der errechneten Elastizitäten mit bisherigen Untersuchungen	65
2.3.2 Praktische Anwendbarkeit von berechneten Elastizitäten und Empfehlungen	67
3. Stated-Preference-Analyse	70
3.1 Stated-Preference-Konzept	70
3.2 Beschreibung der Methodik der Stated Preferences	71
3.2.1 Antwortformen	72

3.2.2	Versuchsplan	75
3.2.3	Untersuchungsgegenstand, Zielgruppe und Rahmenbedingungen,	76
3.2.4	Befragungsformen, Befragungsverfahren und Fragebogengestaltung	77
3.2.5	Auswertung, Vorbereitung und Überprüfung der Daten	78
3.3	Interpretation der SP-Ergebnissen	80
3.3	Literaturanalyse von Anwendungsbeispiele zur SP-Methode	82
3.3.1	Halcrow Fox and Associates, Institute for Transport Studies University of Leeds and Accent Marketing & Research (1993): Road Pricing in London: Review and Specification of Model Elasticities	82
3.3.2	K.W. Axhausen / H. Köll / M. Bader (1998): An Analysis of Mode Choice Behaviour in Innsbruck	86
3.3.3	G. Abay (1999): Nachfrageabschätzung Swissmetro	94
3.3.4	Hensher (1996): A Practical Approach to Identifying the Market Potential for High Speed Rail	101
3.3.5	Abay/Meier (1990): Analyse der Nachfrage im öffentlichen Personenverkehr	106
3.4	Interpretation der SP-Ergebnissen	111
4.	Synthese	113
	Literaturverzeichnis	115
	Abkürzungsverzeichnis:	118

1. Ausgangslage und Problemstellung

(1) Das Wachstum der Verkehrsnachfrage im Motorisierten Personenverkehr (MIV und ÖV) sowie die Aufteilung dieser Nachfrage an die Verkehrsträgern wird immer stärker durch verschiedene verkehrs- und unternehmenspolitischen Massnahmen gesteuert. Um die Effekte dieser Massnahmen prognostizieren zu können, benötigt man Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen der Verkehrsnachfrage und den die Nachfrage beeinflussenden Faktoren.

(2) Die Reaktion der Verkehrsnachfrage auf Veränderungen durch einen oder mehrere nachfragebeeinflussende Faktoren ist für die Verkehrswissenschaft eine sehr wichtige Fragestellung, die heute sehr häufig mit Hilfe von Verkehrsplanungsmodellen oder Nachfrageelastizitäten beantwortet wird. Elastizitäten sind als Quotient aus den relativen Veränderungen der abhängigen Variablen (z.B. Anzahl von Fahrten) und der unabhängigen (beeinflussenden) Variablen (z.B. Fahrtkosten) zu verstehen. In Verkehrsmodellen werden die Einflussfaktoren der Verkehrsnachfrage durch generalisierte Kosten operationalisiert, was aber eine genaue Quantifizierung dieser Faktoren erfordert (z.B. Bedeutung von Wartezeit, Umsteigezeit, Umweltbewusstsein, Komfort usw.). Dabei werden aus empirischen Untersuchungen ermittelte Gesetzmässigkeiten der Zusammenhänge zwischen der Verkehrsnachfrage und nachfragebeeinflussenden Faktoren im Verkehrsmodell implementiert.

(3) Zu den Verkehrsnachfrage-Elastizitäten steht heute eine Vielzahl von Studien zur Verfügung. Diese Studien unterscheiden sich nicht nur methodisch, sondern durch unterschiedlich erhobene Datengrundlagen auch in den Ergebnissen. In jüngerer Vergangenheit werden neben Revealed Preference auch Stated-Preference-Erhebungen zur Schätzung der Nachfragereaktion durchgeführt. Jede dieser Methoden hat Vor- und Nachteile, die bei der Ermittlung und Anwendung der o.g. Gesetzmässigkeiten berücksichtigt werden müssen. Eine Kombination dieser zwei Methoden würde zu einer Verbesserung dieses Prozesses führen. In der Vergangenheit wurde vor allem die Revealed-Preference-Methode angewandt, welche eine sehr anspruchsvolle Datengrundlage des betrachteten Untersuchungsgebietes voraussetzt. Da die Übertragung von ermittelten Gesetzmässigkeiten nur unter definierten Rahmenbedingungen mit vergleichbaren angebots- und nachfrageseitigen Charakteristika möglich ist, führte die Anwendung dieser Methodik oft zu sehr problematischen oder sogar unplausiblen Ergebnissen. Dieses Problem zeigte sich vor allem bei der Verkehrsmittelwahl (Modal-Split), aber auch bei der Verkehrserzeugung und -verteilung. Diese Nachteile konnten mit der Methode der Stated-Preference-Erhebungen teilweise beseitigt werden, die mit relativ kleinem Aufwand Schätzungen von Nachfragereaktionen auf definierte Massnahmen-Alternativen für festgelegte Untersuchungsgebiete erlaubt.

(4) Mit der vorliegenden Studie soll die Kontinuität früherer Untersuchungen in der Schweiz fortgesetzt werden, wobei die Untersuchungsmethodik durch neue Methoden ergänzt wird, deren Anwendbarkeit auf schweizerische Verhältnisse zu prüfen ist und deren Anwendungsbedingungen festzulegen sind. Daraus ergibt sich ein zweistufiges Arbeitsprogramm, das in Kapitel 1.2. dargestellt wird.

(5) Verkehrselastizitäten für den Personenverkehr in der Schweiz sind im Jahre 1989/90 in einer Studie für den Dienst GVF errechnet worden. Die Berechnungen für die Jahre 1975 und 1984 basieren auf Daten der Haushaltsrechnungen des BIGA sowie des Mikrozensus über das Verkehrsverhalten (BFS - Bundesamt für Statistik und DGVF - Dienst für Gesamtverkehrsfragen). Inzwischen wurden auch einige Untersuchungen über Nachfrageelastizitäten im öffentlichen Personenverkehr (Abay & Meier, K. Neuser) erstellt. Vor dem Hintergrund der Bedeutung dieser Fragestellungen für die Strategieplanung und auf der Basis aller verfügbaren neueren Daten haben SVI und ASTRA die Prognos AG beauftragt, eine Aktualisierung der Elastizitäten für den schweizerischen Personenverkehr durchzuführen.

1.1 Ziele und Nutzen der Untersuchung

(1) Die vorliegende Untersuchung hat folgende Ziele:

- Schätzungen von Nachfrageelastizitäten im Personenverkehr in der Schweiz auf der Basis der vorhandenen empirischen Datengrundlagen sowie
- Erweiterung der vorhandenen Methodik zur Schätzung von Nachfrageelastizitäten.

(2) Im Rahmen des ersten Teils der Untersuchung sind die Sensitivitäten von Angebots- und Preisänderungen im Personenverkehr auf Basis der vorhandenen Datengrundlage und Methoden zu ermitteln. Dabei wird zwischen öffentlichem und individuellem Verkehr unterschieden. Soweit es das zur Verfügung stehende Datenmaterial zulässt, soll gezeigt werden, wie die Verkehrsnachfrage auf verschiedene Einflussfaktoren während eines definierten Zeitraumes reagiert. Es wird versucht, aus mehreren Datenquellen sowie anhand von verschiedenen Methoden Elastizitäten zu ermitteln, die zeigen sollen, wie verlässlich und stabil sie auf unterschiedliche Zeiträume, Datenquellen und berücksichtigte Variablen anwendbar sind. Neben der Grösse der Elastizität sind auch andere Fragestellungen wichtig, z.B. wie die Elastizitäten im Lauf der Zeit (kurzfristig/langfristig) variieren, inwiefern eine Abhängigkeit von der Massnahmengrösse besteht, wie bedeutend das Symmetrieproblem ist und wie verlässlich die räumliche Übertragbarkeit der Elastizitäten unter welchen Bedingungen ist.

(3) Der Nutzen der Nachfrageelastizitäten für möglichst tief untergliederte Marktsegmente und Gebietstypen liegt darin, Wirkungsabschätzungen und Verkehrsprognosen ohne aufwendige Datenerhebungen, d.h. kostengünstig, durchführen zu können. Dabei sind bestimmte Rahmenbedingungen zu definieren, unter denen die Elastizitäten zu verwenden sind, um spezifische nachfrage- und angebotsseitige Charakteristika der untersuchten Gebiete berücksichtigen zu können.

(4) Die Ergebnisse des ersten Teils des Arbeitsprogramms sollen dazu beitragen, im vorgegebenen Rahmen zur Anwendung von Elastizitäten zukünftige Nachfragerreaktionen zu

schätzen. Im zweiten Teil des Arbeitsprogrammes werden die Möglichkeiten der "Stated-Preference"-Methode für die Schätzung von Nachfragereaktionen aufgezeigt.

(3) Der Nutzen dieser Untersuchung wird sich erhöhen, wenn die hier ermittelten Elastizitäten durch zusätzliche Stated-Preference-Erhebungen und/oder Simulationsmodelle ergänzt, überprüft und kombiniert werden, um die Genauigkeit von Nachfrageschätzungen zu erhöhen. Dadurch können die projektbezogenen Elastizitäten kostengünstiger ermittelt werden, um das Risiko von Fehlinvestitionen bei verkehrspolitischen Massnahmen zu verringern bzw. auszuschalten.

(4) Die Untersuchungsergebnisse sollen eine Grundlage für verschiedene verkehrspolitische Massnahmen darstellen, für welche zumindest erste Hinweise auf Nachfragewirkungen geschätzt werden. Für die Berechnung präziser Nachfragereaktionen müssen das spezifische Verkehrsangebot, soziodemographische Charakteristika des Untersuchungsgebietes sowie die Verkehrsnachfragestruktur berücksichtigt werden. Als eine Art "Mittelwert" der Nachfrage-reaktion können die Elastizitäten für diese Aufgabestellung nicht verwendet werden.

1.2 Erläuterungen zum Arbeitsprogramm

(1) Das Arbeitsprogramm wird in zwei gleichwertige Teile unterteilt, wobei Teil 1 die Fortführung des klassischen Elastizitäten-Konzepts zum Gegenstand hat und Teil 2 die Untersuchung auf neue Konzepte erweitert. Im ersten Teil werden die Elastizitäten der Verkehrsnachfrage aus der empirischen Datengrundlage geschätzt und Empfehlungen für ihre Anwendung gegeben. Teil 2 ist hingegen mehr methoden- und erfahrungsorientiert ohne die eigentliche Durchführung von beispielhaften Erhebungen. Die nachfolgende Abbildung stellt einen Überblick über das Arbeitsprogramm dar:

Übersicht über das Arbeitsprogramm

AP 1	Klassische Elastizitäten
	<ul style="list-style-type: none"> • AS 1 Forschungs- und Literaturüberblick • AS 2 Berechnung/Schätzung von Elastizitäten für die Schweiz • AS 3 Bewertung der Ergebnisse
AP 2	Stated-Preference-Analyse
	<ul style="list-style-type: none"> • AS 4 Stated-Preference-Konzept • AS 5 Auswertung/Beurteilung ausgewählter Beispiele • AS 6 Empfehlungen

(2) Im Arbeitsprogramm AP1 wird neben den Berechnungen von Elastizitäten auch ein Überblick über vorhandene Untersuchungen zu diesem Thema gegeben. Dabei werden neben Untersuchungen in der Schweiz auch ausländische Untersuchungen berücksichtigt. Zur Berechnung von Elastizitäten werden verschiedene Datenquellen benutzt, was durch einen Vergleich der errechneten Elastizitäten die Anwendbarkeit dieser Datenquellen sowie der ermittelten Elastizitäten ermöglicht. Abschliessend wird eine Bewertung der geschätzten Elastizitäten vorgenommen, in welcher die berechneten Elastizitäten mit bisherigen Untersuchungsergebnissen verglichen und Rahmenbedingungen für ihre Anwendbarkeit definiert werden.

(3) Im Arbeitsprogramm AP2 werden die Möglichkeiten und Grenzen der Stated-Preference-Methode für die Bestimmung von Nachfrage-Elastizitäten aufgezeigt. Der Aufgabenbereich in diesem Teil beschränkt sich auf die Darstellung der Methodik des Stated-Preference-Konzeptes auch anhand von Auswertungen vorhandener Anwendungsbeispiele und Empfehlungen.

1.3 Theoretische Grundlagen zu Nachfragereaktionen und Nachfrageelastizitäten

(1) Dieses Kapitel soll eine theoretische Grundlage für die Anwendung der ermittelten Elastizitäten bilden. Ziel ist, durch die kurze Beschreibung der Komplexität der Verkehrsnachfrage die Anwendungsgrenzen von Nachfrageelastizitäten aufzuzeigen.

(2) Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage hängen eng zusammen, so dass die Verkehrsangebot eine wichtige Determinante des Verkehrsnachfrage darstellt und umgekehrt. Eine höhere Qualität des Verkehrsangebots eines Verkehrsmittels führt auch zu einer erhöhten Nachfrage nach diesem Verkehrsmittel. Die Reaktion der Verkehrsnachfrage wird durch nachfrage- und angebotsseitige Faktoren bestimmt:

- ⇒ **Nachfrageseitige Faktoren** lassen sich als Charakteristika der Verkehrsteilnehmer definieren, wie z.B. Autobesitz, Einkommen, berufliche Stellung, Reisezweck, Reisedistanz, Einstellungen (Umwelt), Gewohnheiten u.a.
- ⇒ **Angebotsseitige Faktoren:** Zeitdifferenz, Zeitverhältnis, Kostendifferenz, Kostenverhältnis, Distanz, Frequenz, Bequemlichkeit, Parkraummöglichkeit, Ortsgrösse etc.

Neben diesen Faktoren ist die Nachfragereaktion auch von anderen Einflussgrössen, wie räumliche Lage, Massnahmenintensität, Massnahmenart, bestehende Verkehrssituation (Netzbelastung), Siedlungscharakteristika (Wohngebiet, Industriegebiet, Tourismusgebiet usw.) abhängig.

(3) Durch die Veränderung der nachfragebeeinflussenden Faktoren sind neben anderen vor allem folgende Verhaltensreaktionen eines Verkehrsteilnehmers zu erwarten¹:

- ⇒ Modale Verlagerung zwischen den Verkehrsmitteln (Modal Split/Kreuz-Elastizität: Aufkommens- und Leistungselastizität);
- ⇒ Kleinräumige oder grossräumige Routenverlagerung (Routenwahl/Direkte Elastizität; Leistungselastizität);
- ⇒ Zielwahlverlagerung mit gleichem oder anderem Verkehrsmittel (Verkehrsverteilung, Modal-Split; Direkte- und Kreuzelastizität; Aufkommens- und Leistungselastizität);
- ⇒ Ersatz von Zuhausebleiben durch eine neue Fahrt (Verkehrserzeugung/Direkte Elastizität; Aufkommens- und Leistungselastizität).

¹ Vgl.: Cerwenka P., Hauger G., Neuverkehr – Realität oder Phantom?

Ein Teil dieser Effekte ist als verlagerter Verkehr und ein weiterer Teil als Neuverkehr zu bezeichnen. Bei verlagerter Verkehr handelt es sich nicht nur um Verlagerungen innerhalb des motorisierten Verkehrs (zwischen IV / ÖV), sondern auch zwischen motorisiertem und nicht motorisiertem Verkehr (wird oft als induzierter Verkehr bezeichnet).

(4) Aufgetretene Nachfragezuwächse (oder Reduktionen) eines Verkehrsmittel sind als allgemeines Verkehrswachstum, als verlagerter Verkehr oder als induzierter (Neu-) Verkehr zu bezeichnen. Diese Definition entspricht dem Fall, dass man nur motorisierten Verkehr betrachtet. Wird auch nichtmotorisierter Verkehr betrachtet, ist nach bisherigen Erkenntnissen und nach der These der "Konstanten Anzahl Wege" (Anzahl von Wegen pro Person und Zeiteinheit) das Aufkommenswachstum eines Verkehrsmittels nur als Verlagerung von anderen Verkehrsmitteln zu bezeichnen. Dies bedeutet, dass ein erhöhtes Verkehrsangebot im motorisierten Verkehr, ein steigendes verfügbares Einkommen oder ein höherer Motorisierungsgrad vor allem zu einer Verlagerung von nicht motorisiertem Verkehr an motorisierten Verkehr führt. Ob diese These richtig ist, bleibt für die Verkehrswissenschaft noch immer offen. Bei der Betrachtung der Verkehrsleistung, kommt hier neben dem Verlagerungseffekt, durch eine erhöhte Motorisierung und einem Geschwindigkeitszuwachs auch die neuinduzierte Verkehrsleistung hinzu.

(5) Die Nachfragereaktion auf Veränderungen eines oder mehrerer der o.g. Einflussfaktoren wird heute vor allem anhand von netzbezogenen Verkehrsmodellen oder Nachfrageelastizitäten ermittelt. In jüngerer Vergangenheit wurde auch das Verfahren der "Stated-Preference" für Schätzungen von Nachfragereaktionen verwendet. Bei Nachfragemodellen wird der klassische 4-Stufen-Algorithmus verfolgt [Verkehrserzeugung, -verteilung, -teilung und Routenwahl]. Hinsichtlich der Elastizitäten bedeutet dies, dass Verkehrserzeugung und Verkehrsteilung (Modal-Split) als Aufkommens- oder Leistungselastizität, Verkehrsverteilung und Routenwahl dagegen nur als Leistungselastizitäten definiert werden.

(6) Aufkommensbezogene Nachfrageelastizitäten beinhalten vor allem Veränderungen, die sich durch Verkehrserzeugung und Modal-Split errechnen lassen. In der Verkehrswissenschaft wurde bisher eine Vielzahl von Modellen zur Bestimmung der Verkehrsmittelwahl erstellt bzw. weiterentwickelt. Allen diesen Modellen ist gemeinsam, dass sie zu wenig sensitiv bzw. nicht plausibel sind, wenn es um Auswirkungen von nachfragebeeinflussenden Massnahmen geht. Dabei kann es sich sowohl um Massnahmen im MIV als auch im ÖV handeln (Infrastrukturmassnahmen, Parkraumrestriktionen, Beschleunigungsmassnahmen, Tarife, Benzinpreise etc.). Es zeigt sich immer wieder, dass in einem Untersuchungsgebiet ermittelte Gesetzmässigkeiten der Nachfragereaktion nicht auf andere Untersuchungsgebiete übertragbar sind. Dies bestätigt die These, dass die Nachfragereaktion eines Verkehrsteilnehmers abhängig ist von verschiedenen, für ihn wichtigen Nachfragedeterminanten (x_1, x_2, \dots, x_n). Dies führt dazu, dass die räumliche Übertragbarkeit von aus der empirischen Grundlage ermittelten Gesetzmässigkeiten mit vielen Unsicherheiten verbunden ist. Ausserdem ist die isolierte Quantifizierung der Bedeutung eines Einflussfaktors ohne Berücksichtigung anderer Faktoren problematisch, z.B. ist die Höhe der Preiselastizität im ÖV auch an die Qualität des ÖV-Angebots geknüpft. Diese Probleme gelten sowohl für Elastizitäten als auch für andere in Verkehrsmodellen verwendete Modal-Split Ansätze. Hier zeigen sich deutlich die Vorteile der

Stated-Preference-Methode, durch welche anhand einer wesentlich kleineren Stichprobe verlässliche Ergebnisse über Nachfragereaktionen im jeweils analysierten Untersuchungsgebiet möglich sind.

2. Klassische Elastizitäten

2.1 Aktueller Überblick über Forschung und Literatur im Bereich der Nachfrageelastizitäten des Personenverkehrs (Auswertung ausgewählter Literaturquellen aus verschiedenen europäischen Ländern)

(1) Arbeitsgemeinschaft Basys/Brains (1990):

Elastizitäten des Personenverkehrs der Schweiz , Augsburg / Zürich

(1.1) Die Aufgabenstellung dieser Studie bestand darin, Nachfragereaktion der privaten Haushalte im Personenverkehr auf Preis-, Einkommens-, und Geschwindigkeitsänderungen abzuschätzen. Die Untersuchung wurde in zwei Hauptteilen durchgeführt:

- ⇒ Prüfung der grundsätzlichen Machbarkeit aufgrund der schweizerischen Datenlage
- ⇒ Elastizitätsberechnungen

Die Bestimmung der Verhaltensreaktion erfolgte mit einem sogenannten disaggregierten Modellansatz, d.h. die Schätzungen wurden getrennt für homogene Gruppen von Haushalten durchgeführt. Mit der Methode der Datenverknüpfung wurden die Datensätze in einer integrierten Personenverkehrsdatei zusammengeführt. Die geschätzten Elastizitäten wurden anhand ihrer Fristigkeit definiert und gelten für die kurz- und mittelfristigen Nachfragereaktionen im Berufspendlerverkehr. Die langfristigen Reaktionen wie zum Beispiel Wohn- und Arbeitsplatzstandortentscheide werden nicht erklärt. Kurzfristige Nachfragereaktionen sind zum Beispiel die Entscheide über Wege und Verkehrsmittelnutzung, mittelfristige die Entscheide über Pw-Ausstattung und ÖV-Jahresabo. Das Modell wurde so entwickelt, dass in einem ersten Schritt die Pw-Ausstattung erklärt wird. Im nächsten Schritt wird die Wahrscheinlichkeit bestimmt, mit der ein Haushalt (mit oder ohne Pw) den ÖV benutzt. Ermittelt wurde bei den Haushalten mit Pw auch die Elastizität der Treibstoffnachfrage.

(1.2) Die empirische Datenbasis stammt aus den Jahren zwischen 1975 und 1985 und umfasst:

- Die Eidgenössischen Volkszählungen und die Haushaltsrechnungen des Bundesamtes für Statistik;
- die Erhebungen über das Verkehrsverhalten 1974, 1979 (Stab GVF/SCOPE), 1984 (BFS/ Stab GVF; im Rahmen des Mikrozensus);
- die Kontinuierliche Erhebung des Personenverkehrs der SBB ab 1979;
- Erhebungen über die Preisentwicklung im ÖV in wichtigen Städten und Regionen.

(1.3) Die Untersuchung basiert auf Daten, die über das effektive Verhalten der Haushalte - und nicht über hypothetisches Verhalten - Auskunft geben. Sie folgt somit einem Revealed Preference (RP)-Ansatz. Auf Basis von 13 abgebildeten homogenen Gruppen von Haushalten erfolgte eine Hochrechnung auf die ganze Schweiz. Für die Schätzungen der Nachfrage-reaktion wurden LOGIT-, PROBIT- und Regressionsverfahren verwendet. Auf Basis von 6 Nachfragefunktionen (Pw-Ausstattung und Treibstoffnachfrage, ÖV-Nutzung und ÖV-Ausgaben für Haushalte ohne und mit Pw) erfolgte eine disaggregierte Schätzung für 13 homogene Gruppen von Haushalten und in Form von Längsschnittdaten. Daraus resultieren insgesamt 6 x 13 Schätzungen. Die Elastizitäten wurden anhand von Simulationen mit diesen Schätzgleichungen bestimmt und sind in nachstehender Tabelle wiedergegeben.

Tabelle 1: Verkehrselastizitäten im Personenverkehr der Schweiz; Ergebnisse der Studie der Arge Basys-Brains

Elastizitäten				
Haushalte insgesamt	des Autobestandes	der Nachfrage nach Benzin	der ÖV-Nachfrage (Leistungen) in Haushalten	
			mit Auto	ohne Auto
Einkommen	0,5 - 0,6	0,3 - 0,4	0,7 - 0,9	0,2 - 0,4
Benzinpreis	-0,6 - -0,7	-0,5 - -0,7	0,1 - 0,2	0
Preise im ÖV	0	0,0 - 0,1	-0,6 - -0,8	-0,7 - -0,9
Geschwindigkeit im IV	2,4 - 2,6	0,6 - 0,8	-1,8 - -2,2	0
Geschwindigkeit im ÖV	0	*	1,8 - 2,2	2,6 - 3,0

(*) wurde wegen Kollinearitätsproblemen nicht getestet

(1.4) Gemäss den Ergebnissen ist die wichtigste Einflussgrösse auf Verkehrsmenge und Modal Split die Reisegeschwindigkeit. Erhöhte sich die im IV erreichbare Geschwindigkeit um 10%, so nahm langfristig der Pw-Bestand um rund 25% und die Benzinnachfrage (als Indikator der IV-Nachfrage) um rund 7% zu, die ÖV-Nachfrage dagegen um rund 20% ab. Eine Geschwindigkeitserhöhung im ÖV um 10% führte langfristig zu einer ÖV-Nachfragesteigerung um rund 20% in Haushalten mit und rund 30% in Haushalten ohne Pw. Bei der Interpretation muss allerdings beachtet werden, dass sich im Zeitraum 1975 - 84 die Siedlungsstrukturen (bzw. Infrastrukturen) in Richtung wachsender Distanzen verändert haben, was die realisierbaren Geschwindigkeiten erhöht hat. Wichtige Ergebnisse sind auch die geringe Kreuzpreiselastizität ÖV/IV (d.h. die ÖV-Preise haben nur einen geringen Einfluss auf die Benzinnachfrage) und die Tatsache, dass die starke Zunahme der Motorisierung vor allem mit der Einkommensentwicklung zusammenhängt.

(2) Abay + Meier (1990):

Analyse der Nachfrage im Öffentlichen Personenverkehr, Zürich

(2.1) Hauptziel dieser Untersuchung war, Nachfragereaktionen im Öffentlichen Personennahverkehr auf Variationen des Tarif- und Leistungsangebotes mit Hilfe der Conjoint-Analyse (Stated Preference) zu ermitteln. Als zweites Ziel sollten die regionalen Unterschiede in den Nachfragereaktionen aufgezeigt werden.

(2.2) Für die Untersuchung wurden zwei Eisenbahnstrecken ausgewählt: die Forchbahn (Zürich) und die Chemin de fer Lausanne - Echallens - Bercher (LEB). Die Analyse basiert auf Pendlerbefragungen im Einzugsgebiet dieser zwei Bahnen. Berücksichtigt wurden die Bahnbenutzer, Autofahrer und Mofafahrer (Forchbahn: 564 Befragte, LEB: 294 Befragte), sowie ÖV- und MIV-Verkehrsangebot. Erhoben wurden folgende Eigenschaften: Für die Bahn Frequenz, Fahrzeit, Fahrkomfort, Tarif; für das Auto: Benzinpreis, Parkgebühren, Autofahrzeit zum Parkplatz, Besetzungsgrad, Zeit vom Parkplatz zum Ziel.

(2.3) Die Nachfragereaktionen wurden mit Hilfe der Conjoint-Analyse ermittelt. Die Conjoint-Analyse basiert auf einer Befragung von Versuchspersonen, welchen alternative Eigenschaftsprofile eines bestimmten Produktes vorgelegt werden, die in eine Präferenzrangreihe gebracht werden müssen. Sie unterscheidet sich von anderen Ansätzen durch ihre explizite Berücksichtigung der Mehrdimensionalität von Entscheidungsproblemen, da keine isolierten Eigenschaften, sondern ganze Eigenschaftsbündel beurteilt werden sollen. Für jedes Individuum wird eine Präferenzfunktion errechnet unter Verwendung der gleichen mathematischen Funktion, aber unterschiedlicher Parameterwerte.

(2.4) Die Nachfrageelastizitäten wurden auf zwei unterschiedliche Arten abgeleitet:

- Punktelastizitäten im engeren Bereich,
- Elastizitäten aus einfachen Regressionsbeziehungen.

Bei den Punktelastizitäten wurde die relative Änderung der Anzahl Bahnbenutzer ermittelt, die aus einer 10-20%igen Änderung einer bestimmten Bahneigenschaft resultiert. Die so erhaltene Elastizität ist nur für diesen engeren Bereich gültig. Bei den Elastizitäten aus einfachen Regressionen (Modellschätzung linear und logarithmisch) wurde aufgrund einer feinstufigen Variation der betreffenden Einflussgrösse eine Funktion geschätzt.

(2.5) Die Gültigkeit/Übertragbarkeit ist in zeitlicher, räumlicher und sachlicher Hinsicht eingegrenzt: Es handelt sich um eine einmalige Befragung (1990); untersucht wurden zwei Vorortsbahnlinien (Forchbahn, Region Zürich; Lausanne-Echallens-Bercher-Bahn, LEB, Region Lausanne) und hier jeweils der Pendlerverkehr auf Schiene und Strasse (Bahnbenutzer, Mofafahrer, Autobenutzer). Die Elastizitäten lassen sich deshalb nicht auf andere Fahrtzwecke übertragen. Bezüglich der Fristigkeit ist davon auszugehen, dass vorwiegend kurzfristige Anpassungsreaktionen in Erwägung gezogen wurden, d.h. dass zum Beispiel Entscheide über

Pw-Besitz oder Wohnstandort bei der Erstellung der Rangreihe keine Rolle gespielt haben. Die Elastizitäten wurden aus einer hypothetischen Befragungssituation abgeleitet.

Die Ergebnisse sind in den beiden folgenden Tabellen zusammengefasst.

Tabelle 2: (Bahnnachfragebezogene) Elastizitäten der Forchbahn

	Punktlastizitäten	Elastizitäten aus Regressionen
Bahn-Tarife	-0,36	-0,34
Bahn-Fahrzeit	-0,70	-0,52
Bahn-Frequenz	-0,47	-
Besetzungsgrad	-0,60	-
Benzinpreis	0,47	0,62
Auto-Fahrzeit	0,64	0,51
Parkgebühren	0,34	-

Tabelle 3: (Bahnnachfragebezogene) Elastizitäten der LEB

	Punktlastizitäten	Elastizitäten aus Regressionen
Bahn-Tarife	-0,74	-0,72
Bahn-Fahrzeit	-0,31	-0,28
Bahn-Frequenz	-0,20	-
Besetzungsgrad	-0,16	-
Benzinpreis	0,55	0,47
Auto-Fahrzeit	0,31	0,27
Parkgebühren	0,40	-

Die deutlichen Unterschiede der Ergebnisse bei den beiden Bahnen² zeigen, dass es nicht zulässig ist, empirisch ermittelte Massnahmenwirkungen einfach auf andere Regionen zu übertragen. So scheinen die Pendler in der Agglomeration Zürich eher zeit-, diejenigen in der Agglomeration Lausanne dagegen eher preissensibel zu sein. Eine naheliegende Erklärung wären die unterschiedliche wirtschaftliche Leistungsfähigkeit bzw. die Einkommensunterschiede zwischen beiden Regionen.

² Beiden Linien ist gemeinsam, dass sie einen radial auf ein Zentrum (Zürich bzw. Lausanne) gerichteten Agglomerationsverkehr bedienen, in multimodale ÖV-Netze eingebunden sind und zum Untersuchungszeitpunkt ihren Ausgangspunkt im Zentrum nicht am Hauptbahnhof, sondern an einem zentral gelegenen innerstädtischen Knotenpunkt hatten (Zürich-Stadelhofen bzw. Lausanne-Chaudéron).

(3) Frank, Willy (1988):

Auswirkungen von Fahrpreisänderungen im ÖPNV

(3.1) Das Ziel der Untersuchung bestand darin, die Auswirkungen von Fahrpreisänderungen auf die Nachfrage im ÖPNV in ausgewählten deutschen Städten zu quantifizieren. Im Vordergrund stand deshalb die Ermittlung von Preiselastizitäten der Nachfrage bei gleichzeitiger Berücksichtigung weiterer wesentlicher Nachfragedeterminanten. Ausserdem sollte überprüft werden, ob in der Vergangenheit erzielte Ergebnisse weiterhin gültig bleiben oder revidiert werden müssen.

(3.2) Auf Grundlage sachbezogener Überlegungen (Vorklassifikation) und mit Hilfe einer Clusteranalyse wurden die Untersuchungsobjekte (ÖPNV-Betriebe) anhand ausgewählter Struktur- bzw. Klassifikationsmerkmale unterschieden. Die Regressionsanalysen zur Ermittlung der Preis- und anderer Elastizitäten der Nachfrage im ÖPNV wurden für ÖPNV-Betriebe durchgeführt, die in der Clusteranalyse ausgewählt worden waren und für die die betriebsstatistische Datenbasis qualitativ und quantitativ ausreichend war. Ausserdem wurde durch eine Querschnittsanalyse der Stellenwert verschiedener Nachfragedeterminanten bestimmt. Daneben wurden die Auswirkungen von Tarifsenkungen im Rahmen einer Vorher-Nacher Analyse ermittelt. Die Regressionsanalysen wurden auf hohem Aggregationsniveau durchgeführt, was zum einen gewollt, zum anderen aber auch auf die Datengrundlage zurückzuführen war.

(3.3) Als Datengrundlagen dienten Statistiken einzelner Verkehrsbetriebe und des Verbandes Öffentlicher Verkehrsbetriebe (heute: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, VDV), sowie die Amtliche Statistik. Es wurden folgende unabhängige Variablen berücksichtigt:

- nominales (T_N) oder reales Tarifniveau (T_R);
- Kraftstoffpreisniveauindex (K);
- Pw- und Krad-Dichte (P);
- Linienlänge, Platzkilometer, Wagenkilometer;
- Wohnbevölkerungsanteil der 10-18jährigen (A_1), der über 60jährigen (A_2), der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (A_3), der Ausländer (A_4).

(3.4) Ziel zusätzlich durchgeführter Haushaltsbefragungen zum individuellen Verkehrsmittelwahlverhalten in Wiesbaden war es, Aufschlüsse über die Bedeutung von Faktoren zu erhalten, die in den Regressionsanalysen durch Zeitreihen- und Querschnittanalysen nicht berücksichtigt werden konnten, aber das individuelle Verhalten beeinflussen (v.a. soziodemographische Merkmale).

Die im Rahmen der Zeitreihenanalysen erzielten Schätzergebnisse sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 4: Schätzungen der Elastizitäten der ÖPNV-Nachfrage in einzelnen ÖPNV-Räumen in bezug auf ausgewählte erklärende Variablen (Aufkommenselastizitäten)

Cluster	ÖPNV-Räume	T _N	T _R	K	P	A ₁	A ₃	A ₄
1	Freiburg	-0,30						
	Wiesbaden	-0,23	-0,72 -0,31		0,69 0,62	0,58 0,69		
2	Lübeck			0,26 0,26	-0,34 -0,34		1,65	
	Aachen	-0,31	-0,65			0,46 0,62		
4	Bremen	-0,12	-0,09		0,27	0,73 0,74		
5	Pforzheim	-0,12		0,28 0,25	-0,18 -0,23	0,26 0,31		
	Osnabrück		-0,14		0,16 0,16	0,75 0,75	1,42 1,42	
6	Karlsruhe				-0,27 -0,27	0,31 0,31		0,32 0,32
	Mannheim			0,24 0,24	-0,39 -0,39	0,58 0,58		
7	Bad Kreuznach				-0,97 -0,97	1,05 1,05		
10	Worms					1,22 1,22		
11	Ludwigshafen					1,10 1,10		
Städte mit S- und U-Bahnen	München				1,00 1,00			
	Hamburg	-0,11	-0,25		-0,29 -0,27			0,40 0,33

Anmerkung: Es wurden alternativ Schätzungen auf der Grundlage nominaler und realer Tarifänderungen durchgeführt. Die Ergebnisse in der jeweils ersten Zeile beruhen auf Schätzungen mit TN (Nominaltarif) als unabhängiger Variable, die Ergebnisse in der jeweils zweiten Zeile auf Schätzungen mit Tr (Realtarif) als erklärender Variable.

(3.5) In Querschnittsanalysen wurde gezeigt, dass sich die unterschiedlichen Nachfrageniveaus in den betrachteten Städten signifikant durch die Variablen "sozialversicherungspflichtig Beschäftigte" (standardisierter Regressionskoeffizient von 0,36), "Verhältnis der Bruttowertschöpfung im produzierenden Bereich zur Bruttowertschöpfung insgesamt" (-0,38) und "Platzkilometer je Kopf der Wohnbevölkerung" (0,77) erklären lassen.

(3.6) Die Nachfrage im ÖPNV reagierte auf "moderate" Tarifierhöhungen deutlich preiselastisch, in einigen Städten konnte überhaupt kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden. Es herrschte weitgehende Symmetrie der Preiseffekte. Die Kreuzpreiselastizität der Nachfrage im ÖPNV war sehr niedrig bzw. nicht signifikant: Moderate Kraftstoffpreiserhöhungen bewirkten - wenn überhaupt - nur geringfügige Änderungen des Modal-Split zugunsten des ÖPNV. Die geschätzten Elastizitäten sind mit Vorsicht zu interpretieren: Die angegebenen Preiselastizitäten sind grundsätzlich nur bei den diesen Analyseergebnissen zugrundelie-

genden "moderaten" Tarifierhöhungen zu erwarten. Sie können eigentlich nicht auf den Fall "drastischer" Tarifierhöhungen oder -senkungen übertragen werden.

(4) Cerwenka, Peter und Hauger, Georg(1996):

Neuverkehr - Realität oder Phantom? Zeitschrift für Verkehrswissenschaft (67), Heft 4, S. 286-326 (ECMT-Bericht).

(4.1) Die Autoren dieser Studie haben mit Unterstützung der European Conference of Ministers of Transport (ECMT) die Bedeutung bzw. Menge des (infrastrukturbedingten bzw. durch attraktivere Angebote bedingten) Neuverkehrs untersucht³. Als "Neuverkehr" wurde derjenige Verkehr (Verkehrsaufkommen bzw. Verkehrsleistung) definiert, der

- a) durch Attraktivierung des Verkehrsangebotes zusätzlich ermöglicht und
- b) infolge davon von Verkehrsteilnehmern verursacht wird, die dieses Potential ganz oder teilweise realisieren.

(4.2) Als Neuverkehr hat folglich derjenige Verkehr zu gelten, der ohne eine Attraktivierung des Verkehrsangebotes nicht zustandekäme. Der Beitrag zeigt im theoretischen Teil zunächst die Problematik des Konzeptes "Korridor" für die Ermittlung von Neuverkehr auf: Abhängig von der Abgrenzung des betrachteten "Korridors" (Systemabgrenzung) erscheint teilweise auch von anderen Routen verlagerter Verkehr als "Neuverkehr". Um gemäss der gewählten Definition lediglich die Generierung zusätzlicher Fahrten bzw. die Verlängerung von Fahrten (also Einflüsse auf das Verkehrsaufkommen bzw. die Verkehrsleistung, nicht aber Änderungen der Routen- oder Modalwahl) als echten Neuverkehr zu ermitteln, wird für eine Netz- anstelle der Korridorbetrachtung plädiert.

(4.3) Bevor Cerwenka und Hauger ein konkretes Fallbeispiel untersuchen, setzen sie sich mit dem Elastizitätenkonzept als solchem auseinander, das zwar gewisse Vorteile (z.B. Anschaulichkeit) hat, aber gerade beim Thema Neuverkehr auch zu falschen Schlüssen verleiten kann. Da die mathematische Form von Verkehrsnachfragefunktionen i.d.R. nicht bekannt ist, kann die Angabe einer festen dimensionslosen Zahl bzw. eines Intervalls als "Elastizität" irreführend sein. Ein zentrales Problem besteht in der Tatsache, dass stets mehrere Einflussgrößen zugleich auf die Verkehrsnachfrage einwirken, dass also strenggenommen z.B. eine Preiselastizität der Nachfrage nur bei Konstanzhaltung aller übrigen unabhängigen Variablen (also z.B. Reisezeiten und Einkommen), also unter Ceteris-paribus-Bedingungen, Gültigkeit hat. Gerade bei einer längerfristigen Betrachtung, die von einer kurz- oder mittelfristigen unterschieden werden muss, sind solche Bedingungen jedoch nicht herstellbar.

³ Von der Menge des Neuverkehrs ist seine Bewertung zu trennen, mit der sich Cerwenka in einem späteren Beitrag auseinandersetzt: Cerwenka, P. (1997): Die Berücksichtigung von Neuverkehr bei der Bewertung von Verkehrsweginvestitionen. Zeitschrift für Verkehrswissenschaft (68), Heft 4, S. 221-248.

(4.4) Im empirischen Teil wurde das Elastizitätenkonzept anhand eines Fallbeispiels bearbeitet, das aufgrund seiner guten räumlichen Abgrenzbarkeit und einer einschneidenden, zu einem singulären Zeitpunkt einsetzenden Attraktivierung des Verkehrsangebots ausgewählt wurde: Betrachtet wurde der Personenverkehr mit dem Pw im Bereich des 1978 eröffneten österreichischen Arlberg-Strassentunnels zwischen Vorarlberg und Tirol. Ermittelt wurden die direkten und Kreuzelastizitäten der Personenverkehrsnachfrage des Pw-Verkehrs in Bezug auf das Einkommen, die Pw- und die Bahntransportkosten. Es handelt sich um eine Längsschnittanalyse, in der durch Ermittlung von Elastizitäten Nachfrageauswirkungen verschiedener Einflussfaktoren (Preis /Out-of-pocket-Kosten, Bruttoinlandsprodukt und Zeit) quantifiziert wurden. Durch Trennung von sonstigen Nachfragezuwächsen konnte der durch Strassenbaumassnahmen bedingte Neuverkehr ermittelt werden.

(4.5) Mit der Längsschnittanalyse wurde versucht, die Effekte der Einkommens- und Transportkostenentwicklung vom vermuteten, durch Geschwindigkeitserhöhung bedingten Neuverkehrseffekt zu trennen. Auf Grundlage der empirischen Datenbasis von 1970 (vor Inbetriebnahme des Tunnels) bis 1994 (danach) wurden durch lineare Regressionsrechnung Einkommens- und Preiselastizitäten abgeschätzt. Als Datengrundlagen dienten automatische Strassenverkehrszählungen in Oesterreich aus beiden Jahren und "Verkehrsspinnen"⁴ aus zwei verschiedenen Strassenverkehrserhebungen (1979/1980 und 1990/1991). Die Zeit unmittelbar nach der Tunnel-Inbetriebnahme wurde ausgeklammert, um vom durch Neugier bedingten "Attraktionsverkehr" abzusehen. Folgende Determinanten fanden Eingang in das Elastizitäten-Längsschnittmodell:

- Einkommen der privaten Haushalte (Oesterreichisches Statistisches Zentralamt);
- vom Autofahrer wahrgenommene Fahrtkosten (Kraftstoffkosten + Mautkosten);
- Bahntransportkosten.

Das lineare Regressionsmodell lieferte die folgenden direkten und Kreuzelastizitäten:

Tabelle 5: Direkte und Kreuzelastizitäten (Verkehrsleistungsbezogen)

Direkte Elastizitäten		Kreuzelastizitäten	
Einkommen	Pw-Fahrtkosten	Bahntransportkosten ⁵ (W = 150 km)	Bahntransportkosten ⁶ (W = 300 km)
1,5 bis 2,2	-0,366 bis -0,542	0,592	0,616 bis 0,629

4 Unter "Verkehrsspinne" ist hier die grafische Darstellung der Intensitäten von Quelle-Ziel-Routen aller Kraftfahrzeuge zu verstehen, die einen bestimmten Querschnitt während einer bestimmten Zeit passieren.

5 Da keine Informationen über die durchschnittliche Reiseweite (W) der Bahnreisenden am Querschnitt des Arlbergtunnels erhältlich waren, wurden zwei unterschiedliche Werte von 150 bzw. 300 km unterstellt.

6 Da keine Informationen über die durchschnittliche Reiseweite (W) der Bahnreisenden am Querschnitt des Arlbergtunnels erhältlich waren, wurden zwei unterschiedliche Werte von 150 bzw. 300 km unterstellt.

Durch Trennung von Einkommens- und Preiseinflüssen (out-of-pocket-Kosten und Bahntarif) auf den Nachfragezuwachs wurde aus der "verbleibenden" Verkehrszunahme eine Zeitelastizität der Verkehrsleistung von $-0,829$ und des Verkehrsaufkommens von $-0,588$ berechnet. Durch die Grösse der Spannweite der berechneten Elastizitäten, sowie vielen Annahmen, Datenlücken und einem insgesamt schwankenden empirischen Fundament, zeigen die Autoren, dass die ermittelten Elastizitäten mit Vorsicht zu interpretieren sind, und dadurch auch der berechnete Neuverkehr.

(5) Teichmann, Ulrich (1983):

Die Nachfrageelastizitäten im innerstädtischen Individualverkehr; Zeitschrift für Verkehrswissenschaft

(5.1) Hintergrund der Untersuchung war die Tatsache, dass die Preiskomponente in der Benzinnachfrage im Zeitraum zwischen der Ölkrise 1973 und den frühen 80er Jahren eine immer grössere Bedeutung erlangt hat. Es sollte die Frage beantwortet werden, ob der Benzinpreis als Steuerungsparameter verwendet werden kann, um gesamtwirtschaftlich eine Drosselung des Benzinverbrauchs zu erreichen. Hierzu wurden Nachfrageelastizitäten im Individualverkehr anhand einer Regressionsanalyse ermittelt.

(5.2) Die Preis- und Einkommenselastizitäten der Nachfrage nach Treibstoffen wurden mit Hilfe der Regressionsanalyse ermittelt. Untersucht wurden Gemeinden in Nordrhein-Westfalen, die sich nach der zuvor durchgeführten Klassifikation in strukturell möglichst weitgehend unterscheidbaren Clustern befanden. Grundgesamtheit waren die Städte mit eigenem ÖPNV-Betrieb. Aus der Clusterung sollte abgeleitet werden, ob die Nachfrageelastizität im Individualverkehr eine "globale Grösse" darstellt oder ob die unterschiedliche Struktur der untersuchten Städte eine Erklärung für mögliche Differenzen zwischen den Elastizitätswerten geben kann. Für jeweils eine Stadt aus den Clustern 1 bis 4 wurden Preis- und Einkommenselastizitäten im innerstädtischen Individualverkehr berechnet.

(5.3) In das Modell fanden folgende Datengrundlagen Eingang:

- Treibstoffnachfrage: monatlicher Inlandsabsatz von Motorenbenzin 1973 bis 1981; mit regionaler Disaggregation des gesamten inländischen Absatzes von Vergaserkraftstoff;
- Treibstoffpreise;
- BIP zu Marktpreisen je Einwohner (Quelle: Statistisches Landesamt NRW)⁷.

⁷ Für die regressionsanalytische Berechnung der Preis- und Einkommenselastizitäten erfolgte die Umrechnung in monatliche Steigerungsraten bei Unterstellung einer gleichmässigen Entwicklung des BIP über das Jahr

Tabelle 6: Elastizitäten der Treibstoffnachfrage des innerstädtischen MIV

	Elastizitäten	Bonn	Krefeld	Siegen	Viersen
nominal	Preiselastizität	-0.44	-0.93	-0.29	-0.87
	Einkommenselastizität	0.93	1.67	1.03	0.77
real	Preiselastizität	-0.39	-0.62	-0.59	-0.89
	Einkommenselastizität	1.84	2,28	1.92	1.36

(5.4) Der Autor leitet aus seinen Ergebnissen folgende Schlussfolgerungen und generelle Anmerkungen zum Aussagegehalt empirisch gewonnener Elastizitätskoeffizienten ab:

- Eine isolierte Betrachtung der Preiselastizitäten ist wenig aussagekräftig, sie muss immer im Zusammenhang mit der Einkommenselastizität betrachtet werden.
- Die Nachfrage wird von Veränderungen der disponiblen Einkommen deutlich stärker beeinflusst als von Preisveränderungen; d.h. die Einkommenselastizität liegt absolut betrachtet deutlich über der Preiselastizität
- Die regressionsanalytisch bestimmten Kreuz-Preiselastizitäten haben gezeigt, dass eine Umschichtung der Verkehrsanteile von MIV und ÖPNV nur in sehr begrenztem Ausmass möglich ist.
- Fortschreibungen von Regressionsschätzungen setzen voraus, dass die am Wirtschaftsprozess beteiligten Subjekte ihre in der Vergangenheit gezeigten Verhaltensweisen auch in der Zukunft nicht verändern, was bei zunehmender Entfernung vom Analysezeitraum immer problematischer wird.
- Eine Einschränkung der Gültigkeit ergibt sich aus der Tatsache, dass die bekannte Asymmetrie von Nachfrageänderungen keinen Eingang in die Elastizitätskoeffizienten fand: Tatsächlich ist es so, dass eine Preiserhöhung um den Betrag X die Nachfrage nicht mit derselben Intensität senkt wie sie eine Preissenkung um denselben Betrag steigert.

(5.5) Neben den Nachfrageelastizitäten des MIV wurden in einem separaten Kapitel auch Nachfrageelastizitäten des ÖPNV in Bezug auf Veränderungen der Treibstoffpreise im MIV untersucht. Dabei wurde allerdings ähnlich wie in anderen deutschen Untersuchungen aus demselben Zeitraum auf die Untersuchung anderer Fahrtzwecke als des Berufsverkehrs verzichtet, da der Autor annahm, Fahrten im Freizeit- und Einkaufsverkehr seien kaum modal verlagerbar. Diese Einschränkung hat zur Folge, dass die ermittelten Kreuzpreis-Elastizitäten (in Bonn lagen sie z.B. zwischen 0,4 und 0,5) nur sehr bedingt auf die heutigen Verhältnisse in der Schweiz übertragbar sind, wo der Gelegenheitsverkehr für IV und ÖV eine wichtige Rolle spielt. Der Untersuchungszeitpunkt (1983) liegt vor dem Beginn der Marketing-Offensive im ÖPNV und grösser angelegter Bemühungen einer Beeinflussung des Modal Split auf kommunaler Ebene. Daher ist die Untersuchung von empirisch nicht abgesicherten Voran-

nahmen z.B. über den ÖPNV geprägt, die heute nicht mehr ohne weiteres als gültig betrachtet werden können.

Verständlich ist Teichmanns Ergebnis, dass in einer ländlichen Region mit sehr unattraktivem ÖV die Preiskomponente durch siedlungs- und angebotsstrukturelle Einflüsse überlagert war: Die Berechnung von Kreuzpreis-Elastizitäten erwies sich dort nicht als sinnvoll.

(6) Goodwin, P.B. (1992): A Review of New Demand Elasticities with Special Reference to Short and Long Run Effects of Price Changes; Journal of Transport Economics and Policy

(6.1) Goodwin hat in seiner Metaanalyse vorhandene Studien über Nachfrageelastizitäten in Grossbritannien verglichen und mittlere Elastizitäten berechnet. Die in den verschiedenen Quellen ermittelten Elastizitäten wurden mit einem heterogenen Methodenarsenal ermittelt (Komperativ-Statistische-Vergleiche (Vorher-Nachher-Berechnungen), Querschnittsanalysen, Zeitreihenanalysen usw.).

(6.2) Es wurden längs- und querschnittlich ermittelte Daten einbezogen. Die Daten der Zeitreihen (Längsschnittuntersuchungen) stammen aus jährlichen, vierteljährlichen oder monatlichen Datenquellen über eine Zeit von 5 bis 15 Jahren; bei den Querschnittsuntersuchungen wurden sozusagen "Momentaufnahmen" vorgenommen, d.h. die Datenerhebungen waren über ein bis sechs Monate verteilt oder stammen aus jährlichen Verbrauchsermittlungen aus Grossbritannien. Es wurden folgende mittlere Elastizitäten berechnet:

Elastizitäten des Benzinverbrauchs in bezug auf den Benzinpreis:

Die durchschnittliche Benzinpreiselastizität aus 120 Schätzungen beträgt -0,48.

	kurzfristig	langfristig
Zeitreihen	-0,27	-0,71
Querschnitte	-0,28	-0,84

Elastizitäten der Pw-Nachfrage in bezug auf den Benzinpreis:

In diesem Bereich waren nicht genügend Ergebnisse vorhanden, um nachweisen zu können, dass die Verkehrsnachfrage sich bei Kurzfristuntersuchungen umgekehrt proportional zum Benzinverbrauch entwickelt. Langfristig gibt es Anpassungsreaktionen der Verbraucher an neue Gegebenheiten. Es werden Fahrzeuge mit geringerem bzw. höherem Verbrauch gekauft. Langfrist-Elastizitäten sind in ihrer Grössenordnung etwa doppelt so hoch wie Kurzfrist-

Elastizitäten⁸. Beide Elastizitäten sind niedrig im Vergleich zu den Auswirkungen auf den Benzinverbrauch.

Studien bezogen auf den Autobestand selbst (car stock) ergaben Elastizitäten zwischen -0,01 und -0,41 (Mittelwert -0,2);

	kurzfristig	langfristig
Zeitreihen	-0,16	-0,33
Querschnitte	-	-0,29

Elastizitäten des Benzinverbrauchs und der Pw-Nachfrage in bezug auf den Benzinpreis:

Bei einer anhaltenden 10%igen Benzinpreiserhöhung ergab sich

- **kurzfristig:** ein Rückgang des Verkehrs um ca. 1,5% und des Benzinverbrauchs um ca. 3%;
- **langfristig:** ein Rückgang des Verkehrs von 3-5% und des Benzinverbrauchs von mindestens 7%.

Kosten des öffentlichen Verkehrs: Direkte Preiselastizität

Tabelle 7: Busfahrpreiselastizitäten in Abhängigkeit von der Zeitperiode

Quelle	Zeitperiode	Direkte durchschnittliche Elastizität	Anzahl Studien
Vorher-nachher	ca. 6 Monate	-0,21	3
explizit kurz	0-6 Monate	-0,28	8
"unlagged" Zeitreihen	0-12 Monate	-0,37	24
explizit lang	4+ Jahre	-0,55	8
Gleichgewichtsmodelle	5-30 Jahre	-0,65	7

Bus: Als durchschnittliche direkte Preiselastizität in 50 Erhebungen wurde ermittelt: -0,41.

Bahn: Als durchschnittliche direkte Preiselastizität in 92 Erhebungen wurde ermittelt: -0,79. Hier waren explizit Lang- und Kurzfristschätzungen vorhanden. Bei Kurzfristschätzungen ergab sich ein Durchschnittswert von -0,69 (zwischen -0,4 und -0,76), die durchschnittlichen Langfrist-Elastizitäten beliefen sich auf -1,08 (zwischen 0,61 und -1,38).

⁸ Dies legt nahe, dass auch kurzfristig andere Verhaltensanpassungen mit Einfluss auf den Benzinverbrauch bestehen als Verkehrsvermeidung oder -verlagerung, z.B. geänderte Fahrstile oder Geschwindigkeiten.

Die durchschnittliche **Kreuzelastizität** von fünf Resultaten aus drei Studien der **Nachfrage nach öffentlichem Verkehr** in Abhängigkeit von den **Benzinpreisen** betrug 0,34 (zwischen 0,08 und 0,8). 11 Studien belegten einen signifikanten Einfluss der ÖV-Angebotsqualität oder des ÖV-Preises auf den Autobesitz. Als Elastizität des Autobesitzes bezüglich der ÖV-Angebotsqualität wurde ein Wert von ca. -0,1 ermittelt.

Die Elastizität des Autobesitzes unter Berücksichtigung der generalisierten Kosten im öffentlichen Verkehr belief sich auf Werte zwischen 0,1 und 0,3. Es fehlen genauere Angaben darüber, was unter "ÖV-Angebot" und "Generalisierte" Kosten alles berücksichtigt wurde. Dennoch deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass Änderungen der Modalwahl wahrscheinlicher sind als häufig angenommen wird.

(6.3) Aus dem Ergebnis, dass Langfrist-Elastizitäten höher sind als kurzfristige, können drei Schlussfolgerungen gezogen werden:

1. Verhaltensänderungen aufgrund von Preisveränderungen finden über lange Zeit statt.
2. Die Vielfalt der Verbraucherreaktionen ist bei Langfristanalysen grösser als bei Kurzfristanalysen. Langfrist-Elastizitäten können relativ hoch sein.
3. Möglichkeiten einer verkehrspolitischen Einflussnahme auf das Verkehrsgeschehen können folglich ebenfalls als bedeutsam eingeschätzt werden, v.a. langfristig gesehen. Die Ergebnisse bekräftigen die Aussage, dass Preise (v.a. Benzinpreise und Fahrpreise, aber auch andere) beträchtliche kumulative Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage haben.

(6.4) Als weitere Schlussfolgerungen ergab sich, dass sich gewisse Standardwerte im Lauf der Zeit geändert haben. So beträgt z.B. das ungewichtete Mittel von 50 angeführten Busfahrpreiselastizitäten derzeit -0,41, verglichen mit einem früher angenommenen Wert von -0,3. Das ungewichtete Mittel von 120 Elastizitäten des Benzinverbrauchs unter Berücksichtigung des Benzinpreises ist -0,48, im Vergleich zu früheren Werten zwischen -0,1 und -0,4.

(7) TRACE (1998): Ueberblick über die Aussage von Elastizitäten und die Bedeutung von Zeit

(7.1) TRACE ist ein umfassendes Forschungsprojekt im 4. EU-Rahmenprogramm, das von verschiedenen europäischen Institutionen und Universitäten durchgeführt wird.

Ziel der Untersuchung war, die kurz- und langfristigen Zusammenhänge zwischen Reisekosten bzw. Zeit und der Verkehrsnachfrage zu ermitteln. Dazu sollte ein umfassender Ueberblick über die empirischen und theoretischen Aussagen über Zeit- und Preiselastizitäten und die Bedeutung von Zeit gegeben werden. Ausserdem sollten in einem Elastizitäten-Handbuch prototypische Elastizitäten der Autoverkehrsnachfrage auf verschiedenen Planungsebenen aufgeführt werden.

(7.2) Sämtliche dargestellte Elastizitäten wurden aus vorhandener Literatur zusammengestellt. Sie stammen aus mehr als 50 verschiedenen Studien ab 1985. Die Studien beschränken sich auf den europäischen Raum, v.a. Grossbritannien, die Niederlande und Skandinavien. Aus Osteuropa sind nur wenige Ergebnisse vorhanden. Die verwendeten Daten wurden sowohl mit Revealed Preference- als auch mit Stated Preference-Ansätzen erhoben.

Folgende Merkmale erwiesen sich als bedeutsam:

- Kostenarten (Benzinpreis, Parkgebühren, fixe und variable Kosten);
- räumliche Merkmale (städtisch, nichtstädtisch);
- Reisezweck (geschäftlich, privat);
- Tageszeit.

Neben der im ersten Teil präsentierten Literaturanalyse wurde innerhalb des Projekts mit drei nationalen Modellen gearbeitet, um Elastizitätswerte zu ermitteln:

- dem Niederländischen Nationale Modell System (HCG)
- dem Italienischen Nationale Modell System (ARPA)
- dem Brüssel Modell (STRATEC)

Die Szenarien, welche die drei Modelle durchliefen, waren ungefähr die gleichen. Aufgrund der teilweise unterschiedlichen Eigenschaften der Modelle gab es kleine Variationen:

- laufende Kosten des Personenwagens (PW) : +10%, +25%, +40%
- gesamte Reisezeit mit dem PW: +10%, +25%, +40%
- gesamten Parkgebühren: +10%, +25%, +40% (nicht im italienischen Modell)

Folgende Verkehrsträger wurden bei der Untersuchung unterschieden:

- PW (Passagier und Fahrer; Brüssel)
- PW-Fahrer (NL, I)
- PW-Passagier (NL)
- Öffentlicher Verkehr (NL, Brüssel, I)
- zu Fuss gehen, Radfahren (NL)

Die Unterscheidung bei den Fahrtzwecken wurde wie folgt gegliedert:

- Arbeitspendlerverkehr
- Geschäftsverkehr
- Ausbildungsverkehr
- Andere

Zudem wurden folgende Distanzklassen für einfache Fahrten gewählt:

- 0-5 Kilometer (NL, Brüssel)
- 5-30 Kilometer (NL, Brüssel)
- 0-30 Kilometer (I)
- 30-100 Kilometer (NL, Brüssel, I)
- mehr als 100 Kilometer (NL, Brüssel, I)

Im abschliessenden Teil wurden in der Studie die Ergebnisse der Literaturanalyse mit den Ergebnissen der drei nationalen Modelle verglichen. Der Vergleich zeigte, dass die durchschnittlichen Elastizitäten ein sehr ähnliches Muster aufwiesen. Dies waren z. B.:

- Eine 10%-ige Veränderung der PW-Zeit hat einen grösseren Einfluss auf die Anzahl der Fahrten und Kilometer als eine 10%-ige Veränderung bei den PW-Kosten.
- Die kurzfristigen Elastizitäten der PW-Kilometer entsprechen ungefähr 50% der langfristigen PW-Kilometer Elastizitätswerte.

Als Endprodukte des TRACE Projekts wurden ein PC-Programm (TRACER) und ein Elastizitäten Handbuch präsentiert.

Tabelle 8: Direkte Elastizitäten der Verkehrsnachfrage (TRACE)

Direkte-Elastizitäten	PW-Fahrten	PW-Km	Personen-Wege mit PW	Personen km mit PW
Out-of-pocket Kosten der Pw-Nachfrage (direkte Elastizitäten)				
kurzfristig / alle	-0,65 (-2,03/-0,01)	-0,2 (-0,58/-0,02)	0,17 (-0,3/-0,41)	0,17 (0/-0,39)
langfristig / alle	-0,23 (-0,42/-0,12)	-0,28 (-0,8/-0,1)	0,13 (0,11/0,15)	0,26 (0,1/0,8)
Zeitelasizitäten der Pw-Nachfrage (direkte Elastizitäten)				
kurzfristig / alle	-0,47 (-0,6/-0,2)	-0,27 (-0,47/-0,16)	-0,27 (-0,78/ 0,24)	-0,31 (-0,4/-0,17)
langfristig / alle	-0,3 (-0,44/-0,13)	-0,86 (-1,33/-0,26)	-0,41 (-0,7/-0,26)	-0,98 (-1,9/-0,48)

* Die erste Zahl gibt die mittlere Elastizität an. Eingeklammert ist die Spannweite der Elastizitäten.

Tabelle 9: Kreuz-Elastizitäten der Verkehrsnachfrage (TRACE)

Kreuz-Elastizitäten	Personen Wege Bahn	Personen-Km Bahn	Personenwege Städtischer ÖV	Personen-Km Städtischer ÖV
Out-of-pocket Kosten der Pw-Nachfrage (Kreuz Elastizitäten)				
kurzfristig / alle	0,5 (0,12 / 1,38)	0,15 (0,01 / 0,42)	0,38 (0,0 / 0,94)	0,26 (0,2 / 0,39)
langfristig / alle	0,1 (-0,03 / 0,3)	0,11 (0,01 / 0,32)	0,18 (0,09 / 0,45)	0,1 (-0,1 / 0,32)
Zeitelasizitäten der Pw-Nachfrage (Kreuz Elastizitäten)				
kurzfristig / alle	0,56 (0,11 / 1,39)	1,35 (0,69 / 1,77)	0,28 (0,0 / 0,5)	0,65 (0,38 / 0,97)
langfristig / alle	0,49 (0,16 / 0,73)	0,43 (0,13 / 0,8)	0,36 (0,18 / 0,55)	0,36 (0,17 / 0,63)

* Die erste Zahl gibt die mittlere Elastizität an. Eingeklammert ist die Spannweite der Elastizitäten.

Die folgenden Tabellen sind dem Elastizitäten Handbuch entnommen.

Für die folgenden Tabellen gilt: Anzahl der Personenwagen/Einwohner ist höher als 250 und geringer als 450.

Tabelle 1: Elastizitäten der Kraftstoffkosten nach Anzahl der Fahrten, (nach Verkehrsträgern)

Frist/Zweck	PW-Fahrer	PW-Passagier	Öffentlicher Verkehr	zu Fuss gehen, Radfahren
<i>kurzfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.16	0.26	0.26	0.11
Geschäftsverkehr	-0.03	0.11	0.54	0.02
Ausbildungsverkehr	-0.16	0.00	0.01	0.01
Andere	-0.26	0.17	0.21	0.08
Gesamt	-0.18	0.17	0.16	0.07
<i>langfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.16	0.18	0.18	0.15
Geschäftsverkehr	-0.06	0.21	0.24	0.18
Ausbildungsverkehr	-0.29	0.00	0.01	0.01
Andere	-0.28	0.11	0.12	0.11
Gesamt	-0.22	0.13	0.12	0.11

Tabelle 2: Elastizitäten der Kraftstoffkosten nach Anzahl der Kilometer, (nach Verkehrsträgern)

Frist/Zweck	PW-Fahrer	PW-Passagier	Öffentlicher Verkehr	zu Fuss gehen, Radfahren
<i>kurzfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.15	0.31	0.27	0.16
Geschäftsverkehr	-0.02	0.06	0.18	0.01
Ausbildungsverkehr	-0.06	0.00	0.02	0.01
Andere	-0.22	0.23	0.24	0.12
Gesamt	-0.15	0.25	0.20	0.11
<i>langfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.25	0.19	0.20	0.16
Geschäftsverkehr	-0.22	0.05	0.06	0.04
Ausbildungsverkehr	-0.38	0.00	0.01	0.01
Andere	-0.47	0.11	0.14	0.12
Gesamt	-0.31	0.13	0.12	0.11

Tabelle 3: Elastizitäten der PW-Zeit nach Anzahl der Fahrten, (nach Verkehrsträgern)

Frist/Zweck	PW-Fahrer	PW-Passagier	Öffentlicher Verkehr	zu Fuss gehen, Radfahren
<i>kurzfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.41	-0.48	2.00	0.25
Geschäftsverkehr	-0.06	-0.60	1.25	0.34
Ausbildungsverkehr	-0.06	-0.20	0.03	0.02
Andere	-0.32	-0.44	1.46	0.17
Gesamt	-0.23	-0.25	1.09	0.10
<i>langfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.45	-0.77	0.84	0.56
Geschäftsverkehr	-0.16	-0.67	0.71	0.61
Ausbildungsverkehr	-0.37	-0.42	0.06	0.05
Andere	-0.37	-0.47	0.38	0.26
Gesamt	-0.31	-0.38	0.48	0.22

Tabelle 4: Elastizitäten der PW-Zeit nach Anzahl der Kilometer, (nach Verkehrsträgern)

Frist/Zweck	PW-Fahrer	PW-Passagier	Öffentlicher Verkehr	zu Fuss gehen, Radfahren
<i>kurzfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.48	-0.51	2.09	0.29
Geschäftsverkehr	-0.05	-1.62	0.99	0.54
Ausbildungsverkehr	-0.05	-0.28	0.03	0.03
Andere	-0.19	-0.20	0.93	0.09
Gesamt	-0.28	-0.30	1.24	0.12
<i>langfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-1.04	-1.06	0.65	0.43
Geschäftsverkehr	-0.15	-2.38	1.06	0.90
Ausbildungsverkehr	-0.84	-0.25	0.03	0.02
Andere	-0.86	-0.55	0.24	0.17
Gesamt	-0.80	-0.66	0.39	0.18

Tabelle 5: Elastizitäten der Parkgebühren nach Anzahl der Fahrten, (nach Verkehrsträgern)

Frist/Zweck	PW-Fahrer	PW-Passagier	Öffentlicher Verkehr	zu Fuss gehen, Radfahren
<i>kurzfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.08	0.04	0.04	0.04
Geschäftsverkehr	0.00	0.01	0.01	0.01
Ausbildungsverkehr	-0.07	0.00	0.00	0.00
Andere	-0.23	0.07	0.06	0.04
Gesamt	-0.11	0.05	0.03	0.03
<i>langfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.09	0.01	0.01	0.02
Geschäftsverkehr	-0.02	0.01	0.00	0.01
Ausbildungsverkehr	-0.10	0.00	0.00	0.00
Andere	-0.31	0.02	0.02	0.03
Gesamt	-0.16	0.02	0.01	0.02

Tabelle 6: Elastizitäten der Parkgebühren nach Anzahl der Kilometer, (nach Verkehrsträgern)

Frist/Zweck	PW-Fahrer	PW-Passagier	Öffentlicher Verkehr	zu Fuss gehen, Radfahren
<i>kurzfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.02	0.02	0.01	0.03
Geschäftsverkehr	0.00	0.01	0.01	0.01
Ausbildungsverkehr	-0.01	0.00	0.00	0.00
Andere	-0.08	0.05	0.03	0.05
Gesamt	-0.03	0.04	0.02	0.04
<i>langfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.04	0.01	0.01	0.02
Geschäftsverkehr	-0.03	0.01	0.00	0.01
Ausbildungsverkehr	-0.03	0.00	0.00	0.00
Andere	-0.16	0.02	0.01	0.03
Gesamt	-0.07	0.01	0.01	0.02

Tabelle 7.1.: Elastizitäten der Parkgebühren nach Anzahl der Fahrten
(Fahrten zwischen 0 und 5 Kilometern)

Frist/Zweck	PW-Fahrer	PW-Passagier	Öffentlicher Verkehr	zu Fuss gehen, Radfahren
<i>kurzfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.17	0.04	0.04	0.04
Geschäftsverkehr	0.00	0.01	0.01	0.01
Ausbildungsverkehr	-0.15	0.00	0.00	0.00
Andere	-0.36	0.07	0.06	0.04
Gesamt	-0.21	0.05	0.04	0.03
<i>langfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.14	0.02	0.02	0.02
Geschäftsverkehr	-0.02	0.01	0.00	0.01
Ausbildungsverkehr	-0.19	0.00	0.00	0.00
Andere	-0.41	0.03	0.03	0.03
Gesamt	-0.24	0.03	0.02	0.02

Tabelle 7.2.: Elastizitäten der Parkgebühren nach Anzahl der Kilometer
(Fahrten zwischen 0 und 5 Kilometern)

Frist/Zweck	PW-Fahrer	PW-Passagier	Öffentlicher Verkehr	zu Fuss gehen, Radfahren
<i>kurzfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.10	0.03	0.03	0.03
Geschäftsverkehr	0.00	0.01	0.01	0.01
Ausbildungsverkehr	-0.12	0.00	0.00	0.00
Andere	-0.30	0.08	0.07	0.05
Gesamt	-0.18	0.06	0.05	0.04
<i>langfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.13	0.02	0.02	0.02
Geschäftsverkehr	-0.02	0.01	0.00	0.01
Ausbildungsverkehr	-0.17	0.00	0.00	0.00
Andere	-0.36	0.03	0.03	0.03
Gesamt	-0.22	0.03	0.02	0.02

Tabelle 8.1.: Elastizitäten der Parkgebühren nach Anzahl der Fahrten
(Fahrten zwischen 30 und 100 Kilometern)

Frist/Zweck	PW-Fahrer	PW-Passagier	Öffentlicher Verkehr	zu Fuss gehen, Radfahren
<i>kurzfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.01	0.02	0.02	0.00
Geschäftsverkehr	0.00	0.01	0.01	0.00
Ausbildungsverkehr	0.00	0.00	0.00	0.00
Andere	-0.01	0.02	0.02	0.00
Gesamt	-0.01	0.02	0.01	0.01
<i>langfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.02	0.01	0.01	0.00
Geschäftsverkehr	-0.03	0.00	0.00	0.00
Ausbildungsverkehr	-0.02	0.00	0.00	0.00
Andere	-0.06	0.01	0.00	0.00
Gesamt	-0.03	0.01	0.01	0.00

Tabelle 8.2.: Elastizitäten der Parkgebühren nach Anzahl der Kilometer,
(Fahrten zwischen 30 und 100 Kilometern)

Frist/Zweck	PW-Fahrer	PW-Passagier	Öffentlicher Verkehr	zu Fuss gehen, Radfahren
<i>kurzfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.01	0.01	0.01	0.02
Geschäftsverkehr	0.00	0.01	0.01	0.00
Ausbildungsverkehr	0.00	0.00	0.00	0.00
Andere	-0.01	0.02	0.02	0.07
Gesamt	-0.01	0.01	0.01	0.00
<i>langfristig</i>				
Arbeitspendlerverkehr	-0.02	0.01	0.01	0.00
Geschäftsverkehr	-0.03	0.00	0.00	0.00
Ausbildungsverkehr	-0.01	0.00	0.00	0.00
Andere	-0.05	0.01	0.01	0.00
Gesamt	-0.03	0.01	0.01	0.00

(8) SACTRA (The Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment) (1994):

Trunk Roads and the Generation of Traffic (Einfluss neuer/ verbesserter Fernverkehrsstrassen auf die Verkehrserzeugung)

(8.1) Die Studie untersuchte folgende Fragen: Bringen neue oder verbesserte Fernverkehrsstrassen Neuverkehr? Wenn ja, für welche Typen und Kategorien verbesserter Autobahn-Infrastruktur ist Neuverkehr signifikant, wo und wann wird er am meisten beeinflusst? Wie sollten die heute verwendeten Vorausschätzungs- und Bewertungsmethoden verbessert werden?

(8.2) Mit den bisher verwendeten Verkehrsbewertungsmethoden des britischen Verkehrsministeriums (DETR) wurde versucht, die Strukturen des bestehenden Verkehrs aufzuzeigen und zu schätzen, wie gross der Verkehrsanteil ist, der sich auf eine neue Strasse verlagern wird. Die Verkehrsprognosen nahmen bislang an, es gäbe keinen induzierten Verkehr. In Ergänzung zur klassischen Kosten-Nutzen-Analyse bei Infrastrukturbewertungen entwickelte SACTRA im Auftrag des DETR ein neues Modell verkehrlicher Mengengerüste (auf den Stufen Verkehrserzeugung, -verteilung und Modalwahl), in dem sich eine Messgrösse Delta auf Nutzenabschätzungen mit variablen (statt festen) Matrix-Annahmen bezieht. Dieses Delta wurde durch die Flächen der Angebots-Nachfrage-Kurven definiert. Delta misst das Ausmass, in dem die Negativnutzen von Stauungen, die aus infrastrukturinduziertem Verkehr entstehen, gegenüber dem diesen zusätzlichen Fahrten zuzuschreibenden Positivnutzen überwiegen.

(8.3) Die Untersuchungsmethoden beruhen auf Raumordnungsdaten, den National Road Traffic Forecasts (NRTF), dem National Forecast Adjustment Factor (NFAF), der Anzahl der Autobesitzer und Fahrtziel-Submodellen. NFAF ist das Verhältnis aus dem Wachstum der Fahrzeug-km des NRTF und der Zunahme der Fahrziele, dargestellt durch NTEM (Anzahl der Autobewegungen in jedem Bezirk).

(8.4) Folgende Merkmale wurden berücksichtigt: NPDF (National Planning Data Files) enthält für jeden Distrikt die Bevölkerung und Zahl der Haushalte, die Arbeitsplätze und Zahl der Arbeitnehmer. Diese Daten wurden verknüpft mit einem Basisjahr und einer Periode von Schätzzahren in Fünfjahresintervallen. Die Daten stammen aus den Bevölkerungsschätzungen des Office of Population, Censuses and Surveys (OPCS) (1986) und dem Census of Employment von 1984 und anderen Bevölkerungsprojektionen auf County-level. Diese Daten wurden disaggregiert vom County- auf den District-level und für 1990 aktualisiert. Die Schätzungen beruhen auf dem geschätzten zukünftigen Wachstum der Wirtschaft und veränderten Benzinpreisen.

In räumlicher Hinsicht liegt der Untersuchungsschwerpunkt in Grossbritannien, es wurden aber auch Beispiele aus Kontinentaleuropa einbezogen. Sachlich bezieht sich die Untersuchung auf Fernverkehrsstrassen bzw. den motorisierten Individualverkehr (MIV).

(8.5) Aus dem DELTA-Modell resultierten in den einzelnen Untersuchungsregionen folgende Ergebnisse:

- **Cardiff** (innerstädtische Verkehrsregelung): Die Elastizität der generalisierten Kosten (ausgehend von einer festen Matrix) war kleiner als -0,25; die Modal-Choice-Werte lagen zwischen 0,005 und 0,01, die durchschnittlichen modalen Kosten bei 0,005. Für die Elastizität der generalisierten Kosten des ÖV ergab sich ein Wert von -0,8.
- **Belfast** (innerstädtische Verkehrsregelung): Eine neue Kreuzung und Hauptstrassenumlegung im Ost-Korridor brachte eine Zunahme der Fahrten nach Belfast von 2% und ergab eine Elastizität in Bezug auf die Reisezeit von -0,5.

- **London** (innerstädtische Verkehrsregelung): Die Elastizität in Bezug auf die Reisezeit belief sich auf -1,1. Fahrten nach London nahmen um 1% zu; gegenüber einer festen Matrix (ohne Berücksichtigung des Induzierten Verkehrs) lagen die volkswirtschaftlichen Vorteile um 30% niedriger .
- **Norwich** (innerstädtische Verkehrsregelung, Innenstadtring): Die Elastizität in Bezug auf die Reisezeit betrug -0,5. Fahrten nach Norwich nahmen um 2,3 - 2,9% zu, gegenüber einer festen Matrix lagen die volkswirtschaftlichen Vorteile um 20 - 22% niedriger.

(8.6) Als wichtiges zusammenfassendes Ergebnis wird festgehalten, dass die Verkehrsnachfrage elastisch ist, also induzierter Verkehr in je nach Randbedingungen unterschiedlichen Mengen auftritt und in Bewertungsverfahren nicht einfach ignoriert werden darf. Es wird empfohlen, induzierten Verkehr dann zu berücksichtigen, wenn die Nachfrageelastizität in Bezug auf die Reisekosten oder -zeiten gross ist, das Netz nahe an der Kapazitätsgrenze ist oder die geplante Infrastrukturerweiterung Veränderungen in den Reisekosten bewirkt. Es wird festgehalten, dass die Ausserachtlassung des induzierten Verkehrs zu einer bedeutsamen Überschätzung der volkswirtschaftlichen Nutzen bei der Ermittlung von Wertgerüsten führen kann und daher vermieden werden sollte.

(9) Jiang, F. und Blain, J.-Ch. (1996):

Empirische Untersuchung von Preiselastizitäten des Kraftstoffverbrauchs;
Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme -
Service économique et statistique (SES), Paris-La Défense.

(9.1) Eine französische Studie von Jiang und Blain (1996) untersuchte die kurz- und langfristigen Auswirkungen von Kraftstoffpreisänderungen auf den Verbrauch von Normalbenzin, Dieselmotorkraftstoff und Kraftstoffen insgesamt. Mit dem Ziel, die Auswirkungen fiskalpolitischer Massnahmen und die Anpassungsfähigkeit der Konsumenten an veränderte Preise zu analysieren, wurden aus ökonometrischen Modellen Preiselastizitäten des Kraftstoffverbrauchs (nicht der Verkehrs- oder Fahrleistungen) berechnet. Besonderer Wert wurde auf die Unterscheidung kurz- und langfristiger Elastizitäten gelegt, die Informationen über die Anpassungsgeschwindigkeit der Nachfrage an veränderte Preise liefert. Als Bezugszeitraum "kurzfristiger" Elastizitäten wurden Quartale betrachtet.

(9.2) Aus den Veröffentlichungen der amtlichen Statistik wurden Zeitreihen mit Quartalsdaten zwischen 1972 und 1992 verwendet. Sie waren Grundlage der angewandten Regressionsmodelle und bezogen sich auf folgende Variablen: Verbrauch von Normal- und Superbenzin, Verbrauch von Dieselmotorkraftstoff, Verbrauch von Kraftstoffen insgesamt (Summe aus Normal-, Superbenzin und Dieselmotorkraftstoff), mittlerer verbrauchsgewichteter Verkaufspreis von Normal- und Superbenzin, Dieselmotorkraftstoff sowie Kraftstoffen, Bruttoinlandsprodukt, privater Endverbrauch, im Inland registrierter Fahrzeugpark (unter 16 Tonnen). Die Kraftstoffverbräuche sind abhängige, alle übrigen Daten unabhängige Variablen. Bei den Verbrauchs-

daten wurden jeweils um saisonale Schwankungen bereinigte und bei den Preisdaten inflationsbereinigte Zeitreihen verwendet.

(9.3) Ausgangspunkt des methodischen Ansatzes war eine Zusammenstellung verschiedener Schätzmodelle der Nachfrage als Grundlage einer Berechnung von Elastizitäten: lineare und log-lineare Modelle, Autoregressionsmodelle, INV-Modell von Solow und gestuftes Regressionsmodell (PDL). Jedes Modell wurde mit den genannten Variablen gerechnet und durch klassische statistische Tests auf seine Güte überprüft: Bestimmtheitsmass R^2 , Student's-T, Durbin-Watson-Test, h-Test von Durbin. Die in den Modellen ermittelten Regressionskoeffizienten wurden auf ihre Stabilität über den Beobachtungszeitraum geprüft. Es zeigte sich, dass sich die gestuften Regressionsmodelle besser zur Ermittlung der langfristigen und die Autoregressionsmodelle (mit Regression auf den Verbrauch im vorangehenden Quartal) besser zur Ermittlung der kurzfristigen Elastizitäten eigneten. Nach Berechnung aller Tests wurden Modelle ohne Einbezug des (langfristigen) Flotteneffekts (Variable Fahrzeugpark) bevorzugt, um die Preiselastizitäten als solche zu ermitteln.

(9.4) Für die langfristigen Preiselastizitäten ergaben sich folgende Werte:

- Benzinverbrauch: -0,34 bis -0,39
- Dieserverbrauch: -0,51 bis -0,90
- Gesamter Kraftstoffverbrauch: -0,23 bis -0,36

Für die kurzfristigen Elastizitäten (Quartal) wurde ermittelt:

- Benzinverbrauch: -0,17 bis -0,29
- Dieserverbrauch: -0,24 bis -0,33
- Gesamter Kraftstoffverbrauch: -0,12 bis -0,16

(9.5) Die Elastizitäten des Kraftstoffverbrauchs insgesamt liegen jeweils unter den Elastizitäten für eine der beiden Kraftstoffarten, da hier Substitutionsentscheidungen zwischen Normalbenzin und Diesel (durch Wechsel des Fahrzeugs) keine Rolle spielten. Bei den langfristigen Elastizitäten waren weniger die endgültigen Preisreagibilitäten als vielmehr die Anpassungsgeschwindigkeiten bei beiden Kraftstoffarten unterschiedlich: der Dieserverbrauch reagierte "träger" und passte sich nur nach mehreren Jahren an einen veränderten Preis an, während der Benzinverbrauch bereits in weniger als einem Jahr an die endgültige Elastizität angepasst wurde. Dieses Phänomen erklärt sich sowohl aus dem Flotteneffekt (als langfristige Effekt) als auch aus der Tatsache, dass Diesel zu einem grossen Teil von Nutzfahrzeugen (vor allem des Güterverkehrs) verbraucht wird. Deren Einsatz wird als ökonomische Notwendigkeit gesehen, die weniger kurzfristig durch den Preis steuerbar ist. Dagegen reagieren die Transportunternehmen langfristig zum Beispiel durch Rationalisierungsmassnahmen oder den Kauf sparsamerer Fahrzeuge.

Kreuzpreiselastizitäten unter Berücksichtigung der Bahnpreise wurden ebenfalls berechnet, erwiesen sich mit -0,13 (kurzfristig) bzw. (-0,19) (langfristig) aber als relativ gering.

(9.6) Die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den Personenverkehr der Schweiz ist zwar grundsätzlich gegeben, wird aber durch die betrachteten Variablen (Dieselverbrauch schliesst den Güterverkehr ein, in Frankreich hoher Anteil von Dienst-Pw) und den Zeitraum 1972 bis 1992 limitiert. Der Zeitraum ist für echte Langfristanalysen noch relativ kurz und ausserdem durch einen Bruch in der Preisentwicklung gekennzeichnet: Die inflationsbereinigten Kraftstoffpreise nahmen bis 1985 zu, von 1986 bis 1992 aber ab. Es kann davon ausgegangen werden, dass die beobachteten langfristigen Elastizitäten bei einer kontinuierlichen Preisentwicklung (nach oben oder unten) höher wären als hier ermittelt. Abgesehen davon, dass der Kraftstoffverbrauch generell nur als grober Indikator für die Entwicklung der Verkehrsnachfrage verwendbar ist, stellt sich in einem kleinen Land wie der Schweiz ein zusätzliches Problem: Der Kraftstoffverbrauch wird nach dem Territorialprinzip ermittelt und durch "Tanktourismus" ausländischer Fahrzeuge stärker nach oben beeinflusst, als dies in Frankreich der Fall ist. Jiang und Blain verweisen für internationale Vergleiche auf eine Arbeit von Sterner (1992), in der dieser Preiselastizitäten der Kraftstoffnachfrage in 21 OECD-Staaten mit Regressionsmodellen berechnet hat. Er ermittelte für Frankreich Werte von -0,36 (kurzfristig) bzw. -0,7 (langfristig). In der Übersichtstabelle (Jiang/Blain S. 64) ist die Schweiz das einzige Land, für das sogar leicht positive Werte (0,05 kurzfristig und 0,09 langfristig) angegeben werden.

(10) J. van der Waard

Konzept Elasticiteiten Handboek

Rijkswaterstaat Dienst Verkeerskunde

(10.1) Das Konzepthandbuch bietet einen ersten Einblick über die in den Niederlanden angewendeten Elastizitäten. Dieses erste Konzept ist noch nicht komplett. Es enthält nur eine Auswahl der wichtigsten Kreuzelastizitäten.

Die Elastizitätsberechnung wird durch die Anwendung im „ländlichen Modell“ (Landelijk Model) und in der Mobilitätsforschung (Mobiliteits-verkenner) eingeschränkt. Es handelt sich also nicht um die Elastizitäten aller veränderlichen Grössen.

(10.2) In der Praxis werden Elastizitäten zumeist angewendet, um auf einfache Weise Mobilitätseffekte durch Veränderungen von Einflussgrössen zu berechnen. Hierbei wird zumeist von folgender Formel Gebrauch gemacht:

$$dM_i/M_i = E_i(X) * dX/X \quad (1)$$

mit dM/M = prozentuale Veränderung der Grösse M für die Transportart i
 $E_i(X)$ = Elastizität der Transportart i für die Einflussgrösse X
 dX/X = prozentuale Veränderung der Einflussgrösse X

Bei der Formel ist zu beachten, dass sie nur gilt, wenn bei der betreffenden Elastizität tatsächlich alle (sowohl direkte als auch indirekte) Effekte durch Veränderungen der Einflussgrößen berücksichtigt werden.

Es können zwei verschiedene Elastizitätstypen unterschieden werden:

- a) Input-Elastizitäten,
- b) Output-Elastizitäten.

Die Begriffe Input und Output beziehen sich hierbei auf das Verhältnis der Elastizitäten zum angewendeten (Untersuchungs-)Modell.

Die sogenannten Input-Elastizitäten sind Modellparameter. Sie bilden (mit einem festgesetzten Wert) einen Teil der mathematischen Modellformulierungen. Die Elastizitäten in der Mobilitätsforschung können als Beispiel genannt werden.

Die sogenannten Output-Elastizitäten sind keine Modellparameter, sondern werden anhand der Modellergebnisse berechnet. Dies geschieht durch den berechneten Mobilitätseffekt. Als Beispiel dienen hier die Elastizitäten des „ländlichen Modells“, die alle mittels NSES-Modulen innerhalb des Modells festgesetzt wurden.

In der Regel können Output-Elastizitäten ohne weiteres in der o.g. Formel (1) eingebracht werden. Ein gutes Modell berücksichtigt immer alle (sowohl direkte als auch indirekte) Effekte.

II. "Ländliches Modell"

a) Elastizitäten der Pw - Fahrzeugkilometer und der Pw - Passagierkilometer

kurzfristig - Abendspitzen	alle Fahrzwecke	Pendlerverkehr	übriger Verkehr
Pw - Fahrzeugkilometer			
Fahrzeit - Pw	-0.29	-0.47	-0.17
Treibstoffkosten - Pw	-0.15	-0.1	-0.22
Fahrzeit - Zug	0.06	0.08	0.02
Fahrpreis - Zug	0.03	0.04	0.03
Fahrzeit - Stadt ÖV	0.07	0.1	0.05
Fahrpreis - Stadt ÖV	0.03	0.02	0.04
Pw - Passagierkilometer			
Fahrzeit - Pw	-0.25	-0.4	-0.17
Treibstoffkosten - Pw	0.25	0.24	0.22
Fahrzeit - Zug	0.13	0.23	0.06
Fahrpreis - Zug	0.07	0.07	0.06
Fahrzeit - Stadt ÖV	0.23	0.5	0.15
Fahrpreis - Stadt ÖV	0.11	0.02	0.04

langfristig - alle Fahrzwecke	Morgenspitzen	Abendspitzen	Werktag gesamt
Pw - Fahrzeugkilometer			
Fahrzeit - Pw	-1.23	-1.16	-1.27
Treibstoffkosten - Pw	-0.31	-0.39	-0.48
Fahrzeit - Zug	0.03	0.02	0.03
Fahrpreis - Zug	0.01	0.01	0.02
Fahrzeit - Stadt ÖV	0.05	0.04	0.05
Fahrpreis - Stadt ÖV	0.02	0.02	0.02
Pw - Passagierkilometer			
Fahrzeit - Pw	-0.8	-0.7	-0.68
Treibstoffkosten - Pw	0.16	0.17	0.15
Fahrzeit - Zug	0.05	0.03	0.03
Fahrpreis - Zug	0.03	0.02	0.02
Fahrzeit - Stadt ÖV	0.11	0.09	0.08
Fahrpreis - Stadt ÖV	0.05	0.05	0.05

b) Elastizitäten Zug - Passagierkilometer

kurzfristig - Abendspitzen	alle Fahrzwecke	Pendlerverkehr	übriger Verkehr
Fahrzeit - Zug	-0.68	-0.74	-0.35
Fahrpreis - Zug	-0.34	-0.24	-0.34
Fahrzeit - Pw	1.31	1.77	0.69
Treibstoffkosten - Pw	0.22	0.19	0.18
Fahrzeit - Bus	-0.15	-0.16	-0.09
Fahrpreis - Bus	-0.03	-0.02	-0.03

langfristig - alle Fahrzwecke	Morgenspitzen	Abendspitzen	Werktag gesamt
Fahrzeit - Zug	-1.63	-1.64	1.61
Fahrpreis - Zug	-0.68	-0.77	-0.77
Fahrzeit - Pw	0.43	0.46	0.5
Treibstoffkosten - Pw	0.12	0.15	0.14
Fahrzeit - Bus	-0.27	-0.27	-0.33
Fahrpreis - Bus	-0.02	-0.02	-0.04

**c) Elastizitäten der Bus/Tram/Metro - Passagierkilometer
in vier Grosstädten und in übrigen Städten**

kurzfristig - Abendspitzen	alle Fahrzwecke	Pendlerverkehr	übriger Verkehr
vier Grosstädte			
Fahrzeit - Bus	-0.85	-1.13	-0.64
Fahrpreis - Bus	-0.46	-0.27	-0.6
Fahrzeit - Pw	0.64	0.97	0.38
Treibstoffkosten - Pw	0.17	0.14	0.19
Fahrzeit - Zug	0.03	0.03	0.01
Fahrpreis - Zug	-0.02	-0.01	-0.02
übrige Städte			
Fahrzeit - Bus	-0.98	-1.55	-0.62
Fahrpreis - Bus	-0.44	-0.29	-0.51
Fahrzeit - Pw	0.98	1.78	0.51
Treibstoffkosten - Pw	0.22	0.21	0.2
Fahrzeit - Zug	-0.06	-0.07	-0.02
Fahrpreis - Zug	-0.03	-0.02	-0.02

langfristig - alle Fahrzwecke	Morgenspitzen	Abendspitzen	Werktag gesamt
vier Grosstädte			
Fahrzeit - Bus	-1.2	-1.21	-1.22
Fahrpreis - Bus	-0.45	-0.62	-0.65
Fahrzeit - Pw	0.42	0.37	0.34
Treibstoffkosten - Pw	0.1	0.13	0.14
Fahrzeit - Zug	-0.02	-0.02	-0.03
Fahrpreis - Zug	-0.01	-0.01	-0.03
übrige Städte			
Fahrzeit - Bus	-1.53	-1.56	-1.54
Fahrpreis - Bus	-0.53	-0.66	-0.68
Fahrzeit - Pw	0.42	0.44	0.5
Treibstoffkosten - Pw	0.11	0.15	0.15
Fahrzeit - Zug	-0.1	-0.09	-0.12
Fahrpreis - Zug	-0.04	-0.04	-0.06

**(11) Evans/Brown/Fowkes/Mackie/Toner/Sheldon/Heywood/Asilzadeh (1993):
Road Pricing in London: Review and Specification of Model Elasticities**

(11.1) Das Ziel der Studie, die im Auftrag des britischen Verkehrsministeriums durchgeführt wurde, war es, Elastizitäten zu ermitteln, die im Rahmen eines Programms, das sich mit Strassengebühren in London befasst, verwendet werden können.

Mit Hilfe der Literaturanalyse sollten Elastizitäten und Kreuzelastizitäten berechnet werden, die im Bereich der Verkehrsnachfrage durch eine vorgegebene Veränderung bei den Fahrkosten entstehen.

In die Analyse gingen Daten aus zahlreichen einschlägigen Quellen ein. Dabei handelte es sich sowohl um publizierte Literatur als auch um andere Forschungsberichte. Als wichtigste sind folgende zu nennen:

- Goodwin (1988);
- Fowkes et al (1992);
- Goodwin (1992);
- Oum et al (1992).

Bei der Auswertung der Literatur bereitete der unterschiedliche Grad der Werteaggregation Probleme. Dennoch wurden Elastizitäten, die dem Ziel der Studie dienten, ermittelt. Die Werte für die verschiedenen Verkehrsträger (Personenwagen, Bus, Metro und Zug) wurden in einer Tabelle zusammengetragen. Hierbei wurde außerdem zwischen kurzfristigen (unter einem Jahr), mittelfristigen (ein bis vier Jahre) und langfristigen (über vier Jahre) Elastizitätswerten unterschieden. Die Personenwagen-Elastizitäten beziehen sich auf Fahrzeugwege oder Fahrzeugkilometer hinsichtlich der „Out of pocket“-Kosten. Die Elastizitäten des öffentlichen Verkehrs beziehen sich auf Passagierwege in Hinsicht auf die Fahrpreise.

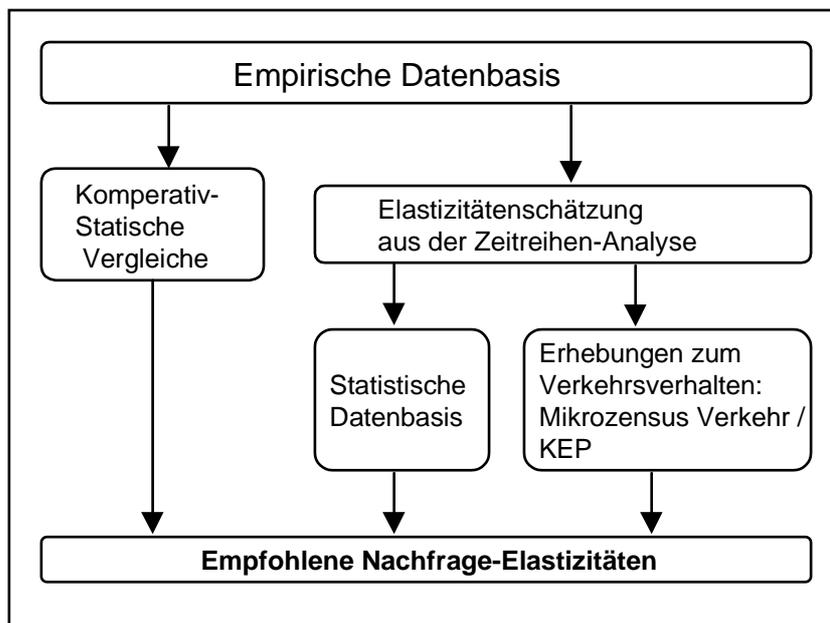
Elastizitäten der "Out of pocket"-Kosten		alle Fahrzwecke	Pendlerverkehr (zur Arbeit)	Pendlerverkehr (andere Zwecke)	Spitzenzeiten	ausserhalb der Spitzenzeiten
Pw	kurzfristig	-0.16	-0.02 bis -0.88	-0.13 bis -0.18	-0.02 bis -0.10	-0.06
	mittelfristig	-0.10 bis -0.20	-0.10	-0.30	-0.07 bis -0.12	-0.20 bis -0.60
	langfristig	-0.31				
Bus	kurzfristig	-0.30 bis -0.45	-0.28	-0.38	-0.20 bis -0.30	-0.14
	mittelfristig	-0.30 bis -0.80	-0.30	-0.60	-0.28	-0.38
	langfristig	-0.40 bis -1.20				
Metro	kurzfristig	-0.40	-0.15	-0.26	-0.20 bis -0.29	
	mittelfristig	-0.45	-0.20	-0.60	-0.15	-0.26
	langfristig	-0.69				
Zug	kurzfristig	-0.69		-0.45 bis -0.55	-0.20 bis -0.33	-0.58
	mittelfristig	-0.80	-0.30 bis -0.50	-0.80 bis -1.50		
	langfristig	-1.08				

2.2 Eigene Berechnungen von Elastizitäten

2.2.1 Methodische und inhaltliche Vorgehensweise

(1) Für die Berechnung von Elastizitäten werden zwei unterschiedliche Vorgehensweisen verwendet. Abbildung 1 gibt einen kurzen Überblick.

Abbildung 1: Vorgehensweise der Elastizitätenrechnung



(2) In einem ersten Schritt werden durch Vorher-Nacher-Vergleiche (Komperativ-Statistische Vergleiche) kurzfristige Nachfrageelastizitäten berechnet. Die vorhandene Datenbasis ermöglicht nur die Berechnung von Elastizitäten des Öffentlichen Verkehrs. In einem zweiten Schritt werden die Elastizitäten anhand der empirischen Datengrundlage, welche den Zeitraum von 1984 bis 1997 abdeckt, mit Hilfe der Regressionsanalyse geschätzt. Im Hinblick auf das Untersuchungsziel und die Qualität der vorhandenen Datenbasis wird die Zeitreihenanalyse mit Hilfe der multiplen Regressionsanalyse als geeignete Methode angesehen.

(3) Dafür finden drei unterschiedliche Datenquellen Anwendung:

- Statistische Datengrundlagen⁹,
- Daten des Mikrozensus Verkehr 1984, 1989, 1994,

⁹ Unter statistischer Datengrundlage werden alle veröffentlichten und Unternehmensstatistiken, vorhandene Untersuchungen sowie andere (abgesehen von Mikrozensus- und KEP-Erhebungen) verfügbare Statistiken verstanden.

- Daten der kontinuierlichen Erhebungen des Personenverkehrs (KEP) 1984, 1989, 1994.

Die aus diesen drei Datenquellen ermittelten Elastizitäten werden einander gegenübergestellt und analysiert. Durch einen Vergleich mit bisherigen Untersuchungen und eine Qualitätsanalyse der verwendeten Datenbasis wird die praktische Anwendbarkeit der hier berechneten Elastizitäten geprüft. Die statistische Auswertung wird mit Methoden (Regressions- und Korrelationsanalyse) des SPSS-Programmes¹⁰ vorgenommen.

(4) Aus der Definition¹¹ von Elastizitäten als Quotient der relativen Änderung einer Wirkungsgrösse und der relativen Änderung einer vermuteten oder tatsächlichen verursachenden Grösse ist der mathematische Ansatz folgendermassen zu formulieren:

$$\epsilon = \frac{(N_1 - N_0) / N_0}{(U_{V1} - U_{V0}) / U_{V0}} \quad [1]$$

Geht man von der Betrachtung endlicher Differenzen zur Betrachtung infinitesimalen Differentiale über, so ergibt sich aus der Gleichung [1] die Form:

$$\epsilon = \frac{dN}{dU_V} * \frac{U_V}{N} \quad [1.1]$$

der Index 0 bezeichnet den Ausgangszustand und der Index 1 einen veränderten Zustand;

N = Nachfragegrösse (abhängige Variable)

U_v=verursachende Grösse (unabhängige Variable).

Unter Berücksichtigung mehrerer Einflussgrössen lässt sich der Elastizitäten-Ansatz der Nachfragereaktion wie folgt formulieren: $N = N_0 * (\frac{E}{E_0})^{\epsilon_e} * (\frac{K}{K_0})^{\epsilon_k} * \dots * (\frac{T_i}{T_{i0}})^{\epsilon_{ti}}$; [2] hier bedeuten: N und N₀ abhängige Variable (Nachfragemenge) im Ausgangs- und veränderten Zustand, E, E₀, K, K₀, T, T₀... unabhängige Variable (Einflussgrössen: Einkommen, Kosten, Preise...) im Ausgangs- und veränderten Zustand. Durch Logarithmierung dieses Ansatzes kann man die Elastizitäten $\epsilon_e, \epsilon_k, \dots, \epsilon_{ti}$ durch lineare Regressionsrechnung schätzen. Die angewendete Funktion ist eine von mehreren in der Praxis verwendeten Funktionstypen. Aus didaktischen Gründen und aus Praktikabilitätsabwägungen erweisen sich allerdings der Potenz- und lineare-Ansatz als hervorhebenswert.¹² Die Schätzung dieser Koeffizienten erfolgt entsprechend der Datenbasis auf hohem Aggregationsniveau. Neben direkten Elastizitäten,

¹⁰ SPSS 7.5 für Windows

¹¹ Vgl.: Cerwenka P., Hauger G., Neuverkehr – Realität oder Phantom?

¹² Vgl.: Cerwenka P., Hauger G., Neuverkehr – Realität oder Phantom?

d.h. Verkehrsnachfrageveränderungen eines Verkehrsmittels durch die Veränderung einer Einflussgrösse dieses Verkehrsmittels, werden auch Kreuzpreiselastizitäten berücksichtigt, also die Nachfrageänderung eines Verkehrsmittel durch die Veränderung einer Einflussgrösse bei einem anderen Verkehrsmittel. Aus der Gleichung (1.1.) kann abgeleitet werden, dass ϵ gemäss Gleichung [2] eine solche Elastizität darstellt, bei der der gesamte Verlauf der Verkehrsnachfragefunktion konstant ist.

2.2.2 Statistische Auswertungsmethoden für die Querschnitts- und Zeitreihenanalyse

(1) Nachfolgend wird ein kurzer Überblick über die verwendeten statistischen Verfahren für die Ermittlung von Elastizitäten dargestellt.

(2) Regressions- und Korrelationsanalysen werden sowohl in Zeitreihenanalysen (zeitraumbezogenen Längsschnittuntersuchungen) als auch in zeitpunktbezogenen Querschnittsanalysen verwendet. Mit Hilfe der **Regressionsanalyse** lassen sich Art und Richtung des vermuteten funktionalen Zusammenhangs einer abhängigen Variablen mit einer oder mehreren unabhängigen Variablen bestimmen und vorhersagen. Die Anwendung der Regressionsanalyse (Schätzung und Prüfung der Signifikanz von Parameterwerten) verlangt die Spezifizierung des Regressionsansatzes¹³:

- Durch die Verbindung sachbezogener Überlegungen mit statistischen Testverfahren ist zu definieren, welche und wieviele unabhängige Variablen zur Erklärung der abhängigen Variablen heranzuziehen sind.
- Wie stark sind die Zusammenhänge zwischen abhängiger und unabhängiger Variablen? Welche Vorzeichen und Grösse haben die Koeffizienten?
- Durch Plausibilitäts- und schätztechnische Zweckmässigkeitsüberlegungen wird der erwartete Funktionstyp für die Zusammenhänge bestimmt. Lineare Regressionsfunktionen werden dabei am häufigsten verwendet.

Für die lineare multiple Regression wird folgender Ansatz formuliert: $y = b_0 + b_1 \cdot x_{1i} + b_2 \cdot x_{2i} + \dots + b_m \cdot x_{mi} + e$.

Es wird hierbei angenommen, dass sich die abhängige Variable durch systematische Einflüsse $m+1$ der unabhängigen Variablen x_i erklären lässt. Für die Schätzung der Elastizitäten ist es rechnerisch von Vorteil, die Variablen x_i und y vorab zu logarithmieren. In diesem Fall (vgl. Funktionsform [2]) sind dann die gesuchten Elastizitätskoeffizienten mit den geschätzten Regressionskoeffizienten identisch. Die Regressionskoeffizienten sind mit der Methode der kleinsten Quadrate zu bestimmen, indem die Summe der quadrierten Abweichungen e (Residualgrösse), $\sum e_i^2 = \sum [Y_i - (b_0 + b_1 x_{1i} + \dots + b_m x_{mi})]^2$, minimiert wird.

(3) Ziel der **Korrelationsanalyse** ist, die Stärke des linearen (nicht funktionalen) Zusammenhangs zweier oder mehrerer Variablen zu identifizieren (sowohl zwischen abhängiger und unabhängiger, als auch zwischen zwei unabhängigen Variablen). Am häufigsten wird der Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizient verwendet, der die Stärke des linearen Zusammenhangs in einer einzigen zwischen -1 und 1 liegenden Masszahl ausdrückt. Da lediglich der

¹³ Vgl. SCHAICHE, E., Schätz- und Testmethoden für Sozialwissenschaften, München 1977

lineare Zusammenhang gemessen wird, bedeutet ein kleinerer Koeffizient nicht einen geringeren Zusammenhang, sondern nur einen geringeren linearen Zusammenhang. Ein positives Vorzeichen zeigt einen gleichläufigen, ein negatives Vorzeichen einen gegenläufigen Zusammenhang der Variablen. Je näher die Werte bei 1 oder -1 liegen, desto stärker ist der lineare Zusammenhang zwischen den Variablen.

(4) Wie hoch der Einfluss aller Regressoren (also unabhängigen Variablen) auf die abhängige Variable ist, wird durch das **Bestimmtheitsmass** r^2 bestimmt. Es bringt zum Ausdruck, wie hoch der Anteil der Summe der durch die Regressionsfunktion erklärten Abweichungsquadrate an der Summe aller Abweichungsquadrate ist. Das bedeutet, dass es das Verhältnis von erklärter Streuung zur Gesamtstreuung darstellt. Das Bestimmtheitsmass ist umso grösser, je höher der Anteil der erklärten Streuung an der Gesamtstreuung ist. Im Extremfall, wenn also die gesamte Streuung erklärt wird, ist $r^2=1$, im anderen Extremfall entsprechend $r^2=0$.

(5) Um die Aussage der berechneten Regressionskoeffizienten zu überprüfen, ist auch eine sachbezogene Plausibilitätskontrolle durchzuführen. Neben dem Korrelationstest und dem Bestimmtheitsmass wird zur Überprüfung der Annahme der Nicht-Autokorrelation der Residuen der **DURBIN-WATSON-Test** durchgeführt. Als Faustregel gilt dabei, dass ein Wert d des Durbin-Watson-Tests (d =Indexwert) zwischen 1,5 und 2,5 keine Autokorrelation bedeutet. Nähert sich d dem Wert 0, ist mit einer positiven Autokorrelation, nähert sich d dem Wert 4, mit einer negativen Autokorrelation zu rechnen¹⁴.

(6) Mit dem **Signifikanztest** wird überprüft, ob die Regressionskoeffizienten beispielsweise signifikant von null verschieden sind, ob also die betreffenden unabhängigen Variablen die abhängige Variable tatsächlich systematisch beeinflussen. Auf der Basis dieser Signifikanz wird entschieden, welche Variablen in der Regressionsgleichung enthalten sein sollen. Als Plausibilitätsgrenze wurde hier eine Signifikanz von 95% (bzw eine Irrtums-wahrscheinlichkeit von 5%) angenommen.

¹⁴ Backhausen, Erichson, Plinke, Weiber; Multivariate Analysemethoden

2.2.3 Festlegung der Systemabgrenzung, Segmentierung und Variablenwahl

(1) Die Segmentierung der Nachfrageelastizitäten ist von der Verfügbarkeit und der Qualität der vorhandenen Datenbasis abhängig. Die Schätzung der direkten Elastizitäten des Verkehrsaufkommens wurde als Untersuchungsziel definiert. Dabei muss die Berechnung der Kreuzelastizitäten berücksichtigt werden, um Fehler bei direkten Elastizitäten zu vermeiden (im Gegensatz dazu wird die Kreuzelastizität in der direkten Elastizität versteckt). Gerechnet werden die Elastizitäten des Verkehrsaufkommen im

- Öffentlichen Verkehr (ÖV) und im
- Motorisierten Individualverkehr (MIV).

(2) Bei einigen Nachfragesegmenten werden entsprechend der Datenbasis auch die Fahrleistungselastizitäten berechnet. Weiterhin wird der Verkehr zwischen Agglomerationen (Fernverkehr) und innerhalb von Agglomerationen (Stadtverkehr) unterschieden. Als Agglomeration wird hier vor allem der Verkehr innerhalb der Stadtgrenzen (Innerortsnetz) verstanden. Für die Ermittlung der Elastizitäten des Öffentlichen Verkehrs aus Vorher-Nacher-Analysen durch die Einführung der S-Bahn in der Region Zürich werden auch zusätzlich die Elastizitäten ermittelt, die den regionalen Verkehr repräsentieren. Eine Unterscheidung der Elastizitäten nach Fahrtzwecken (Beruf und Geschäft, andere) war wegen ungenügender Qualität der Datengrundlage nicht möglich. Neben Zeit- und Preiselastizitäten werden auch Frequenzelastizitäten im Öffentlichen Verkehr sowie Elastizitäten der Pw-Dichte analysiert.

(3) Bei der Ermittlung der Elastizitäten werden alle die betrachtete abhängige Variable beeinflussenden unabhängigen Variablen berücksichtigt und getestet. Es handelt sich dabei um folgende Variablen: Verfügbares Einkommen pro Kopf, Pw-Kosten (Out-of-pocket-Kosten), ÖV-Tarife, ÖV-Angebot (Betriebsleistungen Zug-km, Wagen-km), Pw-Bestand, Einwohner, Geschwindigkeit IV.

2.2.4 Datengrundlage

(1) Für die Ermittlung der Elastizitäten wurden zwei unterschiedliche Methoden angewandt.

Für die Vorher-Nachher-Analyse wurden Fallbeispiele ausgewählt, bei denen konkrete nachfragebeeinflussende Massnahmen durchgeführt wurden. Es handelt sich hierbei v.a. um Beispiele aus dem Öffentlichen Verkehr, für welche sich Frequenz- und Zeitelastizitäten ausrechnen lassen. Im MIV wird ein Versuch mit Ergebnissen aus Verkehrsuntersuchungen zur A3 (Autobahn Basel-Zürich) durchgeführt.

(2) Zur Ermittlung der Nachfrageelastizitäten anhand der Zeitreihenanalyse dienen zwei verschiedene Datenquellen:

1. Statistische Datenbasis: Veröffentlichte- und Unternehmens Statistiken, vorhandene Untersuchungen

Aus dieser Datengrundlage wurden sowohl unabhängige als auch abhängige Variablen für verschiedene Jahre übernommen. Bei den unabhängigen Variablen handelt es sich um ÖV-Tarife, Benzinpreisentwicklungen, verfügbare Pro-Kopf, Pw-Bestand, Betriebsleistungen etc. Bei den abhängigen Variablen wurden die Nachfrageentwicklungen in den öffentlichen Verkehrsbetrieben (Anzahl Reisenden), bei SBB (Anzahl Reisenden) und im MIV (Verkehrszählungen und Fahrleistungen) definiert. Es wurde der Zeitraum zwischen 1985 und 1995/1997 betrachtet. Hauptdatenquellen sind hier:

- Schweizerische Verkehrsstatistik,
- Statistik "Der öffentliche Verkehr",
- Statistisches Jahrbuch CH,
- Schweizerische Strassenverkehrszählungen,
- SBB – Daten und- Untersuchungen,
- Strassenverkehrszählungen der Kantone Basel und Zürich,
- Fahrleistungen des privaten Strassenverkehrs 1990 - 2015 (DGVF),
- Geschäftsberichte der Verkehrsbetriebe Zürich (VBZ), Basler Verkehrs-Betriebe (BVB) und Baselland Transport AG (BLT),
- Touring Club Schweiz, etc.

Für die Ermittlung der Tarifentwicklungen in den ÖV-Betrieben wurde eine kleinere Befragung von 7 Betrieben durchgeführt. Zur Ermittlung der Entwicklung der Geschwindigkeiten wurden

Daten der SBB, des Mikrozensus, aus Strassenverkehrszählungen sowie Geschwindigkeitsmessungen des Kantons Basel-Stadt verwendet.

2. Die periodischen Erhebungen zum Verkehrsverhalten in der Schweiz

⇒ Mikrozensus Verkehr 1984, 1989, 1994,

⇒ Kontinuierliche Erhebung Personenverkehr (KEP) der SBB 1984, 1989, 1994.

Die Daten des Mikrozensus Verkehr wurden vom Bundesamt für Statistik und vom Dienst GVF, die KEP-Daten von den SBB zur Verfügung gestellt. Diese Daten liefern Informationen über das Verkehrsverhalten der Schweizer Bevölkerung zwischen 1984 und 1994. Zusätzlich wurden aus den Mikrozensus auch die Daten über die Geschwindigkeitsentwicklungen verwendet. Für die Ermittlung der Nachfrageelastizitäten erwiesen sich diese Daten als wenig geeignet. Die Hauptursache liegt darin, dass es sich nicht um eine kontinuierliche Befragung der gleichen Personen und in der Stichprobenauswahl nicht um gleichermassen abgegrenzte Regionen handelt. Unterschiedliche regionale Charakteristika der Stichproben (räumliche Verteilung der Stichprobe) in verschiedenen Jahren führten durch unterschiedliche Verkehrsangebote gegenüber der Realität zu einer unplausiblen Mobilitätsentwicklung nach Verkehrsmitteln. Dadurch ist die Ermittlung von vergleichbaren absoluten Mobilitätskennziffern nach Verkehrsmitteln und Jahren nicht möglich.

2.2.5 Ermittlung der Elastizitäten aus der "Vorher-Nachher"-Analyse

(1) Für die Ermittlung von Elastizitäten durch Vorher-Nacher-Vergleiche ist es nötig, die Daten der abhängigen und unabhängigen Variablen vor und nach den jeweils durchgeführten Massnahmen zu erheben. Dabei muss der Zeitraum zwischen den zwei Datenerhebungen berücksichtigt werden, und zwar neben dem Einfluss der Massnahmen allein auch alle anderen die Nachfrage beeinflussenden Veränderungen. Bei der hier zur Verfügung stehenden Datengrundlage handelt es sich vor allem um kurzfristige Datenerhebungen, d.h. kurz vor und nach der Massnahme. Dabei wurden vor allem die Massnahmen analysiert, die von den SBB im Eisenbahnverkehr durchgeführt wurden. Im Mittelpunkt steht dabei die Frequenzerhöhung, die auf mehreren Strecken in den letzten Jahren durchgeführt wurde, sowie die verbesserte Erreichbarkeit durch die Einführung neuer direkter Verbindungen. Im Fall der Linie Bern-Solothurn (Betreiber: RBS, Regionalverkehr Bern - Solothurn) wurde parallel zur Frequenzerhöhung auch eine Fahrzeitverkürzung erreicht.

(2) Bei der Einführung der Zürcher S-Bahn wurde neben der erhöhten Frequenz und neuer direkter Verbindungen auch neues Rollmaterial als zusätzlicher nachfragebeeinflussender Faktor bereitgestellt. Wegen der gleichzeitigen Einführung mehrerer Massnahmen war es hier nicht möglich, eine klare Aussage über die Bedeutung der einzelnen Massnahmen zu treffen.

Vorher-Nacher-Analyse¹⁵ des "Impuls 97-Programmes" der SBB

(1) Hierbei wurden fünf Eisenbahnstrecken analysiert, bei denen Frequenzveränderungen stattgefunden haben. Analysiert wurden die Daten über die Anzahl der Reisenden und die Betriebsleistungen (Zugkilometer) vor und nach der Frequenzerhöhung der Strecken Zürich - Bern, Zürich - St.Gallen, Lausanne - Brig, Zürich - Chur und Aarau - Suhr - Safenwil. Da es sich um relativ kurzfristige Analysen handelt (innerhalb von zwei Jahren), sind wir davon ausgegangen, dass es keine anderen bedeutenden Nachfrageeinflüsse in dieser Periode gegeben hat. Die Ergebnisse der Frequenz-Elastizitäten in Abhängigkeit von der Massnahmengrösse werden in der folgenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 10: Elastizitäten der Frequenzänderungen im Schienenpersonenverkehr

Frequenz Änderungen [Zugkilometer]	Frequenzelastizität der Verkehrsnachfrage			
	Alle Tage	MO-FR	SA	SO
12%	0.57	0.59	0.57	0.53
21%	0.40	0.35	0.37	0.47
45%	0.34	0.28	0.34	0.40
100%	0.21*	0.17		

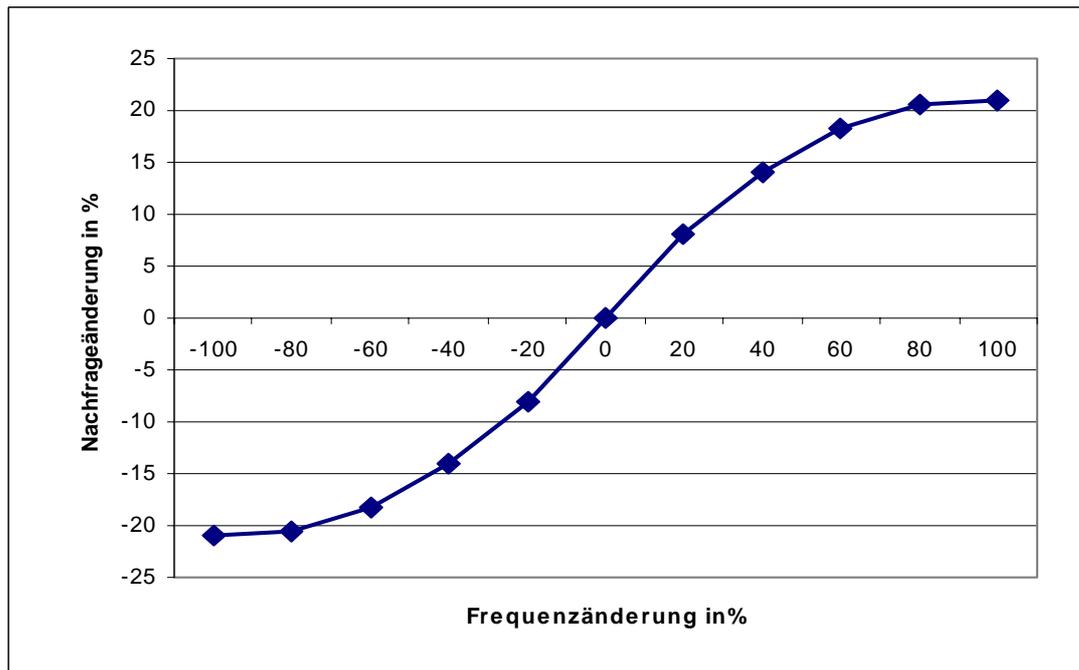
(*) Schätzungen

Die Elastizitäten verhalten sich nicht gleichförmig zur Erhöhung der Massnahmengrösse, sondern mit zunehmender Erhöhung der Frequenz reduziert sich der Elastizitätswert.

Unter der nicht zu erwartenden Annahme, dass Symmetrie bei den Frequenzelastizitäten vorliegt, d.h. dass ohne weiteres eine Frequenzreduktion die gleiche Veränderung bei einer Nachfragereaktion verursacht wie eine Frequenzerhöhung, sind die Elastizitäten dem folgenden Diagramm zu entnehmen.

Diagramm 1: Nachfrageänderung in Abhängigkeit von der Frequenz (unter der Annahme gegebener Symmetrie der Elastizitäten)

¹⁵ Alle Daten für diese Analyse wurden freundlicherweise von den SBB zu Verfügung gestellt



(2) Als Beispiel für die Ermittlung der Zeitelastizität wurde die Nachfrageränderung auf der Strecke Bern - Solothurn analysiert. Auf dieser Strecke wurde eine 26%-ige Frequenzerhöhung und eine 10%-ige Fahrzeitverkürzung eingeführt. Durch die Anwendung der Frequenzelastizitäten aus den o.g. Strecken mit ungefähr gleicher Frequenzveränderung wurden die Nachfrageeffekte zwischen diesen beiden Massnahmen getrennt und dadurch auch die Zeitelastizität berechnet. Nicht berücksichtigt sind hier die Faktoren Komfort und erhöhte Kapazitäten (Kapazitätsengpass vor den Massnahmen) in den Zügen. Dies führt dazu, dass die hier berechneten Zeitelastizitäten überschätzt sind und dementsprechend mit Vorsicht zu benutzen sind.

Tabelle 11: Die Fahrzeitelastizität (Aufkommens) im Schienenpersonenverkehr

	Zeitelastizitäten der Verkehrsnachfrage			
	Alle Tage	MO-FR	SA	SO
Nach 1 Jahr	-0.97	-1.15	-0.60	-1.07
Nach 2 Jahren	-1.20	-1.07	-1.31	-1.34

Einführung der S-Bahn im Kanton Zürich

(1) Im Kanton Zürich wurde am 27. Mai 1990 die S-Bahn eingeführt. Dadurch wurde neben der Einführung des ½-Stunden-Takts auch die Reisezeit verkürzt, die Erreichbarkeit verbessert und neues Rollmaterial (Doppelstockwagen) zur Verfügung gestellt. Die Nachfrage-reaktion ist je nach betrachteter Strecke sehr unterschiedlich, abhängig von der Linienlage und den jeweiligen Massnahmen. Die Verkehrsnachfrage wurde vor (1989) und nach Einführung der S-Bahn (1990-1994) analysiert. Aufgrund der Daten konnte der Einfluss der Preise auf die

Nachfrageentwicklung nicht berücksichtigt werden. Allgemein wurde mit der Einführung des S-Bahn und dem Züricher Verkehrsverbund ein „einfacheres“ Tarifsystem eingeführt ohne bedeutende Fahrpreiserhöhung. Daher gehen wir davon aus, dass sich die Nachfrageveränderung durch den o.g. Massnahmeneinfluss ergibt. Zusätzlich wurden bei einzelnen Strecken auch andere sozioökonomische Charakteristika und Parameter berücksichtigt¹⁶. Analysiert wurde die Angebots- und Nachfrageentwicklung in 7 Korridoren: Linkes Ufer, Knonaueramt, Limmattal, Furttal, Unterland, Glattal/Oberland, Rechtes Ufer.

(2) Als Frequenzelastizität bei der Einführung des ½-Stunden-Taktes wurde ein Wert zwischen 0.10 und 0.15 ermittelt. Dieser relativ kleine Elastizitätswert ist vor allem durch die Massnahmengrösse zu erklären, weil es sich um eine sehr starke Veränderung des Frequenzangebotes handelt. Durch die Einführung von Doppelstockwagen (neues Rollmaterial) ist mit einer Erhöhung der Verkehrsnachfrage zwischen 4% und 8% zu rechnen¹⁷. Ähnlich wie bei den o.g. Zeitelastizitäten für die Strecke Bern-Solothurn ist auch hier eine Trennung des Einfluss der erhöhten Kapazität nicht möglich, so dass diese Ergebnisse auch als obere Grenze zu verstehen sind und dementsprechend mit Vorsicht zu benutzen sind.

(3) Die hier ermittelten Fahrzeitelastizitäten beinhalten neben dem Zeitgewinn auch die Vorteile, die sich durch die Vermeidung von Umsteigevorgängen ergeben. Hinzu kommen die Attraktivität und die Bedeutung der einzelnen Zielorte. Bei den meisten Linien bewegen sich die Elastizitäten in einer Spannweite von 0.6 bis 1.5 (im Durchschnitt bei 1.2). Bei zwei Linien, Rechtes Ufer/Korridor 9 (Verlagerung innerhalb der S-Bahn-Linien) und Furttal/ Korridor 4, konnten aufgrund unterschiedlicher Massnahmenauswirkungen die Zeitelastizitäten nicht sauber quantifiziert werden. Beim Korridor 4 (Linie S6 Baden-Regensdorf) erhöht sich die ÖV-Nachfrage im ersten S-Bahn-Jahr um 83% und bis 1992 um 115%. Neben der Frequenzerhöhung ist dieses Wachstum hauptsächlich auf die Verlängerung dieser Linie über Oerlikon und den Hauptbahnhof nach Stadelhofen zurückzuführen. Damit sind diese Elastizitäten nicht als klassische Fahrzeitelastizitäten zu verstehen, die sich nur durch einen reinen Zeitgewinn ergeben. Der Zuwachs ergibt sich teilweise auch durch die Verlagerung von andere Linien, weshalb die Aussagekraft der Nachfrageelastizitäten mit vielen Unsicherheiten verbunden ist.

(4) Es ist festzustellen, dass die Nachfragereaktion in engem Zusammenhang mit dem siedlungsstrukturellen Umfeld der Linien stehen, d.h. dass z.B. eine neue Direktverbindung zum Hauptbahnhof einen stärkeren Nachfrageeinfluss hat als zu einem weniger bedeutenden Ziel. Von den sozioökonomischen Merkmalen wurde die Bevölkerungszu- und -abnahme bei einigen Linien berücksichtigt. Nicht berücksichtigt wurde dagegen die Beschäftigungsentwicklung in einzelnen Regionen, die allerdings einen Einfluss auf die Nachfrage haben könnte.

¹⁶ Bericht: Fünf Jahre S-Bahn: SBB-Fahrgastfrequenzen 1989-1994 im Züricher Verkehrsverbund

¹⁷ Bericht: Fünf Jahre S-Bahn: SBB-Fahrgastfrequenzen 1989-1994 im Züricher Verkehrsverbund

(5) Im MIV wurde ein Versuch mit den Ergebnissen der Verkehrsuntersuchungen der Autobahn A3¹⁸ Zürich-Basel durchgeführt. Hier wurde ein zusätzliches Verkehrsaufkommen von ungef. 8% festgestellt (Neuverkehr und Verlagerung von Bahnfahrten). Um eine Zeitelastizität zu definieren, ist es erforderlich, genaue Quell-Ziel-Beziehungen sowie Reisezeitersparnisse zu erfassen. Unter der sehr groben Annahme, dass die Zeitersparnisse im Durchschnitt 20% betragen, ergibt sich hier eine Zeitelastizität von -0.4.

¹⁸ Abay&Meier, Jenni+Gottardi, R.Mögerle, SNZ; Verkehrsuntersuchung A3, 1998

2.2.6 Ermittlung von Elastizitäten aus der Zeitreihenanalyse

2.2.6.1 Elastizitätenrechnungen aus der statistischen Datengrundlage

(1) Für die Ermittlung von Elastizitäten aus der statistischen Datengrundlage wurden hier zwischen 1985 und 1997 alle verfügbaren Statistiken zur Entwicklung der Verkehrsnachfrage und Sozioökonomie berücksichtigt. Die Entwicklungen einiger dieser Variablen in der Schweiz (Eckdaten) sind in Diagramm 2 und 3 dargestellt. In einem ersten Schritt wurden für eine definierte abhängige Variable alle Einflussfaktoren der Verkehrsnachfrage (unabhängige Variable) bestimmt, die dann durch die Korrelationsanalyse bearbeitet wurden. Durch die Korrelationskoeffizienten wurden die Zusammenhänge zwischen den Variablen bestimmt. In einem nächsten Schritt wurden durch die Regressionsanalyse die Zusammenhänge zwischen abhängiger und unabhängigen Variablen berechnet. Hier wurden drei statistische Prüfmasse kontrolliert: Bestimmtheitsmass (r^2), Durbin-Watson-Test und die Signifikanz der berechneten Koeffizienten. Durch die Logarithmierung der Variablen können die aus der Regressionsanalyse berechneten Koeffizienten direkt als Elastizitäten übernommen werden. Neben der „klassischen“ Rechnung der Elastizitäten aus der Regressionsanalyse wurden einige Beispiele auch mit der Anwendung des ARIMA-Modells, auch als „Box-Jenking“-Modell bekannt, durchgeführt, um die Bedeutung des Faktors Zeit bei der Zeitreihenanalyse noch zu erklären. Die daraus ermittelten Elastizitäten haben gegenüber den Ergebnissen aus der Regressionsanalyse marginale Unterschiede gezeigt.

Diagramm 2: Angebots- und Nachfrageentwicklung 1985-1995 [Index 1985=100]

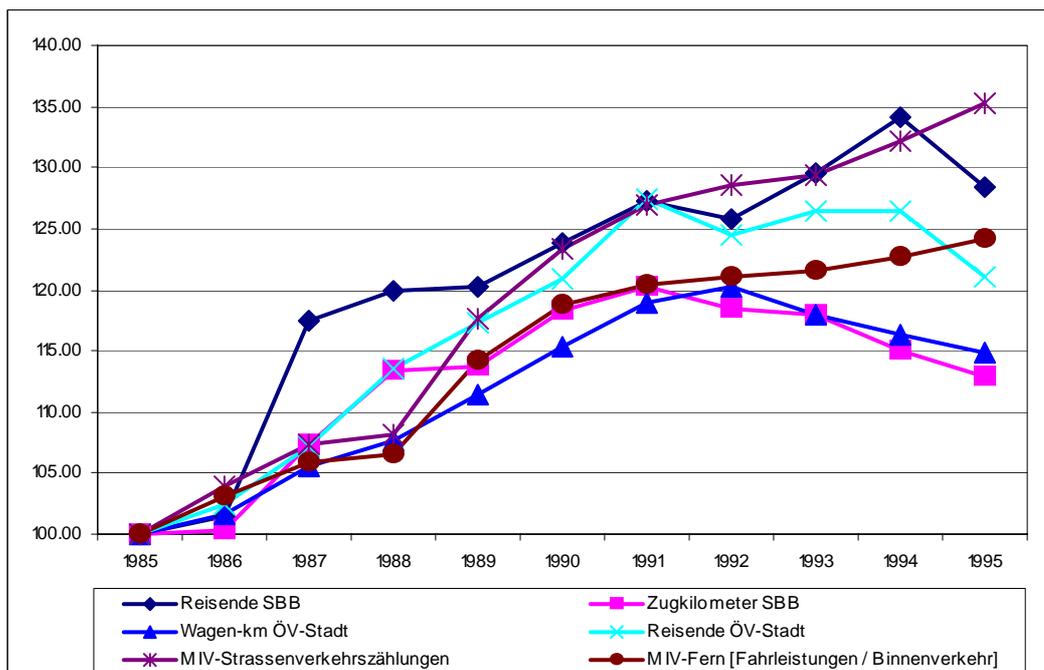
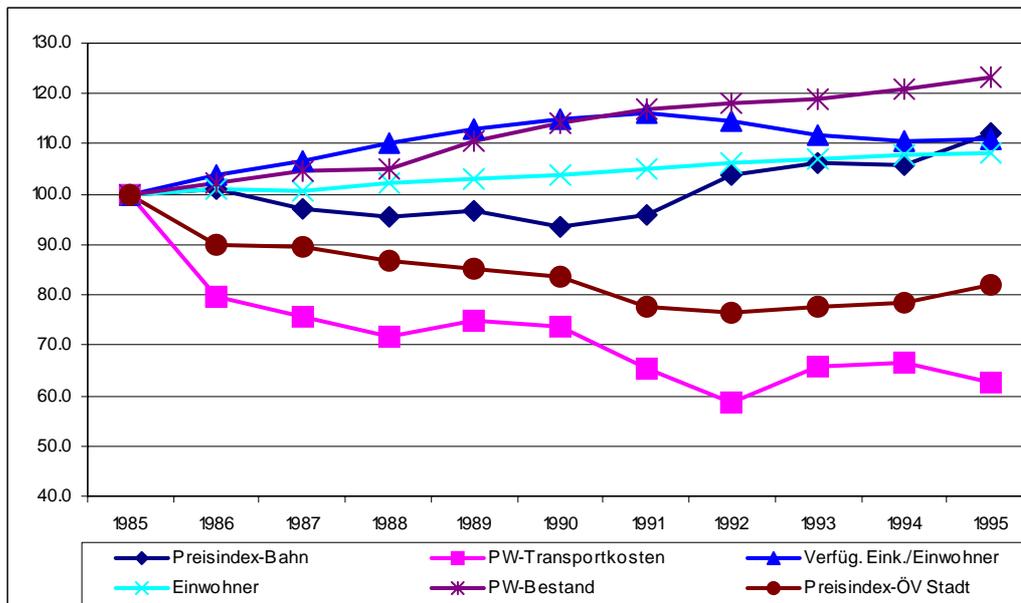


Diagramm 3: Entwicklung einiger nachfragebeeinflussender Faktoren [unabhängige Variable] – Index 1985=100; reale Preise



Elastizitäten des Pw-Bestandes

(1) Bei der Ermittlung der Elastizitäten des Pw-Bestandes wird die Datengrundlage nach Kantonen differenziert betrachtet. Berücksichtigt wurden die Einwohnerzahl, verfügbares Pro-Kopf-Einkommen und Pw-Out-of-pocket-Kosten. Ein Versuch, die IV-Geschwindigkeit einzuschliessen, ergab keinen Zusammenhang mit dem Pw-Bestand (Korrelation 0.09). Eine Differenzierung innerhalb von und zwischen Agglomerationen konnte aus Mangel an geeigneten Daten nicht durchgeführt werden.

Tabelle 12: Elastizitäten des Pw-Bestandes

Elastizitäten des Pw-Bestandes	
Konstante	-3.54
Einkommen	0.28
Einwohnerzahl	1.59
PW-Transportkosten	-0.10
R-Quadrat	0.90

(2) Die hier berechneten Elastizitäten beziehen sich auf den Zeitraum von 1985 bis 1997. Dabei ist für den Pw-Bestand das Wachstum der Einwohnerzahl, welches in der betrachteten Periode auf Migrationseffekte zurückzuführen sein könnte, von Bedeutung (zwei neue Einwohner bringen auch zwei Pw mit). Erwartungsgemäss ist bei einem schon höheren Motorisierungsgrad die Abhängigkeit des Wachstums des Pw-Bestandes vom Einkommen

relativ klein. Es ist zu erwarten, dass mit weiterem Wachstum des Motorisierungsgrades diese Abhängigkeit kontinuierlich schwächer wird. Die Elastizität der Pw-Out-of-pocket-Kosten wird vor allem durch die Senkung des Benzinpreises (auf Basis realer Preise) erklärt. Ob diese Elastizitäten auch für eine Preiserhöhung gelten, kann durch die Berücksichtigung eines längeren Zeitraumes festgestellt werden. Im betrachteten Zeitraum sind nur marginale Veränderungen des Benzinpreises zu verzeichnen, was bedeutet, dass die hier ermittelten Elastizitäten im Falle einer "dramatischen" Veränderung mit Vorsicht und als untere Grenze zu interpretieren sind.

Öffentlicher Stadtverkehr

(1) Für die Ermittlung der Nachfrageelastizitäten im städtischen öffentlichen Verkehr wurde eine Analyse für sieben grössere Städte durchgeführt. Es handelt sich dabei um die Städte Basel, Zürich, Bern, Luzern, Lugano, Lausanne und St. Gallen. Analysiert wurden die Variablen für die Jahre 1985 bis 1995. In einem ersten Schritt wurden folgende Variablen analysiert: Beförderte Passagiere, Betriebsleistungen (in Wagen-km), ÖV-Tarife, Out-of-pocket-Kosten im MIV, verfügbares Pro-Kopf-Einkommen, Pw-Bestand, Einwohner und Geschwindigkeit im MIV.

(2) Für die Ermittlung der mittleren Reisegeschwindigkeit im IV wurden die Daten des Mikrozensus Verkehr 1984, 1994 (der MZ 1989 musste wegen Unplausibilität ausgeschlossen werden), Strassenverkehrszählungen für die Städte Zürich und Basel sowie die Geschwindigkeitsmessungen im Bereich Basel-Stadt verwendet. Auf der Basis der Daten der Strassenverkehrszählungen (Basel und Zürich) wurde mit Hilfe der Geschwindigkeitsfunktion (EWS: Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Strassen, 1997) die mittlere Geschwindigkeitentwicklung berechnet. Der Verlauf dieser Funktion zeigt, dass im Innerortsnetz ab 1990 eine Geschwindigkeitsreduktion festzustellen ist. Aus den Geschwindigkeitsmessungen konnten diese Ergebnisse nicht bestätigt werden, was vor allem auf die Standorte der Messstellen zurückzuführen ist (überwiegend bei den Stadtautobahn-messstellen). Es ist davon auszugehen, dass nicht nur durch höhere Netzbelastungen, sondern vor allem auch durch Verkehrsberuhigungsmassnahmen im Innerortsnetz eine Geschwindigkeitsreduktion im betrachteten Zeitraum (vor allem ab 1990) stattgefunden hat. Eine genauere Quantifizierung war hier mit den vorhandenen Daten nicht möglich.

(3) Als unabhängige Variable konnte das veränderte Parkplatzangebot im Stadtverkehr nicht berücksichtigt werden, was aber für die Verkehrsmittelwahl ein wichtiger Parameter ist. Damit ist zu erwarten, dass für diese Elastizität ein nicht erklärtes Residuum bleibt oder in einer anderen Elastizität "versteckt" wird. In der TRACE Untersuchung ist die Parkgebühr Elastizität (Reiseweite von 0 bis 5 km) bezogen auf die PW-Fahrten zwischen -0.21 (kurzfristig) und -0.24 (langfristig) über alle Fahrtzwecke.

(4) Die Variablen des verfügbaren Pro-Kopf-Einkommens und alle Preis-Variablen wurden auf Basis realer Preise berechnet. Da im städtischen ÖV keine bekannte und bedeutende Reisezeitveränderung stattgefunden hat, ist auch die Ermittlung dieser Elastizität nicht mög-

lich. Für die Ermittlung von Elastizitäten wurden mehrere Kombinationen von unabhängigen Variablen durch die Regressionsanalyse getestet, um zu sehen, wie stabil sie sind bzw. welche Kombinationen von vermuteten Einflussvariablen den grössten Zusammenhang mit der abhängigen Variablen besitzen. Die berechneten Ergebnisse sind in Tabelle 13 dargestellt:

Tabelle 13: Elastizitäten des öffentlichen Stadtverkehrs (Anzahl Personenfahrten)

ÖV-Elastizitäten	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5	Spannweite
Konstante	-4.12	-4.95	-4.05	1.20	2.56	
ÖV-Angebot*	0.41	0.34	0.29	0.35	0.25	0.25 / 0.4
ÖV-Preis	-0.24	-0.22	-0.29	-0.28	-0.26	-0.22 / -0.29
Einkommen		0.62			0.75	0.62 / 0.75
Einwohnerzahl	1.73	1.33	2.47	1.75	1.21	1.2 / 2.5
PW-Bestand			-0.59	-0.37	-0.48	-0.4 / -0.6
Geschwindigkeit MIV				-0.71	-1.03	-0.7 / -1.0
R-Quadrat	0.69	0.72	0.7	0.7	0.75	

(*) Betriebsleistungen = Wagen-km

(5) Durch die Ermittlung von unterschiedlichen Kombinationen von Variablen ist zu erkennen, wie bedeutend die Berücksichtigung aller beeinflussenden Variablen für die Elastizitätsgrösse ist, und dass die Nicht-Berücksichtigung einer Variablen zur Veränderung der Elastizität einer anderen Variablen führt. Da nur grössere Städte analysiert wurden (mit niedrigerem Wachstum des Pw-Bestandes), ist eine starke Korrelation zwischen den Variablen Einkommen und Pw-Bestand hier nicht vorhanden (Korrelationskoeffizient 0.4). Es ist zu bemerken, dass sich die Einwohner-Elastizität durch die unterschiedliche Anzahl von Variablen in dem Modell sehr stark verändert (je geringer die Anzahl von berücksichtigten Variablen desto grösser ist die Einwohner-Elastizität bzw. nicht berücksichtigte Variablen werden durch diesen Koefizienten dargestellt) und dadurch auch die Elastizität einzelner Variablen beeinflusst (Multikollinearität).

(6) Im Vergleich mit der Studie von Basys/Brains sind die Einkommenselastizitäten höher. Relativ stabil sind die Elastizitäten für ÖV-Preise, Einkommen und das ÖV-Angebot. Der Einfluss des Pw-Bestandes auf die ÖV-Nachfrage zeigt eine starke Abhängigkeit vor allem von der Geschwindigkeitselastizität. Schliesst man die Geschwindigkeitsvariablen aus der Regressionsanalyse aus, ist diese Elastizität höher (-0.6 bis -0,78) als im Fall der Berücksichtigung dieser Variable (0.37 bis 0.48). Die hier berechneten Elastizitäten der Variable des ÖV-Angebots sind als Frequenz-Elastizitäten zu verstehen, weil zusätzlich erbrachte Betriebskilometer überwiegend durch verdichtete Fahrpläne erbracht wurden.

Schienerpersonenverkehr

(1) Für die Analyse der Nachfrageelastizitäten im öffentlichen Verkehr zwischen Agglomerationen wurden die Verkehrsdaten der SBB verwendet. Daher beziehen sich die hier ermittelten Elastizitäten auf den Schienenpersonenverkehr. Im Modell wurden folgende unabhän-

gige Variablen eingeschlossen: Betriebsleistung, Bahnpreis, verfügbaren Pro-Kopf-Einkommen, Einwohnerzahl, Pw-Bestand, Pw-Out-of-pocket-Kosten und Geschwindigkeit IV für den Zeitraum von 1984 bis 1997. Wegen der schwachen Korrelation und Autokolarität wurden die Kreuz-Variablen Pw-Bestand, Pw-Kosten und Geschwindigkeit IV ausgeschlossen.

Tabelle 14: Elastizitäten des Schienenpersonenverkehrs (Anzahl Personenfahrten)

ÖV- Elastizitäten (Bahn)	
Konstante	-8.60
ÖV - Preise	-0.22
ÖV - Angebot*	0.41
Einwohnerzahl	2.33
Einkommen	0.35
R-Quadrat	0.93
Zeit ÖV	0.6

(*) Betriebsleistung = Zugkilometer

(2) Es wurde angenommen, dass die relativ niedrige Einkommenselastizität durch die Nichtberücksichtigung der Variable Pw-Bestand zu erklären ist. Bei der Analyse der Datengrundlage zeigte sich, dass eine nicht kontinuierliche Nachfrageentwicklung bei der SBB vor allem in den Jahren 1986 und 1987 zu einem relativ instabilen Modellzustand geführt hat, was mit den vorhandenen quantifizierbaren Variablen schwer zu erklären ist. Aus diesem Grund konnten die Kombinationen von mehreren unterschiedlichen Variablen nicht getestet werden, bzw. führten diese zu unplausiblen Ergebnissen. Die Variablen Pw-Out-of-pocket-Kosten und Geschwindigkeit MIV zeigten für diese Periode keinen bedeutenden Einfluss auf die Nachfrage im Schienenpersonenverkehr. Der schwache Einfluss des Benzinpreises in diesem Zeitraum lässt sich durch die stabilen Preise (nominal) erklären. Dies gilt nicht für die Geschwindigkeiten im MIV, da hier Kapazitätsprobleme im Strassenverkehr, vor allem im Berufsverkehr, auch Einfluss auf den Modal-Split haben. Die Nicht-Berücksichtigung dieser Variablen (MIV-Angebot) zeigte sich in dem Modell vor allem durch die sehr grosse Einwohner-Elastizität. Damit sind in diesem Koeffizienten (ähnlich ist es auch beim MIV und Öffentlichen Stadtverkehr) auch Bedeutungen von dieser nicht berücksichtigten Variable versteckt.

(3) Um die direkte Fahrzeitelastizität im ÖV zu ermitteln, wurde unter Anwendung der oben gerechneten Elastizitäten auf der Strecke Basel-Zürich die Verkehrsnachfrage in der Vergangenheit berechnet. Neben der Frequenz- und Preisveränderung auf dieser Strecke wurde ab 1990 eine Fahrzeitverkürzung um ca. 10% erzielt. Dadurch ergibt sich für diese Strecke eine Fahrzeitelastizität von 0.6, was ein kleinerer Wert ist als auf der Strecke Bern-Solothurn. Diese Elastizitäts-Differenz kann vor allem durch zusätzliche Einflussfaktoren auf der Strecke Bern-Solothurn, wie Komfort und Kapazitätserhöhung, aber auch durch die unterschiedliche Nachfragestruktur erklärt werden.

MIV zwischen Agglomerationen - Fernverkehr

(1) Im Gegensatz zum öffentlichen Verkehr ist die Datenbasis im MIV in der heutigen Erhebungsform für die Ermittlung von Nachfrageelastizitäten kaum noch geeignet. Probleme für die Datenerhebung ergeben sich zum einen dadurch, dass Strassenverkehrszählungen in der Schweiz nur alle fünf Jahre durchgeführt werden. Ausserdem ist eine Isolierung der Routenwahlverlagerungen (klein- und weiträumig), die zur Ermittlung der Nachfrageelastizitäten unbedingt nötig ist, kaum möglich. Dies kann zu verfälschenden Ergebnissen bei Elastizitätenrechnung führen (alpenquerende Verlagerung von anderen Ländern). Ohne zusätzliche Quell-Ziel-Befragungen ist eine weiträumige Routenwahlverlagerung schwer zu schätzen.

(2) Für die Ermittlung der Nachfrageelastizitäten wurden zwei verschiedene Datenquellen benutzt: Die Schweizerische Strassenverkehrszählung und die Daten des Dienst für Gesamtverkehrsfragen - DGVF (Fahrleistungen des privaten Strassenverkehrs 1990 – 2015). Aus beiden Datenquellen wurde die Nachfrage (Kfz-Fahrleistungen) im Strassenverkehr für die Jahre 1985, 1990 und 1995 ermittelt. Die Nachfrage-Daten zwischen den Erhebungsjahren wurden auf Basis der Entwicklungen des Pw-Bestandes interpoliert. Neben den abhängigen Variablen wurden folgende unabhängigen Variablen berücksichtigt: Pw-Out-of-pocket-Kosten, Bahn-Preise, Betriebsleistung Bahn, verfügbares Pro-Kopf-Einkommen, Pw-Bestand, Einwohnerzahl, Geschwindigkeit IV.

(3) Die aus den Dienst GFV-Daten ermittelten Elastizitäten beziehen sich auf die PW-Fahrleistung und nicht auf das Verkehrsaufkommen. Sie sind in der Regel aufgrund von Fahrtweitenverlängerungen grösser als Aufkommens-Elastizitäten. Die Geschwindigkeit im IV wurde aus der gleichen Datengrundlage ermittelt wie im Innerortsnetz, d.h. mit Hilfe der Geschwindigkeitsfunktion aus Strassenverkehrszählungen und dem Mikrozensus Verkehr 1985 und 1994. Aus dem Mikrozensus Verkehr erhöht sich die Geschwindigkeit im IV von 38.6 km/h in 1984 auf 40.5 km/h in 1994. Aus der Geschwindigkeitsfunktion wurde zwischen 1985 und 1990 keine Geschwindigkeitsveränderung und für den Zeitraum 1990 bis 1995 eine Reduktion von 5% ermittelt. Da zwischen 1984 und 1990 auch das nationale Strassennetz um 10% verlängert wurde, ist zu erwarten, dass in diesem Zeitraum eine weitere Geschwindigkeitserhöhung im Fernverkehr (bezogen auf die ganze Schweiz) stattgefunden hat (Geschwindigkeitsfunktion auf Basis von Querschnittsbelastungen ergibt keinen Geschwindigkeitszuwachs). Damit kommen wir für den Zeitraum von 1984 und 1990 zu einem Geschwindigkeitszuwachs von 9% und zwischen 1990 und 1995 zu einer Geschwindigkeitsreduktion um 5%.

Tabelle 15: Geschwindigkeitsentwicklung im IV 1984-1995

Index 1984=100	ausserorts	innerorts
1984	100	100
1990	109	99
1995	104	94

Plausible Ergebnisse der Verkehrsnachfrage-Elastizitäten mit Verkehrsnachfrage-Daten aus der DGVF-Studie "Fahrleistungen des privaten Strassenverkehr 1990 – 2015" konnten bei folgenden Variablen-Kombinationen ermittelt werden:

Tabelle 16: Fahrleistungselastizitäten im MIV - Ausserortsstrassen (Daten aus den Studien des DGVF)

DGVF-Daten	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
Konstante	-1.99	0.03	-7.43	-10.4
Einkommen			0.59	0.6
PW-Kosten		-0.03		0.0
Einwohner			2.02	2.3
PW-Bestand	0.94	1.02		
Geschwindigkeit IV	0.49			0.3
R-Quadrat	0.99	0.98	0.98	0.99

(4) Hierbei wurden die Ergebnisse der DGVF-Studie zu Fahrleistungen im Binnenverkehr analysiert, welche von einem niedrigeren Verkehrswachstum ausgehen als die Daten der Strassenverkehrszählungen. Die Fahrleistung mit Pw im Binnenverkehr wächst von 1985 bis 1990 um 19%, bis zum Jahr 1995 gar um 25%. Unbedeutend zeigt sich der Einfluss des Benzinpreises auf die Verkehrsnachfrage im MIV sowie der direkt proportionale Einfluss des Pw-Bestandes. Die Geschwindigkeitselastizität liegt im Rahmen der in der TRACE-Studie (Auswertung vorhandener europäischer Untersuchungen) ermittelten Werte (0.26-1.3) und ist niedriger als in der Basys/Brains-Studie (0.6-0.8). In der Basys/Brains-Studie handelt es sich um Elastizitäten, welche vor allem aus sehr starkem Geschwindigkeitswachstum ermittelt wurden.

(5) Die aus den Strassenverkehrszählungen stammenden Daten über die Verkehrsnachfrage im MIV beinhalten neben dem Binnenverkehr auch die Transit- und Quell/Ziel Verkehre durch die Schweiz. Aus diesem Grund erscheinen die aus den DGFV-Daten ermittelten Elastizitäten plausibler. Das hier ermittelte Verkehrswachstum für den Zeitraum 1985 bis 1990 von 23%, und bis 1990 von 35% wurde aus dem Bericht der Schweizerischen Strassenverkehrszählungen übernommen. Da die Pw-Kosten sich als unbedeutend für die Nachfrageentwicklung in diesem Zeitraum erwiesen haben, ist die Variablenkombination von Pw-Bestand und Geschwindigkeit (als zwei Haupt-Variablen) als plausibel anzunehmen. Das berechnete Verkehrswachstum bedeutet hierbei nicht die Veränderung der Pw-Fahrten, sondern einen Gesamtzuwachs der Querschnittsbelastungen ohne Berücksichtigung der Veränderungen der Routenwahl und der Fahrtlänge. Dass die Elastizität des Pw-Bestandes höher als eins ist, ist vor allem auf ein schnelleres Wachstum des Transitverkehrs oder die Erhöhung der Fahrtlänge zurückzuführen. Die aus zwei unterschiedlichen Datenquellen berechneten Elastizitäten unterscheiden sich (wegen unterschiedlichen Verkehrsnachfragewachstums) vor allem in den Elastizitäten der Einwohnerzahl und des Pw-Bestandes. Es ist festzustellen, dass sich im betrachteten Zeitraum die MIV-Nachfrage vor allem durch einen erhöhten Pw-Bestand und eine erhöhte Einwohnerzahl, weniger aber durch Einkommen und Geschwindigkeit erklären lassen. Pw-Transportkosten scheinen wegen marginaler Preisänderungen keinen Nachfrageeinfluss in dieser Periode zu haben.

Tabelle 17: Elastizitäten im MIV - Ausserortsstrassen (Daten aus den Strassenverkehrszählungen)

Strassenzählungen	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Ergebniss
Konstante	-3.0	-1.9	-12.1	
Einkommen			0.57	0.6
PW-Kosten		-0.02		-0.02
Einwohner			3.1	3
PW-Bestand	1.38	1.42		1.4
Geschwindigkeit IV	0.28			0.3
R-Quadrat	0.99	0.99	0.985	

(6) Bei der Ermittlung von Elastizitäten zeigte sich hier sehr deutlich das Problem der Korrelation z.B. des Pw-Bestandes, des Einkommens und der Einwohnerzahl. Das Einkommen wirkt sich auf die Pw-Ausstattung, aber auch auf die Nachfrage derer, die schon einen Pw zur Verfügung haben, aus. Damit beinhaltet die hier ermittelte Einkommenelastizität nicht nur die Nachfragereaktion durch eine erhöhte Pw-Ausstattung, sondern auch eine erhöhte Pw-Mobilität (in Pw-Fahrten oder Pw-km pro Pw). Aus diesem Grund ist bei der Anwendung dieser Elastizität für eine Verkehrsprognose zu berücksichtigen, wie sich die Pw-Bestände entwickeln. Es wurde getestet, wie der Zusammenhang zwischen der Pw-Mobilität und verschiedenen Nachfragedeterminanten ist. Hier lässt sich die Geschwindigkeitselastizität mit vorhandenen Daten nicht plausibel berechnen. Wegen einer insgesamt höheren Verkehrsnachfrage aus den Strassenverkehrszählungen sind auch die ermittelten Einkommens- und Pw-Kostenelastizitäten aus diesen Daten höher. Da die Geschwindigkeitsvariable nicht berücksichtigt wurde, wurden diese Elastizitäten in beiden Datenquellen zu hoch eingeschätzt.

Tabelle 18: Elastizitäten der Pw-Mobilität

PW-Fahrten (km) / PW	DGVF-Daten	Zählungen
Konstante	3.58	3.53
Einkommen	0.22	0.34
PW-Kosten		-0.11
R-Quadrat	0.7	0.8

MIV - Innerorts (Stadtverkehr)

Die im Innerortsnetz ermittelten Verkehrsnachfrageänderungen wurden aus der Untersuchung des DGFV zwischen 1985 und 1995 übernommen. In dieser Periode ist im Innerortsnetz ein Wachstum der MIV-Fahrleistungen von 13.6% zu verzeichnen, wobei auf den Zeitraum von 1985 bis 1990 allein schon 10% entfallen. Die Qualität der Daten der Strassenverkehrszählungen in den Städten Basel und Zürich war nicht ausreichend, um die Nachfrageentwicklung im innerstädtischen Netz zu schätzen. Es wurde hier die gleiche Anzahl von Variablen wie im Fernverkehr berücksichtigt. Als plausibel erwies sich in Tabelle 19 dargestellte Variablenkombination.

Tabelle 19: Fahrleistungselastizitäten im MIV - Inerortsstrassen (Daten aus den Studien des DGVF)

DGVF-Daten	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Konstante	-2.10	-1.65	-2.02
Einkommen			0.34
PW-Kosten		-0.01	
Einwohner			1.10
PW-Bestand	0.98	0.93	
Geschwindigkeit	0.48	0.44	
R-Quadrat	0.95	0.95	0.99

Die ermittelten Elastizitäten bestätigen auch hier die geringere Bedeutung des Benzinpreises für die Nachfragereaktionen im betrachteten Zeitraum. Ein niedrigeres Wachstum des PW-Bestandes und der Verkehrsnachfrage insgesamt führte in städtischen Gebieten zu niedrigeren Einkommens- und Einwohner-Elastizitäten als im Fernverkehr.

2.2.6.2 Elastizitätenrechnungen anhand von Daten des Mikrozensus und der KEP

(1) Der Mikrozensus Verkehrsverhalten wird alle 5 Jahre durchgeführt und bietet Informationen über das Verkehrsverhalten der Schweizer Bevölkerung. Das Hauptziel der Befragung besteht in der Erfassung des Mobilitätsverhaltens, welches an einem Stichtag erhoben wurde. Folgende Problematik stellte sich beim bisherigen Mikrozensus heraus: Unterschiedliche Konzeption, Erhebungszeit und Erhebungszeitraum sowie abweichende Fragebogengestaltung, die dazu geführt hat, dass sich die absoluten Mobilitätskennziffern nicht vergleichen lassen¹⁹.

(2) Für die hier gestellte Aufgabe haben sich neben den genannten auch zwei weitere Probleme als entscheidend erwiesen:

- In allen drei Mikrozensus- und KEP-Befragungen wurden neue (nicht gleiche) Personen befragt;
- Die unterschiedliche regionale Verteilung in den Stichproben (Verteilung zwischen und innerhalb städtischem und ländlichem Raum bzw. zwischen Erhebungen in Regionen mit unterschiedlichen Verkehrsangebotscharakteristika)

¹⁹ Jenni+Gottardi AG, Aktuelle Entwicklung der Verkehrsmobilität in der Schweiz, 1993

(3) Als Folge dieser Probleme führte die Analyse der Nachfrageentwicklungen nach Verkehrsmitteln und Kantonen zu unplausiblen Ergebnissen (z.B. wächst die MIV-Fahrten pro Befragtem in einem Kanton um 50%, während sie in einem anderem Kanton zurückgeht). Obwohl sich absolute Mobilitätskennziffern aus diesen zwei Befragungen nicht plausibel quantifizieren lassen (für die Ermittlung von Elastizitätsgrössen sind Veränderungen dieser Grössen wesentliche Parameter), haben wir versucht, Nachfrageelastizitäten anhand dieser Daten zu berechnen. Die Analyse der Nachfrageentwicklung der Verkehrsmittel auf nationaler Ebene zeigte dabei noch einen relativ plausiblen Richtungsverlauf, nicht dagegen der absolute Wert. Aus dieser Datenbasis ergab sich bei relativer Betrachtung eine andere Nachfrageentwicklung des motorisierten Verkehrs und der einzelnen Verkehrsmittel als aus der vorhandenen Verkehrsstatistik. Deshalb wurde bei der Elastizitätenrechnung in einem ersten Schritt mit aggregierten Daten auf der nationalen Ebene gearbeitet und dann im zweiten Schritt auf der Ebene des Kantons. Aus Plausibilitätsgründen wurden einige Kantone mit kleineren Befragungsquoten aus dem Modell ausgeschlossen.

(4) Die sich aus den KEP-Erhebungen ergebenden Vorteile sind vor allem auf die gleiche Konzeption zurückzuführen. Hier wurde das Reiseverhalten für sieben vorausgegangene Tage jährlich ermittelt. Bei beiden Erhebungen wurden die Daten für die Jahre 1984, 1989 und 1994 analysiert. Die vorgesehene Segmentierung der Elastizitäten nach Fahrtzwecken sowie innerhalb und zwischen Agglomerationen (im MIV) war mit diesen Daten nicht vollständig möglich. Hier wurde mit den gleichen unabhängigen Variablen gerechnet wie im obigen Fall bei der Ermittlung der Elastizitäten aus der statistischen Datenbasis. Die Variablenkombinationen, die bei den Elastizitäten richtige Vorzeichen aufweisen, werden in der folgenden Tabelle dargestellt. Die ermittelten Zahlen sind wegen der o.g. Ungenauigkeit und der Unvergleichbarkeit der Daten zwischen den Erhebungsjahren sowie mit der vorhandenen Statistik mit grosser Vorsicht und "Sicherheitsreserve" zu interpretieren. Der Nutzen dieser Auswertung zeigt sich dadurch, dass einige aus der Statistik ermittelte Elastizitätengrössen hier nochmals bestätigt wurden. Dies bezieht sich vor allem im ÖV auf die Preis- und Angebotselastizität und im IV auf die Geschwindigkeits- und Einkommenselastizität. Die berechneten MIV-Elastizitäten beinhalten alle Pw-Fahrten, also innerorts und ausserorts.

Die Ergebnisse der Elastizitätenrechnung sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 20: Elastizitäten aus Daten des Mikrozensus und der KEP (Anzahl Personenfahrten)

Abhängige Variable	Verkehrsnachfrage - Elastizitäten					
	KEP- Daten			Mikrozensus - Daten		
	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 1	Variante 2	Variante 3
MIV: Alle Fahrtzwecke						
Konstante	0.00	0.00	0.00	2.61	-2.0	0.57
Geschwindigkeit MIV	0.37	0.29	0.33	0.34	0.44	0.31
PW-Kosten	-0.03			-0.19		
Einkommen	0.66	0.71			0.99	
PW-Bestand			0.67	0.28		0.56
R-Quadrat	0.99	0.99	0.99	0.64	0.66	0.66
ÖV-Stadt						
Konstante	3.51	8.91	9.58	3.31	-1.22	4.30
Einkommen	0.26	0.36	0.38	1.08	0.87	1.24
ÖV-Angebot*	0.34	0.29	0.32	0.64	0.63	0.66
ÖV-Preis	-0.36	-0.16	-0.16	-0.39	-0.23	-0.39
PW-Bestand			-0.16			-0.47
Geschwindigkeit IV		-1.42	-1.45	-1.05		-0.97
R-Quadrat	0.86	0.92	0.92	0.67	0.65	0.66
ÖV- Fern (Schienenpersonenverkehr)						
Konstante	1.28					
Einkommen	0.70					
ÖV-Angebot*	0.45					
ÖV-Preis	-0.42					
R-Quadrat	0.81					

(*) Betriebsleistungen (Zug- km, Wagen-km)

(5) Da die Mikrozensus- und KEP-Daten ein unterschiedliches Wachstum der Verkehrsnachfrage im MIV aufweisen, sind die berechneten Elastizitäten auch nicht direkt vergleichbar. Dies zeigt sich vor allem in den Einkommens- und Pw-Kosten-Elastizitäten. Elastizitäten des Pw-Bestandes sind vor allem auf ein kleineres Nachfragewachstum zurückzuführen. Ähnlich wie die aus der statistischen Datenbasis (andere o.g. Statistiken, ohne MZ und KEP Erhebungen) ermittelten Elastizitäten, sind die Pw-Kosten auch im hier betrachteten Zeitraum unbedeutend (KEP). Relativ stabil und unverändert gegenüber der Statistik ist die Geschwindigkeitselastizität sowie die Einkommens-Elastizität der KEP-Daten. Die Berücksichtigung der Kreuz-Variablen der anderen Verkehrsträger (Bahnpreise und Bahnangebot) führte zu unplausiblen Ergebnissen. Ein Grund dafür kann in der Qualität der Datenbasis liegen, oder möglicherweise hatten die Veränderungen im ÖV aber auch keine Einflüsse auf die MIV-Nachfrage. Die berechneten Elastizitäten für den MIV beinhalten sowohl den Verkehr innerhalb als auch zwischen Agglomerationen. In der folgenden Tabelle sind die berechneten Elastizitäten des MIV für die Fahrtzwecke Arbeit und Geschäft dargestellt. Erwartungsgemäss liegt die Geschwindigkeitselastizität hier viel höher als bei allen Fahrtzwecken im Durchschnitt, was direkt mit der Bedeutung des Zeitwertes zusammenhängt.

Tabelle 21: Nachfrageelastizitäten im MIV (Anzahl Wege) für den Fahrtzweck Arbeit / Geschäft

KEP/MIV:Arbeit und Geschäft	Variante 1	Variante 2
Konstante	-4.58	-3.46
PW-Dichte		
PW-Geschwindigkeit	1.20	1.10
Einkommen		0.65
PW-Bestand	0.78	
R-Quadrat	0.75	0.53

(6) Im Schienenpersonenverkehr unterscheiden sich die Preis- und Angebotselastizitäten nicht sehr von denen aus der Statistik, was jedoch nicht für die Einkommens-Elastizitäten gilt. Für den öffentlichen Stadtverkehr wurden drei Kombinationen von Variablen analysiert. In einer ersten Variante wurden die Variablen für direkte Elastizitäten berücksichtigt, welche in einer zweiten um den Pw-Bestand und die Geschwindigkeit im IV erweitert wurden. Die aus den KEP-Daten berechnete Einkommenselastizität ist niedriger als jene aus der Statistik. Ausserdem erwies sich hier die Kreuzelastizität der IV-Geschwindigkeit als viel bedeutender, was vor allem auf den starken Zuwachs der ÖV-Nachfrage zwischen 1989 und 1994 mit gleichzeitiger Reduktion der IV-Geschwindigkeit zurückzuführen ist. Da im Mikrozensus das Wachstum der ÖV-Nachfrage im Stadtverkehr zwischen 1984-1989 mehr als doppelt so hoch ist wie bei den KEP- und den Statistik-Daten, sind entsprechend auch die hier errechneten Elastizitäten (Einkommen und ÖV-Angebot) viel höher.

(7) Mit der Daten (Mobilitätskennziffer) des Mikrozensus im Schienenpersonenverkehr konnten keine plausiblen Elastizitäten ermittelt werden.

2.2.7 Gegenüberstellung von auf der Basis unterschiedlicher Datengrundlagen gerechneten Elastizitäten und endgültige Ergebnisse

(1) Die im vorherigen Kapitel berechneten Elastizitäten werden hier anderen gegenüber gestellt und verglichen. Ein solcher Vergleich dient dem Zweck zu prüfen, ob unterschiedliche Datenquellen und anhand unterschiedlicher Konzepte erhobene Daten auch zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Da bei diesen unterschiedlichen Datenquellen nur abhängige Variablen verändert werden, ist mit der Spannweite der Elastizitätswerte zu zeigen, welche Elastizitäten als "instabil" bzw. "stabil" zu bezeichnen sind. Dabei ist die ungenügende Datenqualität der KEP- und der Mikrozensus-Daten für diese Aufgabestellung zu berücksichtigen. Ausserdem soll geprüft werden, ob einige aus diesen Daten ermittelte Elastizitäten vergleichbar sind mit anderen Elastizitäten und bei welchen Elastizitäten sich das veränderte Nachfragewachstum auswirkt. Die Ergebnisse für den öffentlichen Stadtverkehr sind in folgender Tabelle dargestellt.

Tabelle 22: ÖV-Stadtverkehr (Anzahl Personenfahrten): Vergleich ermittelter Elastizitäten aus verschiedenen Datenquellen

ÖV-Stadtverkehr : Nachfrageelastizitäten				
Datenquelle	Statistik ²⁰	KEP	Mikrozensus	Empfohlene Elastizität
ÖV-Angebot*	0.25 / 0.35	0.29 / 0.34	0.6	0.25 / 0.35
ÖV-Preis	-0.22 / -0.29	-0.16 / -0.36	-0.23 / -0.39	-0.2 / -0.3
Einkommen	0.62 / 0.75	0.26 / 0.38	0.87 / 1.24	0.3 / 0.7
PW-Bestand	-0.4 / -0.6	-0.16	-0.47	-0.4 / -0.6
Geschwindigkeit IV	-0.7 / -1.0	-1.42	-1.05	-0.7 / -1.0

(*) Betriebsleistungen (Wagen-km)

(2) Die aus den Mikrozensus- und den KEP-Daten ermittelten Elastizitäten des öffentlichen Stadtverkehrs zeigen generell Abweichungen in beiden Richtungen gegenüber den Statistik-Elastizitäten²⁰ (höher/niedriger). Klare Elastizitätswerte ergeben sich hier für die Angebotselastizitäten (Betriebsleistungen) (0.25-0.35) und Preiselastizitäten (-0.2 bis -0.3) sowie für die Kreuz-Elastizitäten der MIV-Geschwindigkeit (-0.7 bis -1.0). Die hier ermittelte MIV-Geschwindigkeits-Elastizität basiert vor allem auf der Geschwindigkeitsreduktion. Ob eine Geschwindigkeitserhöhung im MIV den gleichen Einfluss auf die ÖV-Nachfrage hat, ist aus dieser Datengrundlage nicht ersichtlich. Relativ hoch ist die Spannweite der ermittelten Einkommenselastizitäten, wobei die Elastizität des Mikrozensus durch eine viel höhere Nachfrage im ÖV verursacht wird. Der zwischen den KEP-Daten und der Statistik ermittelte Unterschied erklärt sich aus der Anzahl der betrachteten Jahre im Modell, da die KEP-Daten

²⁰ Unter „Statistik“ werden alle veröffentlichten und Unternehmensstatistiken, vorhandene Untersuchungen sowie andere (abgesehen von Mikrozensus- und KEP-Erhebungen) verfügbare Statistiken verstanden.

keine validen Nachfragedaten zwischen Erhebungsjahren darstellen. Die aus der Statistik ermittelten Elastizitäten zeigen ein höheres und ausreichendes Vertrauensniveau, sodass diese Elastizitäten als Ergebnisse zu betrachten sind. Festzustellen ist, dass die ÖV-Nachfrage weniger von direkten Einflussvariablen (Verkehrsangebot und Preise) sondern viel mehr von Kreuz-Variablen, d.h. Angebot im MIV und Entwicklung des Pw-Bestandes, abhängig ist.

Tabelle 23: ÖV-Fernverkehr (Anzahl Personenfahrten): Vergleich ermittelter Elastizitäten aus verschiedenen Datenquellen

ÖV-Fernverkehr : Nachfrageelastizitäten				
Datenquelle	Vorher/Nachher Vergleiche	Statistik ²⁰	KEP	Empfohlene Elastizitäten
ÖV-Angebot*	0.3 / 0.5	0.41	0.45	0.3 / 0.45
ÖV-Preis		-0.22	-0.42	-0.2 / -0.4
Einkommen		0.35	0.70	0.35 / 0.7
ÖV-Zeit	-1.0	-0.6		-0.6 / -1.0

(*) Betriebsleistungen (Zug-km)

(3) Die KEP-Daten zeigen im Schienenpersonenverkehr einen 1%-igen Rückgang der Verkehrsnachfrage ab 1989 (gegenüber dem 14%-igen Wachstum aus der Statistik). Dem entsprechend und abhängig vom Verlauf der unabhängigen Variablen unterscheiden sich auch die Elastizitäten. Eine direkte Auswirkung des Pw-Bestandes auf die Nachfrage im Schienenpersonenverkehr konnte anhand der Statistik und den KEP-Daten nicht plausibel nachgewiesen werden. Es ist zu erwarten, dass die Auswirkungen des PW-Bestandes auf die Nachfrage im ÖV in den Einkommens-Elastizitäten enthalten sind. Der Versuch der Berechnung mit den Daten des Mikrozensus und der Veränderung der gesamten Verkehrsnachfrage im ÖV (Personenfahrten), d.h. inklusive Stadtverkehr (Bahn, Tram, Bus), ergab einen Elastizitätswert des Pw-Bestandes von -0.68, wobei für andere im Modell berücksichtigte Variablen durch ein sehr starkes Nachfragewachstum relativ höhere Werte ausgewiesen wurden. Damit ist die Plausibilität dieser Elastizität nicht geklärt. Hier zeigte sich eine höhere Bedeutung des ÖV-Angebotes (Betriebsleistungen) für die Verkehrsnachfrage als im öffentlichen Stadtverkehr. Es ist zu erwarten, dass das Angebot im MIV eine wichtige Kreuz-Variable für die Nachfrage im Schienenpersonenverkehr ist. Wegen der mangelnden Datenqualität konnte diese Variable im Modell nicht quantifiziert werden.

Tabelle 24: MIV: Vergleich ermittelter Elastizitäten aus verschiedenen Datenquellen

MIV - Nachfrageelastizitäten					Empfohlene Elastizitäten	
Datenquelle	Statistik ²⁰ (Fernverkehr)	Statistik ²⁰ (Stadtverkehr)	KEP	Mikrozensus	MIV-Stadt	MIV-Fern
Einkommen	0.60	0.34	0.66 / 0.71	0.99	0.34	0.6 / 0.7
PW-Kosten	-0.03	-0.01	-0.03	-0.19	-0.01	-0.03
PW-Bestand	1.00	1.00	0.67	0.28 / 0.56	1.00	1.00
Geschwindigkeit MIV	0.26 / 0.49	0.45	0.29 / 0.37	0.31 / 0.44	0.45	0.3 / 0.5

(4) Da die Segmentierung der MIV-Daten des Mikrozensus und der KEP innerhalb von und zwischen Agglomerationen nicht zu plausiblen Ergebnissen für die Elastizitätenrechnung führte, ist ein direkter Vergleich dieser Elastizitäten mit Statistik-Elastizitäten nicht möglich. Relativ stabile Werte zeigen sich bei Geschwindigkeits- und Pw-Kostenelastizitäten. Das unterschiedliche Nachfragewachstum wird durch eine bedeutende Veränderung des Einkommens bzw. des Pw-Bestandes erklärt. Es ist zu erwarten, dass sich die im Mikrozensus ermittelten Kosten- und Einkommenselastizitäten, welche deutlich höher sind als bei anderen Datenquellen, auf die sehr niedrige Elastizität des Pw-Bestandes auswirken. Das Nachfragewachstum verläuft in beiden Erhebungen (KEP und Mikrozensus) anders als in der Statistik ausgewiesen; ebenso bei der Entwicklung des Pw-Bestandes, weshalb die aus diesen Daten ermittelten Elastizitäten als nicht plausibel zu bezeichnen sind.

(5) Hier geschätzte Einkommenselastizitäten sind Elastizitäten unter Ausschluss der Pw-Bestandsvariablen. Diese zwei Variablen stehen in Korrelation miteinander und haben auf die Verkehrsnachfrage unterschiedliche Wirkungen. Im MIV wirken sich beide Variablen auf die Verkehrsnachfrage positiv aus, wobei im ÖV das Einkommenswachstum gleichzeitig zwei Gegenwirkungen hat. Zum einen wirkt es sich direkt positiv auf die Verkehrsnachfrage (Personenfahrten) aus, zum anderen reduziert der durch das Einkommen erhöhte Pw-Bestand jedoch die ÖV-Nachfrage. Damit werden die negativen Auswirkungen durch einen erhöhten Pw-Bestand in den Einkommenselastizitäten der ÖV-Nachfrage gerechnet (unter Ausschluss der Variable des Pw-Bestandes und ohne Veränderung der Elastizität anderer Variablen).

(6) Es zeigt sich, dass die Nachfrage im MIV vor allem von der Pw-Bestandsentwicklung abhängig ist. Weniger bedeutend im Vergleich zu früheren Untersuchungen zeigt sich die MIV-Geschwindigkeit, und als fast unbedeutend erweisen sich die Pw-Kosten. Zu bemerken ist, dass früher ermittelte Geschwindigkeitselastizitäten vor allem auf dem Geschwindigkeitswachstum basieren, was hier nicht mehr der Fall ist. Ähnlich ist es auch bei der Elastizität der Benzinpreise.

(7) **Wir schlagen folgende Elastizitäten als Endergebnisse vor:**

Tabelle 25: Empfohlene Elastizitäten

Elastizitäten	ÖV-Stadtverkehr	ÖV-Fernverkehr	MIV-Stadt	MIV-Fern	PW-Bestand
ÖV-Angebot*	0.25 / 0.35	0.3 / 0.45	-	-	-
ÖV-Preis	-0.2 / -0.3	-0.25 / -0.4	-	-	-
Einkommen	0.3 / 0.6	0.35 / 0.7	0.34	0.6 / 0.7	0.28
PW-Bestand	-0.4 / -0.6	-	1.00	1.00	-
Geschwindigkeit MIV	- 0.7 / -1.0	-	0.3 / 0.45	0.3 / 0.5	-
PW-Kosten	-	-	-0.01	-0.03	-0.10
ÖV-Fahrzeit	-	-0.6 / -1.0	-	-	-

(*) Betriebsleistungen (Zug-km / Wagen-km)

Diese Elastizitäten haben sich in der vorherigen Analyse als relativ stabile und erklärbare Größen erwiesen, was auch teilweise durch Elastizitätenrechnungen mit unterschiedlichen Datenquellen bestätigt wurde.

2.3 Bewertung der Ergebnisse

2.3.1 Ein Vergleich der errechneten Elastizitäten mit bisherigen Untersuchungen

(1) Schon in der Literaturanalyse in Kapitel 1 war zu erkennen, dass die Spannweite der Elastizitätengrösse aus bisherigen Untersuchungen sehr gross ist. Diese Unterschiede werden vor allem verursacht durch folgende Probleme:

- Erfassung der Datengrundlage,
- Regionale Charakteristika der ausgewählten Untersuchungsgebiete,
- Verwendete Methoden zur Schätzung von Elastizitäten,
- "Ceteris-Paribus" Bedingungen (Auswahl von berücksichtigten Variablen),
- Betrachteter Zeitraum,
- Merkmale der unabhängigen Variablen (Kostenart, räumliche Merkmale, Reisezweck, Tageszeit etc.).

(2) Im Vergleich mit der Basys/Brains-Studie von 1990 sind die hier errechneten Elastizitäten in der Regel niedriger. Die Unterschiede werden nicht nur durch die unterschiedliche Datengrundlagen und Erhebungszeiträume, sondern auch durch die jeweils verwendete Methodik verursacht. Eine bedeutende Rolle spielen auch die Richtungen und die Grösse, in der sich die Variable ändern, d.h. Preiserhöhung oder -senkung, was vor allem für die Preiselastizitäten eine Rolle spielt. Die in der Basys/Brains-Studie ermittelten Benzinpreiselastizitäten sind vor allem auf die Preiserhöhungen zurückzuführen, welche offensichtlich andere Nachfrage-Reaktionsmuster als Preissenkungen haben. Dies bestätigt die Vermutung, dass Elastizitäten keine symmetrische Grössen sind, weil eine Zeitverlängerung/Preiserhöhung nicht in gleichem Masse Nachfragereaktion verursachen wird wie eine Zeitverkürzung/Preissenkung. Ein Vergleich zwischen hier gerechneten Elastizitäten mit der Basys/Brains-Studie ist in der folgende Tabelle dargestellt.

Tabelle 26: Vergleich der errechneten Elastizitäten mit der Studie Basys/Brains

Elastizitäten	ÖV-Stadtverkehr		ÖV-Fernverkehr		MIV-Stadt		MIV-Fern		PW-Bestand	
	Prognos '99	Basys/Brains	Prognos '99	Basys/Brains	Prognos '99	Basys/Brains	Prognos '99	Basys/Brains	Prognos '99	Basys/Brains
ÖV-Preis	-0.2/ -0.3	-0.6 / -0.8	-0.25 / -0.4	-0.6 / -0.9						
Einkommen	0.3 / 0.7	0.3 / 0.5	0.35 / 0.7	0.2 / 0.4	0.34	0.5	0.6 / 0.7	0.2 / 0.3	0.28	0.5 / 0.6
Geschwindigkeit IV	-0.7 / -1.0	-0.6 / -0.7			0.3 / 0.45	1.1 / 1.3	0.3 / 0.5	0.4 / 0.5		
PW-Kosten					-0.01	-0.3 / -0.4	-0.03	-0.6 / -0.7	-0.1	-0.6 / -0.7
ÖV-Zeit			-0.6 / -1.0	1.6 / 3.0						

(3) In den Zeiträumen 1974-1984 und 1984-1994 haben sich Richtung und Grösse der Einflussfaktoren der Verkehrsnachfrage geändert, was sich direkt auf die Elastizitätswerte auswirkt. Dies ist ein weiterer Beleg dafür, dass die Grösse der Elastizität eines Einflussfaktors der Verkehrsnachfrage auch von den Änderungen und der Qualität anderer Einflussfaktoren abhängig ist. Anders gesagt hätte sich eine ÖV-Tarifänderung um 10% im Jahr 1980 unter damaligen Bedingungen (ÖV-Angebot, Pw-Bestand, Umweltbewusstsein, Wert der Zeit, etc.) anders ausgewirkt als bei heutigem Stand. Diese Abhängigkeit ist nicht nur bei Längsschnitts-, sondern auch bei Querschnittsanalysen vorhanden.

(4) Neben all diesen Faktoren haben die unterschiedliche Datengrundlage und die verwendeten Methoden zusätzlichen Einfluss auf die Ergebnisse. Aus der vorherigen Analyse der Elastizitätenrechnung mit den Daten aus Mikrozensus und KEP wurde gezeigt, dass diese Datengrundlage mit der vorhandenen Konzeption und Stichprobenauswahl nicht geeignet ist zur Ermittlung der absoluten Mobilitätskenngrössen, und damit auch der Elastizitäten. Diese Problematik wirkte sich auch auf die Ergebnisse der Basys/Brains-Studie aus.

(5) Die in der vorliegenden Studie ermittelten Elastizitäten liegen in der Spannweite der bisherigen Untersuchungen. Da die Elastizitäten von vielen Einflussfaktoren abhängig sind, ist die Spannweite in den vorhandenen Untersuchungen relativ gross, so dass eine konkrete Beurteilung der hier berechneten Zahlen auf Basis des Vergleichs mit anderen Studien und ausserdem mit der Basys/Brains-Studie nicht als sinnvoll erscheint.

2.3.2 Praktische Anwendbarkeit von berechneten Elastizitäten und Empfehlungen

Für die praktische Anwendung von Elastizitäten sind folgende Voraussetzungen zu überprüfen:

- Erlaubt die vorhandene Datengrundlage und Methodik die "Glaubwürdigkeit" der berechneten Elastizitäten?
- Lassen sich mit der Anwendung von Elastizitäten die gewählten Fragestellungen richtig beantworten?
- Sind die Charakteristika der Untersuchungsgebiete vergleichbar mit denen, für die die Elastizitäten berechnet wurden?
- Sind die verwendeten Variablengrößen und ihre Entwicklung bei der Ermittlung von Elastizitäten vergleichbar mit den Variablen im verwendeten Anwendungsbeispiel (z.B. Angebotsqualität, Variablenrichtung/Niveau, Segmentierung...)?

(1) Die meisten vorhandenen Untersuchungen zu Nachfrageelastizitäten basieren auf einer Datenbasis, die nicht gezielt für die Ermittlung von Elastizitäten erhoben wurde. Damit ist auch ein Qualitätsrisiko für die Anwendung der berechneten Elastizitäten verbunden. Hinzu kommen noch die verschiedenen Charakteristika der Untersuchungsgebiete und angewendeten Methoden für die Schätzung von Elastizitäten. Neben der Qualität der Datenbasis und der verwendeten Methodik ist die Wahl der berücksichtigten Variablen für die Elastizitätenrechnung auch eine wesentliche Komponente. Oft werden die Elastizitäten unter Berücksichtigung nur einer oder zweier unabhängiger Variablen berechnet, was dazu führt, dass in den berechneten Elastizitäten noch viele andere beeinflussende Variablen "versteckt" sind. Aus diesen Gründen ist die Spannweite der Elastizitäten in verschiedenen Studien "unverwendbar" gross.

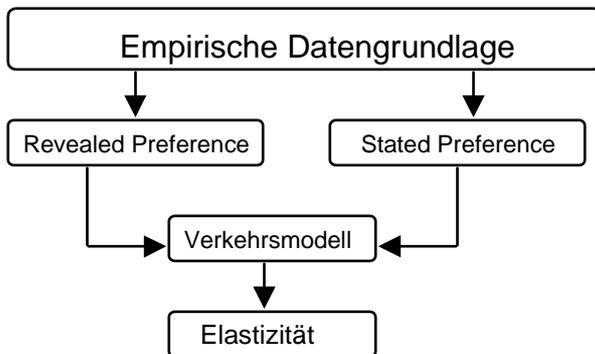
(2) Unter Berücksichtigung der o.g. Unsicherheiten, die sich aus den Elastizitätenrechnungen ergeben und aufgrund ihrer "Allgemeinheit" **ist die Anwendung von Elastizitäten vor allem für erste grobe Schätzungen von Nachfragereaktionen geeignet**. Diese Unsicherheiten sind auch von der Massnahmenart und -grösse abhängig. Für die Schätzungen von Tarif- oder Benzinpreisauswirkungen auf die Verkehrsnachfrage ist diese Unsicherheit relativ kleiner als bei Infrastrukturmassnahmen. Die Nachfragereaktion auf die Veränderung eines nachfragebeeinflussenden Faktors ist nicht allein von diesem Faktor abhängig, sondern Ergebnis der Berücksichtigung mehrerer für die Verkehrsteilnehmer bedeutender Nachfragekomponenten (andere qualitative und quantitative Nachfragedeterminanten), die allein durch einen festen Elastizitätswert nicht quantifizierbar sind. Damit sind auch die Grenzen für die Anwendung von Elastizitäten erkennbar.

Da jedes Untersuchungsgebiet ein unterschiedliches Verkehrsangebot, eine unterschiedliche Siedlungs- und Nachfragestruktur (d.h. unterschiedliche angebots- und nachfrageseitige Charakteristika) aufweist, ist für Schätzungen von Nachfrageauswirkungen bedeutender verkehrspolitischer und infrastruktureller Massnahmen auf das Aufkommen, Ziel-, Verkehrsmittel- und Routenwahl die Anwendung von Elastizitäten nicht zu empfehlen.

(3) Für die Aufgabestellungen, in welchen die Anwendung von Elastizitäten als sinnvoll erscheint, ist neben der Analyse des Anwendungsfalls (Untersuchungsgebiet und Variablen), auch die Analyse der anzuwendenden Elastizitätenrechnungen durchzuführen. Hierbei ist vor allem zu berücksichtigen, um welches Untersuchungsgebiet es sich handelt, und welche Einflussvariablen bei der Ermittlung von Elastizitäten im Modell implementiert wurden. Ausserdem spielt der Entwicklungsverlauf dieser Variablen eine wichtige Rolle. Danach ist zu beurteilen, ob dieses Untersuchungsgebiet und die Einflussvariablen vergleichbar sind mit denen im Anwendungsbeispiel. Wie bereits erwähnt, ist dabei die vorhandene Qualität bzw. das Niveau dieser Variablen eine wichtige Komponente. Zu bemerken ist, dass die berechneten Elastizitäten mittlere Werte der Nachfragereaktion innerhalb der letzten 10 Jahre (mittelfristige Elastizitäten) in der Schweiz darstellen, die allerdings für eine spezifische Region innerhalb der Untersuchungsgebiete nicht gelten müssen.

(4) Bei der Anwendung von Elastizitäten könnten erheblich bessere Ergebnisse erzielt werden, wenn eine kontinuierliche und für diesen Zweck geeignete Datenerhebung durchgeführt würde. Eine geeignete Datengrundlage ist die Voraussetzung für glaubwürdige Elastizitäten. Dabei sollten die Erhebungsmethoden und Konzepte während des Zeitraums nicht verändert werden. Wesentlicher Faktor für die Ermittlung einer geeigneten Datenbasis für Elastizitäten ist die Auswahl der befragten Personen, die innerhalb aller Befragungen unverändert bleiben sollte. Hierbei ist es notwendig, die regionalen Charakteristika und die Jahreszeiten während der Erhebung weitgehend unverändert zu halten. Im Idealfall sollten einmal ausgewählte Personen bei jeder neuen Erhebung wieder befragt werden (vgl. Mobilitätspanel des deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen). Dadurch wird verhindert, dass wie im Fall des Mikrozensus und der KEP die Verkehrsnachfrage (nach Verkehrsmitteln und nach Kantonen) zwischen zwei Erhebungen "unerklärbare" Abweichungen aufweist. Durch solche Erhebungen wird es möglich, absolute Mobilitätskennziffern und Veränderungen des Verkehrsverhaltens zu quantifizieren, was eine der wichtigsten Voraussetzungen für Elastizitätenrechnungen ist. Eine weitere wichtige Voraussetzung ist die Quantifizierung und Bestimmung aller unabhängigen Variablen, die für das definierte Untersuchungsgebiet aus den vorhandenen Quellen und Statistiken, aber auch durch zusätzliche Messungen (wie z.B. der Geschwindigkeitsentwicklung im IV) zu erheben sind.

(5) Um die regionalen Unterschiede und andere o.g. Nachteile, die sich bei der Anwendung von "klassischen" Elastizitäten ergeben, zu vermeiden, wird die Nachfragereaktion bevorzugterweise durch eine Kombination der "Revealed-Preference"- und der "Stated-Preference"-Methode geschätzt.



Mit dieser Kombination werden die Gesetzmässigkeiten der Nachfragereaktion mit relativ kleinem Untersuchungsaufwand für vorgesehene Untersuchungsgebiete ermittelt. Für den nächsten Schritt der Untersuchung ist zu empfehlen, die so aufgestellten Gesetzmässigkeiten in ein netzbezogenes Verkehrsmodell zu implementieren. Theoretisch ist es möglich, diese Gesetzmässigkeiten in allen drei Stufen des klassischen Verkehrsmodells, also Verkehrserzeugung, -verteilung, und Modalwahl zu ermitteln. Auch die Routenwahl kann z.B. durch Bestimmung des Wertes der Zeit, aber auch andere Komponenten der generalisierten Kosten ermittelt werden. Auf diese Weise ist es möglich, ein massnahmensensibles Verkehrsmodell aufzubauen, welches ermöglicht, die Nachfragereaktion auf verschiedene Einflussfaktoren, also sowohl auf einzelne als auch auf die Kombination mehrerer Einflussfaktoren, zu schätzen. Dabei können die Massnahmeneffekte auch nach der Stufe des Verkehrsmodells getestet werden. Diese Möglichkeiten werden im zweiten Teil dieser Untersuchung erörtert.

3. Stated-Preference-Analyse

3.1 Stated-Preference-Konzept

Der zweite Teil der Untersuchung wird sich auf die Anwendung, die Möglichkeiten und Grenzen der Methoden der Stated Preferences (SP) für die Bestimmung der Nachfrageelastizitäten im Personenverkehr konzentrieren. Die Bestimmung von Nachfrageelastizitäten ist ein klassisches Anwendungsgebiet der SP-Forschung. Die Methoden der Stated Preferences finden immer mehr Anwendung in der Verkehrsforschung und -planung, vor allem für konkrete Planungsfragen. In die Verkehrsforschung und -planung wurden die Methoden der Stated Preference aus der Marktforschung eingeführt (z. B. zur Akzeptanzmessung neu einzuführender Produkte). Der Schwerpunkt dieser Methoden liegt in der Quantifizierung von Wirkungszusammenhängen, die ausserhalb der Reichweite bisheriger qualitativer und quantitativer Methoden liegen²¹. Im Gegensatz zu den bisher in der Verkehrsforschung und -planung angewandten Befragungsmethoden ist es mit den Methoden der SP möglich, sowohl Daten zu realen als auch zu hypothetischen Situationen zu ermitteln. Dazu werden den Befragten eine Reihe von Situationen vorgelegt, bei denen sie sich zwischen verschiedenen Alternativen entscheiden müssen.

Ein wichtiger Vorteil der Methode liegt in der Tatsache, dass wesentlich kleinere Stichproben ausreichen, um verlässliche Ergebnisse zu bekommen. Dies reduziert die Kosten und den Zeitaufwand. Für die Repräsentativität kommt es dabei wesentlich auf die Auswahl der Befragten an. Weitere Vorteile sind die Darstellung schwacher Einflussgrössen, dass die Einflussgrössen unabhängig voneinander messbar sind und die Möglichkeit, die SP-Daten mit denen von Status-quo-Befragungen zu kombinieren, um die Validität zu erhöhen. Natürlich haben die Methoden auch Schwächen, sowohl methodisch als auch inhaltlich. Dies ist insbesondere die Frage nach der Validität der Antworten auf hypothetische Fragestellungen, da keine Sicherheit gegeben ist, dass die getroffene Entscheidung auch durchgeführt wird.

²¹ FGSV 1996, Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences, S. 5

Eine gute Vorbereitung der Befragung führt, wie man anhand durchgeführter Studien sieht, zu ebenso guten Ergebnissen. Bei der Vorbereitung muss die Auswahl der Befragungskomponenten sorgfältig durchgeführt werden. Gerade hypothetische Situationen sollten aus der Sicht der Befragten nachvollziehbar sein. Doch genauso wichtig ist die Auswahl der Definitionen des Untersuchungsgegenstands und der Zielgruppe oder der Alternativen und Einflussgrößen oder weiterer Komponenten, die in diesem kurzen Konzept der Methoden der SP vorgestellt werden. Das Konzept orientiert sich hauptsächlich an Angaben aus „**Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences**“ von der Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen (FGSV; Ausgabe 1996).

3.2 Beschreibung der Methodik der Stated Preferences

Die Methoden der Stated Preferences lassen sich durch folgende drei Dimensionen (Formen) unterscheiden:

- Antwortform
- Formen des Versuchsplans und
- Befragungsform

Es ist vor allem vom Untersuchungsziel abhängig, welche Kombination von Ausprägungen dieser drei Dimensionen zur Anwendung kommt. Dabei spielen auch die Kosten eine wichtige Rolle.

Im folgenden werden die Punkte besprochen, die bei jeder Befragung der Stated Preferences zu durchlaufen sind:

- Auswahl der Antwortform
- Erstellung des Versuchsplans
- Definition des Untersuchungsgegenstands
- Auswahl der Einflussgrößen
- Auswahl der Zielgruppe
- Fragebogengestaltung,
- Auswertung der Daten

3.2.1 Antwortformen

a) Transfer Pricing

Die Transfer Pricing-Antwortform verlangt von dem Befragten die Angabe des Betrages (Geld, Zeit,...), bei dem er auf ein Gut verzichten würde. Eine zweite Möglichkeit der Antwortform ist die Angabe des Betrages, den er für ein Gut hergeben würde. Diese Methode zeigt das Ausmass der Vorliebe/Abneigung für die eine oder gegen die andere Alternative.

b) Stated Preference

Bei der Stated Preference-Antwortform wird dem Befragten eine Situation präsentiert, die er auf einer vorgegebenen Intervallskala bewerten soll.

Die Antwortform ist für den Befragten einfach zu verstehen. Er kann seine Vorliebe für und Abneigung gegen eine bestimmte Situation äussern. Das Problem bei der Auswertung dieser Fragestellung liegt darin, dass der Befragte eben nur Vorlieben und Abneigungen erkennen lässt, jedoch keine Wahlentscheidung trifft.

Abb. 1: Stated Preferences: Beispiel

Wie bewerten Sie dieses Angebot?	
Öffentlicher Verkehr:	Es fährt ein Bus
	Bus fährt alle 10 min
	Bus ist in 0 von 10 Fällen unpünktlich
	Umsteigen nein
	Fahrt dauert insgesamt 8 min
	Fusswege von/zur Haltestelle dauern insgesamt 3 min
	Fahrt mit dem Bus kostet 2.00 DM
Ihre Bewertung wäre:	
unattraktiv	attraktiv
0-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10	

c) Stated Ranking

Bei der Stated Ranking-Antwortform werden dem Befragten mehrere Szenarien (bis zu 12) vorgelegt, die er in eine Rangfolge bringen soll.

Auch das Stated Ranking wird von dem Befragten schnell verstanden, jedoch empfindet nicht jeder diese Antwortform als interessant und herausfordernd (was sie eigentlich ist). Besonders dann, wenn der Befragte Entscheidungen zwischen fast gleichwertigen Szenarien treffen muss, wird die Aufgabe als schwer empfunden. Daher wird dem Befragten oftmals die Möglichkeit gegeben, die Szenarien erst einmal in Gruppen zusammenzufassen. Nachdem er die

Gruppen in eine Rangfolge gebracht hat, soll er die einzelnen Szenarien innerhalb der Gruppe in eine Rangordnung bringen.

Der Vorteil dieser Antwortform liegt darin, dass eine grosse Anzahl von Daten in einem kurzen Zeitraum ermittelt wird, denn jeder Rang kann als binäre Entscheidung analysiert werden (Rang 1 besser als Rang 2, Rang 2 besser als Rang 3,...). Bei der Analyse werden häufig nur die ersten fünf bis sechs Ränge herangezogen.

Abb. 2: Stated Ranking: Beispiel

Szenario 4	Preis 1.70 DM	Umsteigen Nein	Fahrdauer 10 min	Zugang 8 min
Szenario 1	Preis 1.50 DM	Umsteigen Nein	Fahrdauer 15 min	Zugang 8 min
Szenario 3	Preis 2.00 DM	Umsteigen Einmal	Fahrdauer 12 min	Zugang 4 min
Szenario 5	Preis 1.50 DM	Umsteigen Einmal	Fahrdauer 15 min	Zugang 10 min

d) Stated Choice

Die Stated Choice-Antwortform verlangt von dem Befragten eine Entscheidung zwischen mehreren vorgegebenen Alternativen.

Der Vorteil der Stated Choice-Form ist, dass sie einfach zu verstehen ist, schnell durchgeführt werden kann und die realen Verhältnisse gut widerspiegelt. Der Nachteil ist, dass durch die Antwortform wenige Informationen ermittelt werden, weil der Befragte nur Informationen zur jeweils besten Alternative abgeben kann. Deshalb wird häufig in den Fällen, in denen nur zwei Alternativen zur Auswahl stehen, eine Skala zur zusätzlichen Bewertung integriert (siehe Mischformen).

Abb. 3: Stated Choice: Beispiel

Gegeben ist folgende Situation:	
Öffentlicher Verkehr:	Es fährt eine Strassenbahn Strassenbahn fährt alle 6 min Strassenbahn ist in 0 von 10 Fällen unpünktlich Umsteigen nein Fahrt dauert insgesamt 20 min Fusswege von/zur Haltestelle dauern insgesamt 7 min Fahrt mit der Strassenbahn kostet 2.50 DM
Rad:	Fussweg bis zum Rad 1 min Fahrzeit mit dem Rad ist 8 min Zum abstellen des Rades gibt es keinen Fahrradständer Fussweg vom abgestellten Rad zum Ziel .. 1 min Als Radweg ausgebaut sind 15 % der Strecke
zu Fuss:	Gehzeit ist 23 min
Ihre Entscheidung wäre:	Strassenbahn ____ Rad ____ zu Fuss ____

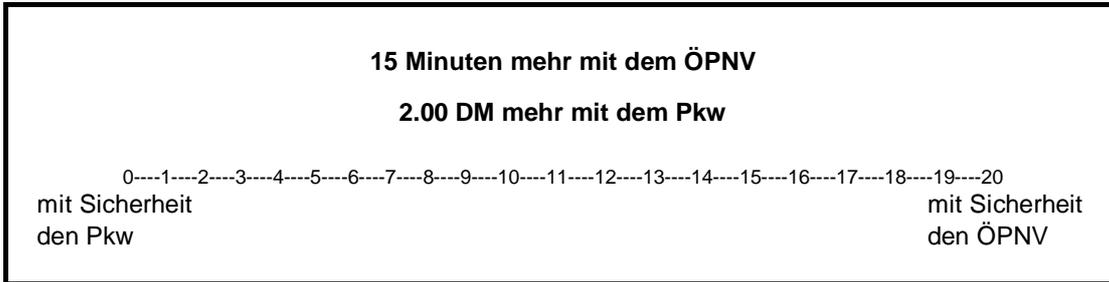
e) Priority Evaluator

Bei der Priority Evaluator-Antwortform wird dem Befragten die Aufgabe gestellt, ein vorgegebenes Budget vollständig zwischen alternativen Budgetposten zu verteilen. Dabei wird der Befragte mit den Kosten verschiedener Alternativen konfrontiert, so dass er sich mit dem Problem der beschränkten Ressourcen auseinandersetzen muss.

f) Mischformen

Die verschiedenen Antwortformen bieten die Möglichkeit, einzelne Formen als Mischformen zu kombinieren. Dabei ist die Form, in der in die Stated Choice-Antwortform eine Skala eingeführt wird, ein Beispiel, das häufig angewendet wird. Die Bewertungsskala braucht nicht in numerischer Form eingefügt zu werden, sondern kann auch in Form von verbal formulierten Wahrscheinlichkeiten (z. B. „Ich nutze sicherlich, wahrscheinlich, in der Hälfte der Fälle“) integriert werden. Die Auswertung erfolgt dann, indem den verbalen Wahrscheinlichkeiten numerische Werte zugeordnet werden (z. B.: 95%, 80%, 50%).

Abb. 4: Mischformen: Beispiel



3.2.2 Versuchsplan

„Der Versuchsplan eines Fragebogens der Stated Preferences hat die Aufgabe, den Entscheidungsraum der Befragten durch eine Folge von Entscheidungssituationen möglichst vollständig auszuloten, um die zugrundeliegenden Präferenzstrukturen der Befragten zu ermitteln. Der Versuchsplan legt dazu fest, wie die verschiedenen Ausprägungen der Einflussgrößen in den Entscheidungssituationen kombiniert werden.“ (FGSV 1996, S. 18)

Es besteht die Möglichkeit, einen vollständigen oder einen partiellen Versuchsplan anzuwenden. Bei einem vollständigen Versuchsplan wird jede Ausprägung jeder Einflussgröße mit jeder Ausprägung der anderen Einflussgrößen kombiniert. Dabei wird häufig von der Unabhängigkeit aller Einflussgrößen voneinander ausgegangen. In der Praxis ist ein vollständiger Versuchsplan jedoch selten. Der Umfang des Fragebogens wäre aufgrund des kombinatorischen Wachstums der Entscheidungssituationen zu gross. So hätte ein vollständiger Versuchsplan, der aus zwei Einflussgrößen mit drei Ausprägungen und drei Einflussgrößen mit vier Ausprägungen einen Umfang von $(3^2 * 4^3 =)$ 576 Entscheidungssituationen. Deshalb wird in der Praxis meistens mit einem partiellen Versuchsplan gearbeitet. Der Nachteil des partiellen Versuchsplans ist, dass Korrelationen zwischen den Einflussgrößen (auch untereinander) und den Wechselwirkungen (auch untereinander) bestehen. Die Korrelationen müssen so klein wie möglich gehalten werden.

Es gibt grundsätzlich drei Versuchsplanformen. Der **feste Versuchsplan** wird während der Befragung nicht an den Befragten angepasst, sondern behält seinen vorgegebenen Aufbau. Hingegen fließen beim **erfahrungsabhängigen** festen Versuchsplan die Antworten des Befragten in die Ausprägungen der Einflussgrößen ein. Allerdings sind die Veränderungen der Ausprägungen vorher fest im Versuchsplan festgelegt worden. Bei der dritten Form, dem **entscheidungsabhängigen** variablen Versuchsplan, sind beim Beginn der Befragung weder die Ausprägung der Einflussgrößen, noch der Versuchsplan selbst genau bekannt. Diese Form kann nur mit der Hilfe eines Computers durchgeführt werden, der die Ausprägungen und

Alternativszenarien anhand der bisher gegebenen Antworten ermittelt. Welche der drei Formen verwendet wird, hängt häufig von den vorhandenen Ressourcen ab.

3.2.3 Untersuchungsgegenstand, Zielgruppe und Rahmenbedingungen,

Bei der Anwendung der Methoden der SP ist es notwendig, dass der Untersuchungsgegenstand vorher durch eine genaue, vollständig ausformulierte Hypothese definiert wird. Aus der zu untersuchenden Hypothese sollte erkennbar sein:

- „welche Verhaltensalternativen für den Befragten von Bedeutung sind,
- welche Einflussgrößen das Verhalten des Befragten beeinflussen,
- welche Form dieser Einfluss hat (linear, quadratisch, logarithmisch etc.) und
- ob die verschiedenen Einflussgrößen unabhängig voneinander sind.“
(FGSV 1996, S. 24)

Bei der Auswahl der Einflussgrößen sollte darauf geachtet werden, dass die Anzahl von 10-12 nicht überschritten wird. Dem Befragten wird es sonst unmöglich, alle Einflussgrößen in seine Entscheidungsfindung zur Bewertung der Situationen zu berücksichtigen. Einflussgrößen beeinflussen sich teilweise gegenseitig. Häufig wird in der Praxis allerdings von der Annahme ausgegangen, dass die Einflussgrößen unabhängig voneinander sind. Die Ausprägungen der Einflussgrößen sollten so gewählt sein, dass sie in einem realistischen Rahmen liegen.

Die Definition der Zielgruppen der Untersuchung hat neben dem Einfluss auf die Definition der Hypothese auch einen Einfluss auf den Umfang der Befragung. Denn grundsätzlich sollte für jede Zielgruppe eine Stichprobe durchgeführt werden, d. h. je genauer die Zielgruppen mit Hilfe von verschiedenen Merkmalen beschrieben werden, um so umfangreicher wird die Befragung. Pro Zielgruppe wird im allgemeinen von einem Stichprobenumfang von 60-80 Personen ausgegangen.

Um die hypothetischen Situationen für den Befragten anschaulich darzustellen, bietet sich die Möglichkeit an, bei den Rahmenbedingungen auf seine persönlichen Erfahrungen einzugehen. Bei einem festen Versuchsplan ist dies natürlich nur beschränkt möglich. Bei den beiden anderen Versuchsplanformen ist es einfacher. Im Bereich der Verkehrsforschung und –planung wird der Befragte zum Beispiel gebeten, eine vor kurzem durchgeführte Fahrt zu schildern. Die aus der beschriebenen Fahrt gewonnenen Daten können in die weitere

Befragung integriert werden. Die so angepassten Entscheidungssituationen sind für den Befragten wesentlich motivierender.

3.2.4 Befragungsformen, Befragungsverfahren und Fragebogengestaltung

Der Fragebogen der Untersuchung mit SP-Methoden muss übersichtlich und verständlich sein. Die Methoden sind noch nicht allzu verbreitet, deshalb sollten die Fragestellungen sehr gut erklärt werden. Dazu können Beispiele genauso hilfreich sein wie Illustrationen. Genauso wichtig ist, dass der Befragte mit den Rahmenbedingungen der Untersuchung vertraut gemacht wurde. Nur wenn der Befragte die Aufgaben versteht, ist davon auszugehen, dass er keine Fragen aufgrund von Verständnisproblemen auslöst oder falsch bearbeitet. Aus diesem Grund erscheint es unerlässlich, einen Vortest durchzuführen.

Die Befragungsform ist normalerweise in Abhängigkeit von der Form des Versuchsplans definiert wie z. B.:

- schriftliche Befragung ist nur bei einem festen Versuchsplan möglich,
- telefonische sowie mündliche Befragung vor Ort (am Strassenrand, im Bus oder Zug...) ist bei allen drei Formen nur eingeschränkt möglich,
- mündliche Befragung zu Hause (oder am Arbeitsplatz bzw. in einem Interviewlokal) ist bei allen drei Befragungsformen möglich.

Die Auswahl der Antwortform ist durch die zu testende Hypothese meist direkt vorgegeben. Bei Untersuchungen zu Entscheidungssituationen können nur Transfer Pricing, Stated Choice und Stated Ranking in Frage kommen. Dabei werden die Stated Choice- und Stated Ranking-Methoden häufiger verwendet. Die Antwortform Stated Preference ist geeignet für Fragestellungen, bei denen die Ausgestaltung und Beurteilung einer Alternative definiert werden. Der Priority Evaluator ist eine Erweiterungsform der Stated Preference-Methode. Die Auswahl der Befragungsform ist hauptsächlich von der Art der Zielgruppe, die befragt werden soll abhängig.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist die Auswahl des Versuchsplans und der Ausprägungen der Einflussgrößen. Die Auswahl des Versuchsplans wird durch die gewünschte Realitätsnähe der Entscheidungssituationen, Rahmenbedingungen, der angestrebten statistischen Qualität der Ergebnisse und verfügbaren Mittel definiert. Die Ausprägungen der Einflussgrösse müssen im Rahmen der Vorgaben vor allem realistisch sein und den Befragten zwingen, über seine bisherigen Entscheidungen nachzudenken.

Die Entwicklung eines Fragebogens ist vor allem von den vorhandenen Mitteln, der zur Verfügung stehenden Zeit und dem Ziel der Befragung, sowie den definierten Rahmenbedingungen abhängig. Bei der Entwicklung eines Fragebogens sind bei jeder Befragung folgende Schritte zu durchlaufen:

- ⇒ Definition des Befragungsgegenstands und Festlegung der Verhaltensannahmen
- ⇒ Festlegung der Rahmenbedingungen und Marktsegmente
- ⇒ Auswahl der Befragungsform
- ⇒ Erstellung des Versuchsplans
- ⇒ Ermittlung der Ausprägungen
- ⇒ Gestaltung des Fragebogens

3.2.5 Auswertung, Vorbereitung und Überprüfung der Daten

Die Daten der SP-Befragung sollten daraufhin überprüft werden, ob die Befragten die Fragen mit der gewünschten Ernsthaftigkeit beantwortet, ob sie sich nur für bestimmte Alternativen entschieden oder ob sie jeweils alle Einflussgrößen berücksichtigt haben.

Auswertungsverfahren (lineare oder logistische Regression, Logit Modelle,...)

Das Auswertungsverfahren hängt mit der Antwortform unmittelbar zusammen. Bestimmte Antwortformen setzen verschiedene Analyseverfahren voraus:

Transfer Pricing	⇒	Regression, Logit- und Probitmodelle, Varianzanalyse
Stated Preference	⇒	Regression, Skalierungsverfahren
Stated Choice	⇒	Logit- und Probitmodelle, Skalierungsverfahren
Stated Ranking	⇒	Logit- und Probitmodelle, Skalierungsverfahren
Priority Evaluator	⇒	keine Standardverfahren

Die am häufigsten genutzten Auswertungsverfahren werden hier in einer kurzen Übersicht vorgestellt. Ihre Nutzung ist aufgrund der Verwendung in der Standardsoftware problemlos.

Lineare Regressionsanalyse

„Die lineare Regression beschreibt einen Zusammenhang zwischen einer intervallskalierten abhängigen Variablen und einer oder mehrerer unabhängigen Variablen, die entweder intervall- oder ordinalskaliert sind. Dieser Zusammenhang wird als „Regressionsgerade“ bezeichnet.“ (FGSV 1996, S. 47)

$$\hat{y}_{ij} = a_{0i} + \sum_{k=1}^{k=n} a_k x_{ijk}$$

a_k : Modellparameter

x_{ijk} : Wert der unabhängigen Einflussgrösse k für Person i für Alternative j

Logit-Modell

Das Logit-Modell geht davon aus, dass die Verkehrsteilnehmer durch die Wahl des Verkehrsmittels ihre generalisierten Kosten minimieren wollen. Die Form ist folgende:

$$P(i) = \frac{e^{V_i}}{\sum_{j=1}^n e^{V_j}}$$

$P(i)$: Wahrscheinlichkeit der Alternative i

n : Anzahl der Alternativen

V_i : Nutzenfunktion der Alternative i.

Falls verschiedene Alternativen sich nicht wesentlich voneinander unterscheiden, wird das „nested Logit-Modell“ (geschachteltes Logit Modell; Ben-Akiva und Lerman, 1985) angewendet. Es hat folgende Form:

$$P(i) = \frac{e^{\lambda(V_i + V_i^*)}}{\sum_{j=1}^n e^{\lambda(V_j + V_j^*)}}$$

$$V_i^* = \frac{1}{\mu} \ln \sum_{k=1}^m e^{\mu V_{ik}}$$

V_i^* : Nutzenfunktion des untergeordneten Netzes

V_{ik} : Nutzenfunktion der untergeordneten Alternativen

Neben diesen beiden Verfahren werden auch die logistische Regression und Exploded Logit angewendet.

3.3 Interpretation der SP-Ergebnissen

Da die Ergebnisse der Stated-Preference-Untersuchung i.d.R. aus einer kleineren Datenbasis ermittelt werden, hat die Qualität bzw. Repräsentativität der Stichprobe eine sehr wichtige Rolle. In Abhängigkeit von der Repräsentativität der Stichprobe in bezug auf die Grundgesamtheit ist auch die Qualität bzw. Repräsentativität der Ergebnisse wichtig. Diese Repräsentativität bezieht sich vor allem auf die Berücksichtigung aller für das Untersuchungsziel relevanten Parameter, vor allem auf die Auswahl der Befragten. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass bei SP-Untersuchungen die o.g. Methodik vollständig durchgeführt wird. Besonders wichtig ist dabei die Definition des Untersuchungsgegenstands, der Zielgruppe und der Rahmenbedingungen. Wenn in einer SP-Befragung z.B. bei der Ermittlung der Nachfrageelastizitäten sowohl nachfrageseitige als auch angebotsseitige Einflussfaktoren berücksichtigt sind, sind die dadurch ermittelten Ergebnisse für das betrachtete Untersuchungsgebiet als repräsentativ zu betrachten. Dabei ist der prozentuale Anteil der Stichprobe an der Grundgesamtheit weniger bedeutend. Die so ermittelten Ergebnisse gelten vor allem für das betrachtete Untersuchungsgebiet und sind für die Anwendung auf andere Gebiete aufgrund ähnlicher Unsicherheiten bzw. regionaler Unterschiede wie bei klassischen Elastizitäten, nicht zu empfehlen.

Aus der SP-Befragung ermittelte Ergebnisse haben deutliche Vorteile, da sie aus der Datengrundlage des betrachteten Untersuchungsgebiets gerechnet werden. Dadurch werden alle spezifischen Charakteristika dieses Gebiets bei der Ermittlung der Ergebnisse berücksichtigt, was einen bedeutenden Vorteil gegenüber klassischen und aus empirischen Datengrundlagen ermittelten Elastizitäten darstellt. Dort wo es sich bei der SP-Befragung um hypothetische Situationen handelt, sind Unsicherheiten vorhanden, um die Validität der Antworten zu schätzen.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde eine europaweite Quellenrecherche zur Methode der Stated Preference durchgeführt. Der Ziel war neben methodischen Grundlagen (Kapitel 3.2) auch allgemeine Erfahrungen aus angewendeten Beispielen in der Praxis zu sammeln und zu beurteilen. Daraus wurden vier Untersuchungen ausgewählt, die in Kapitel 3.4 ausgewertet sind. In neueren Untersuchungen werden die SP-Befragungen immer mehr mit RP-Daten verknüpft, womit die Vorteile der SP-Methode noch erweitert werden. Dadurch werden die o.g. Nachteile von SP- und RP-Methoden minimiert und ihre Vorteile am besten ausgenutzt.

Die wesentlichen Vorteile der SP-Methoden sind²²

- ⇒ Berücksichtigung der spezifischen Charakteristika des Untersuchungsgebiets und spezifischer Fragestellungen,
- ⇒ der relevante Teil des Entscheidungsraums der Befragten wird systematisch untersucht,
- ⇒ Massnahmen werden in die Untersuchung einbezogen, die sich vom Spektrum der bisherigen Gegebenheiten deutlich unterscheiden,
- ⇒ Quantifizierung des Einflusses schwacher Einflussgrössen,
- ⇒ Wirkungen der einbezogenen Einflussgrössen sind unabhängig voneinander messbar,
- ⇒ Kombination der SP-Daten und Verfahren mit anderen Befragungen bzw. anderen Ansätzen
- ⇒ kleinerer Stichprobenumfang mit genügender statistische Zuverlässigkeit der Ergebnisse, u.s.w.

Die wesentliche Nachteile sind:

- ⇒ die Validität der Aussage bei Antworten aus hypothetischen Situationen,
- ⇒ der Entwurf des Versuchsplans und die Gestaltung der Befragung erfordern methodische Erfahrungen,
- ⇒ statistische Probleme bei der Auswertung der Daten.

Positionen regierungsamtlicher Stellen zum Einsatz von SP für öffentlich geförderte Projekte.

In deutschsprachigen Ländern gibt es im Moment keine offiziellen Stellungnahmen der Regierungen über den Einsatz der SP-Methode für bedeutende Untersuchungen und öffentlich geförderte Projekte. Damit ist auch die Anwendung dieser Methode auf Vorschläge von Forschungs- und Beratungsstellen beschränkt. Trotzdem ist festzustellen, dass die Methode immer öfter für verschiedene Fargstellungen benutzt wird. In England wird diese Methode von regierungsamtlichen Stellen als Standardmethode zur Beurteilung von Infrastrukturprojekten gefördert.

²² FGSV 1996, Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences

3.3 Literaturanalyse von Anwendungsbeispiele zur SP-Methode

3.3.1 Halcrow Fox and Associates, Institute for Transport Studies University of Leeds and Accent Marketing & Research (1993): Road Pricing in London: Review and Specification of Model Elasticities

1. Hintergrund

Die Literaturanalyse, die im Rahmen dieser Studie über Elastizitäten in Verbindung mit Strassengebühren durchgeführt wurde, brachte nicht für alle Untersuchungskategorien eine ausreichende Anzahl an verwertbaren Daten. Daher sollten durch eine Befragung weitere Daten ermittelt werden, welche die bisherigen Ergebnisse ergänzen. Als Methode zur Erhebung wurden dabei die der Stated Preferences gewählt.

Die begrenzten Ressourcen führten dazu, dass ein kleiner Stichprobenumfang gewählt werden musste, der für das Untersuchungsgebiet nicht repräsentativ war.

2. Untersuchungsgegenstand und Zielgruppe

Untersuchungsgegenstand war die Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl durch die Erhebung von Strassengebühren im Grossraum London. Die Daten wurden für die Ringautobahn M25 erfasst. Dabei wurde zwischen verschiedenen Arten der Fahrt unterschieden.

Die Zielgruppe bestand aus Personen, die mit einem Personenwagen an einem der vorangegangenen drei Tagen mindestens drei Meilen (pro Fahrabschnitt) auf der M25 gefahren sind. Diese Zielgruppe wurde nach der Art der Fahrt in eine der sechs folgenden Kategorien eingeteilt:

- nicht subventionierter Pendlerverkehr (zur Arbeit), Spitzenzeiten, radial,
- nicht subventionierter Pendlerverkehr (zur Arbeit), Spitzenzeiten, orbital,
- subventionierter Berufsverkehr, ausserhalb der Spitzenzeiten,
- nicht subventionierter Pendlerverkehr (zu Bildungseinrichtungen), Spitzenzeiten,
- nicht subventionierter Pendlerverkehr (Einkaufen o.ä.), ausserhalb der Spitzenzeiten,

- nicht subventionierter Pendlerverkehr (Soziales und Erholung), ausserhalb der Spitzenzeiten.

Dabei waren die Charakteristika wie folgt definiert:

- Als „subventioniert“ galt, dass der Treibstoff vom Arbeitgeber bezahlt wurde. Andere Formen der Unterstützung galten nicht,
- Spitzenzeiten waren definiert als Zeiten von 07.00 bis 10.00 Uhr und 16.00 bis 19.00 Uhr. Als ausserhalb der Spitzenzeiten galten die anderen Zeiten im Zeitraum von 06.00 bis 20.00 Uhr,
- Als radial wurde definiert, dass eine geplante Gebührenzahlstelle gekreuzt wurde. Als orbital galt ein ringförmiger paralleler Verlauf zur M25, und damit zu den Zahlstellen.

Pro Kategorie sollten mindestens 60 erfolgreiche Interviews geführt werden.

3. Auswahl der Einflussgrössen und Alternativen

Als Alternativen standen der Pw, der ÖV und die Möglichkeit, die Fahrt nicht anzutreten zur Verfügung. Als ÖV wurden Bus, Zug, Metro, Taxi, zu Fuss gehen/radfahren zusammengefasst. Die Einflussgrössen waren Fahrzeit und Fahrtkosten. Die Kosten für die Pw-Nutzung wurden in Strassengebühr und andere Kosten unterteilt.

4. Versuchsplan

Als Form wurde ein erfahrungsabhängiger fester Versuchsplan gewählt. Inwieweit der Versuchsplan vollständig war, ist der Studie nicht zu entnehmen.

5. Gestaltung

Im ersten Teil der computergestützten Befragung wurden die Daten erhoben, die als Erfahrungswerte in den zweiten Teil einfließen. Der erste Teil war in drei Bereiche eingeteilt:

- a) Fragen zur Einstellung zu Strassengebühren,
- b) Fragen zu Details der Fahrt,
- c) Fragen zum Verhalten, falls der Pw nicht zur Verfügung stehen würde.

Im zweiten Teil hatten die Befragten die Möglichkeit, in der Form der Stated Choice zu antworten, d. h. die Befragten hatten die Wahlmöglichkeit zwischen zwei vorgegebenen Alternativen und der Möglichkeit, die Fahrt nicht anzutreten. Hier gingen die Daten aus dem ersten Teil ein. So wurde z. B. die Fahrzeit die der angegebenen Fahrt angepasst.

Ein typisches Gestaltungsbeispiel aus der Befragung sah wie folgt aus:

Welche Möglichkeit würden Sie bevorzugen?													
(A) Personenwagen			(B) Alternative										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Fahrzeit (Hinfahrt):</td> <td style="padding: 2px;">1 Stunde 21 Minuten</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Fahrzeit (Rückfahrt):</td> <td style="padding: 2px;">54 Minuten</td> </tr> </table>			Fahrzeit (Hinfahrt):	1 Stunde 21 Minuten	Fahrzeit (Rückfahrt):	54 Minuten	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Fahrzeit (Hinfahrt)</td> <td style="padding: 2px;">1 Stunde</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Fahrzeit (Rückfahrt):</td> <td style="padding: 2px;">1 Stunde</td> </tr> </table>			Fahrzeit (Hinfahrt)	1 Stunde	Fahrzeit (Rückfahrt):	1 Stunde
Fahrzeit (Hinfahrt):	1 Stunde 21 Minuten												
Fahrzeit (Rückfahrt):	54 Minuten												
Fahrzeit (Hinfahrt)	1 Stunde												
Fahrzeit (Rückfahrt):	1 Stunde												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Strassengebühr:</td> <td style="padding: 2px;">£3.75</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">andere Kosten:</td> <td style="padding: 2px;">£1.20</td> </tr> </table>			Strassengebühr:	£3.75	andere Kosten:	£1.20	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">Kosten:</td> <td style="padding: 2px;">£1.60</td> </tr> </table>			Kosten:	£1.60		
Strassengebühr:	£3.75												
andere Kosten:	£1.20												
Kosten:	£1.60												
1 mit Sicherheit A	2 wahrscheinlich A	3 weiss nicht	4 wahrscheinlich B	5 mit Sicherheit B	6 keine Fahrt								
Geben Sie Ihre Antwort ein und drücken Sie dann [Enter]													

6. Durchführung

Anfang August 1992 fanden sechzehn Interviews als Pretest statt. Die Erfahrungen, die durch diesen Pretest gesammelt wurden, führten zu einigen Veränderungen der Befragung.

Die Erhebung fand zwischen dem 8. September und 25. September 1992 an fünfzehn verschiedenen Orten in fünf verschiedenen Gebieten statt, die alle im Umkreis von ca. 15 km vom Zentrum Londons entfernt bzw. selbst im Zentrum lagen. Die Befragten wurden durch Interviewer in der Nähe des Interviewlokals angesprochen, und insofern sie einer der sechs Untersuchungskategorien entsprachen, wurden sie eingeladen, an der 30- bis 40-minütigen computergestützten Befragung teilzunehmen.

7. Auswertung

Nachdem die Interviews bearbeitet wurden, enthielt die Datenbank 409 erfolgreich geführte Interviews. Das Minimum von 60 Interviews wurde in jeder der sechs Kategorien erreicht.

Die Ergebnisse der Befragung zur Verkehrsmittelwahl wurden mit Hilfe des einfachen Logit-Modells ausgewertet. Dabei wurde die Pw-Nutzung über Kosten und Zeit definiert und die der

alternativen Verkehrsträger über Kosten, Zeit und einer modalen Konstante. Die Form sah wie folgt aus:

$P(P_w)$: Wahrscheinlichkeit der P_w -Wahl

Nutzung (P_w) = B_1 Kosten + B_2 Zeit

Nutzung (alternativer Verkehrsträger) = B_3 Kosten + B_2 Zeit + B_4

$$P(P_w) = \frac{e^{N(P_w)}}{e^{N(P_w)} + e^{N(alt)}}$$

8. Ergebnisse und Anwendung

Die Befragung führte zu den gewünschten Ergebnissen. Mit den Stated Preference-Methoden wurden potentielle Verhaltensänderungen festgestellt, welche durch den Einfluss verschiedener Strassengebührenszenarios entstehen. Mit dem unter Punkt 7. vorgestellten Modell liessen sich folgende Schätzungen für die P_w -Wahl mit der Alternative ÖV berechnen (erste Tabelle: Angaben in Prozent):

	Strassengebühr =			
	0 pence/Meile	5 pence/Meile	15 pence/Meile	35 pence/Meile
zur Arbeit, radial	86.4	83.2	74.9	51.9
zur Arbeit, orbital	95.2	92.9	85.3	53.3
Berufsverkehr	97.7	96.2	89.9	52.4
zu Bildungseinricht.	95.9	92.1	74.4	15.4
Einkaufen	84.8	80.4	68.9	39.1
Soziales und Erholung	98.4	96.9	88.3	31.0

Elastizitäten	Strassengebühr =			
	0 pence/Meile	5 pence/Meile	15 pence/Meile	35 pence/Meile
zur Arbeit, radial	-0.1	-0.12	-0.2	-0.44
zur Arbeit, orbital	-0.05	-0.06	-0.13	-0.44
Berufsverkehr	-0.02	-0.03	-0.08	-0.42
zu Bildungseinricht.	-0.07	-0.09	-0.28	-1.09
Einkaufen	-0.09	-0.12	-0.22	-0.55
Soziales und Erholung	-0.2	-0.3	-0.1	-0.72

Mit Hilfe der ermittelten Befragungsdaten konnten Elastizitäten errechnet werden, die Tendenzen aufzeigten, die in die Entwicklung einer Rahmentheorie einflussen. Es wird mehrfach betont, dass die Resultate indikativ und nicht definitiv zu sehen sind, da der Stichprobenumfang sehr gering war.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Befragung als Kreuzelastizitäten der Gebühren und der generalisierten Kosten nach Art der Fahrt aufgeführt.

	Kreuzelastizitäten der Gebühren			Kreuzelastizitäten der generalisierten Kosten		
	0-5 pence	0-15 pence	0-35 pence	0-5 pence	0-15 pence	0-35 pence
<u>zur Arbeit, radial</u>						
Bus	0.086	0.131	0.227	0.184	0.244	0.36
Zug	0.105	0.158	0.27	0.224	0.295	0.428
Metro	0.055	0.085	0.152	0.118	0.158	0.241
<u>zur Arbeit, orbital</u>						
Bus	0.056	0.108	0.267	0.156	0.246	0.486
Zug	0.143	0.261	0.545	0.397	0.595	0.992
Metro	0.077	0.147	0.347	0.215	0.336	0.623
<u>Berufsverkehr</u>						
Bus	0.027	0.07	0.253	0.106	0.202	0.531
Zug	0.081	0.197	0.556	0.312	0.565	1.169
Metro	0.019	0.05	0.187	0.075	0.143	0.394
<u>zu Bildungseinricht.</u>						
Bus	0.039	0.101	0.234	0.125	0.258	0.455
Zug	0.097	0.238	0.479	0.312	0.608	0.931
Metro	0.055	0.141	0.313	0.178	0.361	0.609
<u>Einkaufen</u>						
Bus	0.075	0.125	0.225	0.187	0.255	0.369
Zug	0.41	0.577	0.766	1.029	1.178	1.258
Metro	0.047	0.08	0.15	0.119	0.164	0.246
<u>Soziales und Erholung</u>						
Bus	0.017	0.056	0.232	0.053	0.136	0.429
Zug	0.152	0.423	0.912	0.484	1.029	1.686
Metro	0.041	0.133	0.463	0.132	0.324	0.855

3.3.2 K.W. Axhausen / H. Köll / M. Bader (1998): An Analysis of Mode Choice Behaviour in Innsbruck

1. Hintergrund

Mit Mitteln der Stadt Innsbruck, der Innsbrucker Verkehrsbetriebe und des europäischen Forschungsprojekts TASTE wurde die Studie in Innsbruck ab Herbst 1997 durchgeführt. Es sollte ermittelt werden, wie sich die Innsbrucker Bevölkerung im Hinblick auf die Verkehrsmittelwahl und die Bereitschaft, das Verkehrsmittel zu wechseln, verhält. Die Ergebnisse der Studie sollten der Stadt Innsbruck dazu dienen, den Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zu fördern. Der ÖPNV in Innsbruck wird in den Formen Diesel-Bus, Oberleitungsbus und Strassenbahn angeboten.

2. Untersuchungsgegenstand und Zielgruppe

Der Untersuchungsgegenstand war die Messung des Verhaltens bei der Verkehrsmittelwahl, um den Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl zu quantifizieren. Dazu sollten Daten zum tatsächlichen Verhalten, den offengelegten Präferenzen (Revealed Preferences; RP), gesammelt werden. Auf deren Basis sollten dann schriftliche Befragungen zu Präferenzen unter neuen noch nicht vorhandenen Bedingungen durchgeführt werden. Dabei sollte die Bedeutung der Einflussgrößen auf die Verkehrsmittelwahl für die Innsbrucker Bevölkerung ermittelt werden. Unterschieden wurde die Fahrt nach ihrem Zweck (zur Arbeit, zum Einkaufen und zur Freizeit).

Neben dem substantiellen Interesse ging es in der Studie um den Vergleich zwei verschiedener Untersuchungsmethoden. Die Ergebnisse, die in der schriftlichen Befragung mit Hilfe der Conjoint Analysis (CA) ermittelt wurden, sollten mit denen der Stated Preference-Methode (SP) verglichen werden. (Anzumerken ist hierbei, dass in anderen einschlägigen Quellen die beiden Begriffe „Conjoint Analysis“ und „Stated Preference“ als Synonym verwendet werden. Die in dieser Studie vorgestellten Methoden sind dann Teil der Methoden der SP, bzw. CA.)

Die Zielgruppe bestand aus Innsbruckern, die über 18 Jahre alt waren. Die Befragten wurden zuerst telefonisch interviewt, bevor ihnen ein Fragebogen, der auf den angegebenen Daten basierte, innerhalb der nächsten vier Tage zugestellt wurde. Bei der schriftlichen Befragung wurde zwischen Personen unterschieden, die einen Pkw zur Verfügung haben und denen, die keinen Pkw zur Verfügung haben.

3. Auswahl der Einflussgrößen und Alternativen

Die Alternativen waren der Pkw, der ÖPNV, das Fahrrad und das Zu-Fuss-Gehen.

Als Einflussgrößen wurden gewählt:

- die Zu- und Abgangszeiten,
- die Fahrzeiten,
- die Parkplatzsuchzeiten,
- die Wartezeiten,
- die Verlässlichkeit von Pkw und ÖPNV,
- der Fahrpreis,
- die Parkplatzkosten,
- der Radweganteil

4. Versuchsplan

Aufgrund der hohen Anzahl an Einflussgrößen, war es nicht möglich, einen vollständigen Versuchsplan zu verwenden. Daher wurde ein partieller Versuchsplan mit 44 zufällig ausgewählten Entscheidungssituationen, die in vier Blöcke aufgeteilt wurden, herangezogen. Durch die wesentliche Kürzung des Versuchsplanumfangs waren Korrelationen zwischen den Einflussgrößen selbst oder den Wechselwirkungen oder zwischen den Einflussgrößen und den Wechselwirkungen nicht auszuschließen. Der Versuchsplan wurde daraufhin überprüft. Die Korrelationen waren jedoch gering genug, um eine Verfälschung der Ergebnisse durch diesen Faktor auszuschließen.

Dadurch, dass mit den Befragten zuerst ein Telefoninterview geführt wurde, bevor ihnen der Fragebogen zugesendet wurde, war es möglich, einen erfahrungsabhängigen Versuchsplan in schriftlicher Form zu verwenden.

5. Gestaltung

Die Befragung wurde in zwei Schritten durchgeführt. Dem Telefoninterview folgte eine schriftliche Befragung. Dementsprechend unterschied sich die Gestaltung der Befragung innerhalb dieser Schritte.

a) Telefoninterview

Das Telefoninterview war in acht Abschnitte eingeteilt, von denen fünf für alle Befragten gleich waren, während zwei Abschnitte dem Befragten angepasst wurden (z. B. Pkw verfügbar/nicht verfügbar). Der achte Abschnitt diente dazu, die Befragten für die ergänzende schriftliche Befragung zu motivieren.

Durch das Telefoninterview sollten Daten zu folgenden Themen ermittelt werden:

- Verfügbarkeit des ÖPNV zu Hause und bei der Arbeit,
- Verfügbarkeit eines Pkw,
- Verfügbarkeit einer Wochenkarte, Monatskarte, etc.,
- Sozio-demographische Beschreibung des Befragten,
- Detaillierte Beschreibung einer kürzlichen Fahrt zur Arbeit, zum Einkaufen oder zur Freizeit innerhalb von Innsbruck,
- Erfassung der Fahrten mit dem öffentlichen Verkehr innerhalb der letzten Woche und die verwendeten Fahrscheinarten.

b) schriftliche Befragung

In der schriftlichen Befragung wurden die Daten des Telefoninterviews verwertet. Besonders die Angaben zu der beschriebenen Fahrt zur Arbeit, zum Einkaufen oder zur Freizeit wurden so integriert, dass mögliche Alternativen sich daran orientierten.

Im ersten Teil der schriftlichen Befragung wurden die Methoden der Conjoint Analysis angewendet. Den Befragten wurden eine Reihe von Fragen vorgelegt, bei denen sie ihre Entscheidung auf einer 11-stufigen Skala angeben konnten. Dabei konnten sie erst einzelne Alternativen und deren Ausprägungen bewerten (siehe Abb. 1). Daraufhin sollten sie komplette Szenarien (siehe Abb. 2) bewerten.

Abb. 1:

Wie wichtig ist für Sie die Art des öffentlichen Verkehrsmittels , das sie benutzen?	
ganz unwichtig	sehr wichtig
0-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10	
Wie beurteilen Sie die folgenden Möglichkeiten?	
	unattraktiv attraktiv
Bus	0-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10
O-Bus	0-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10
Strassenbahn...	0-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10

Abb. 2:

Sie haben uns den Weg zur Arbeit wie folgt geschildert:	
Öffentlicher Verkehr:	Es fährt ein Bus
	Bus fährt alle 10 min
	Bus ist in 0 von 10 Fällen unpünktlich
	Umsteigen nein
	Fahrt dauert insgesamt 8 min
	Fusswege von/zur Haltestelle dauern insgesamt 3 min
	Fahrt mit dem Bus kostet 15 Schilling
Ihre Bewertung wäre:	
	unattraktiv attraktiv
0-----1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10	

Im zweiten Teil der Befragung kamen die Methoden der Stated Preferences zur Anwendung. Die Befragten konnten ihre Entscheidung in der Antwortform des Stated Choice angeben, d.h. sie hatten die Wahl zwischen verschiedenen vorgegebenen Alternativen. Falls die Befragten während des Telefoninterviews angegeben hatten, dass sie einen Pkw zur Verfügung haben,

wurden ihnen die Alternativen Pkw, ÖPNV, Fahrrad und Zu-Fuss-Gehen vorgegeben. Falls sie keinen Pkw zur Verfügung hatten, standen die Alternativen ÖPNV, Fahrrad und Zu-Fuss-Gehen zur Auswahl. Die Befragten sollten eine der Alternativen wählen. Ein Beispiel ist in Abb. 3 zu sehen.

Abb. 3:

Angenommen, die Situation wäre nun so:	
Öffentlicher Verkehr:	Es fährt eine Strassenbahn Strassenbahn fährt alle 6 min Strassenbahn ist in 0 von 10 Fällen unpünktlich Umsteigen nein Fahrt dauert insgesamt 20 min Fusswege von/zur Haltestelle dauern insgesamt 7 min Fahrt mit der Strassenbahn kostet 12 Schilling
Rad:	Fussweg bis zum Rad 1 min Fahrzeit mit dem Rad ist 8 min Zum abstellen des Rades gibt es keinen Fahrradständer Fussweg vom abgestellten Rad zum Ziel .. 1 min Als Radweg ausgebaut sind 15 % der Strecke
zu Fuss:	Gehzeit ist 23 min
Ihre Entscheidung wäre:	Strassenbahn ___ Rad ___ zu Fuss ___

6. Durchführung

Die Befragung der Bevölkerung fand in den Zeiträumen November-Dezember 1997 und Februar-März 1998 statt.

Insgesamt wurde versucht, 2.223 Personen telefonisch zu erreichen. Es konnten 1832 Personen erreicht werden. Mit 1.215 (66%) von ihnen wurde ein vollständiges Interview geführt. Die sozio-demographische Auswertung verdeutlichte, dass ältere und weibliche Befragte überrepräsentiert waren. Ein typisches Merkmal vieler Telefonumfragen.

Die schriftliche Befragung hatte mit 65% eine ähnlich hohe Rücklaufquote. Bei der Befragung wurde allen Befragten ein Fragebogen zugesandt, der an der im Telefoninterview geschilderten Fahrt orientiert war. Zwischen dem Telefoninterview und der Zustellung des Fragebogens sollten nicht mehr als vier Tage liegen. Der erste Teil des Fragebogens beinhaltete 28 Fragen der Methoden der Conjoint Analysis. Im zweiten Teil wurden von den Befragten 11 Entscheidungen in der Antwortform „Stated Choice“ verlangt. In beiden Teilen bekamen sie eine

Beschreibung ihrer angegebenen Fahrt vorgelegt. Der Fragebogen sollte innerhalb einer Woche zurückgesandt werden.

7. Auswertung

Auswertungsansatz der Stated Preference- und Revealed Preference-Daten.

Zur Auswertung der Daten wurden Modelle herangezogen, welche die Modellierung von Verkehrsmittelwahlentscheidungen unter der Annahme abbilden, dass die Verkehrsteilnehmer ihren privaten Nutzen (generalisierte Kosten) minimieren wollen. Es wurde angenommen, dass:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq}$$

U_{jq} : Nutzen der Alternative j für Person q

V_{jq} : Systematischer, beschreibbarer Anteil

ε_{jq} : Nicht systematischer, zufälliger, nicht beschreibbarer Anteil

V_{jq} ist eine Funktion der gemessenen Einflussgrößen k der Alternative und der Person selbst:

$$V_{jq} = \alpha_k + \sum_{\forall k} \alpha_{kj} \chi_{kjq} + \sum_{\forall n} \beta_{nj} s_{nq}$$

α_{kj} sind konstant für alle Personen des untersuchten Marktsegments.

χ_{kjq} sind Ausprägungen der Einflussgrößen k der Alternative j für Person q.

β_{nj} sind konstant für alle Personen des untersuchten Marktsegments.

s_{nq} sind die Eigenschaften n der Person q.

Jeder Verkehrsteilnehmer wählt die Alternative j für die gilt:

$$U_{jk} \geq U_{iq}, \quad \forall i$$

Die Stated Preference- und Revealed Preference-Daten wurden mit Hilfe von NLOGIT of LIMDEP 7.0 analysiert. Damit konnten sowohl das einfache multinominale Logit-Modell als auch das geschachtelte Logit-Modell ausgeführt werden. Das einfache multinominale Logit-Modell hatte folgende Form:

$$P_{jq} = \frac{e^{\beta V_{jq}}}{\sum_i e^{\beta V_{iq}}}$$

dabei war $\beta = 1$ vordefiniert.

8. Ergebnisse und Anwendung

Die Anwendung der Methoden der Stated Preferences brachte eine Vielzahl an verwertbaren Daten. Zusammenfassend können hier nur die wichtigsten Ergebnisse vorgestellt werden.

Die beschriebenen Fahrten wurden nach der Wahl des Verkehrsmittels ausgewertet. Eine Bevorzugung der motorisierten Verkehrsmittel ist zu erkennen. Die genauen Werte sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Verkehrsmittelwahl bei den beschriebenen Fahrten (Angaben in %)

Fahrtzweck	ÖPNV	Pkw	Fahrrad	zu Fuss-Gehen
Arbeit	33	42	17	8
Einkaufen	40	46	6	8
Freizeit	35	47	7	10

Die SP-Daten und die RP-Daten des Telefoninterviews wurden gemeinsam analysiert. Die relative Bewertung der Einflussgrößen ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Relative Bewertung der Einflussgrößen

Beziehung	Fahrzweck											
	Arbeit				Einkaufen				Freizeit			
	alle Verk.-mittel	ÖPNV	Pkw	Fahrrad	alle Verk.-mittel	ÖPNV	Pkw	Fahrrad	alle Verk.-mittel	ÖPNV	Pkw	Fahrrad
Fahrzeiterparnis [Schilling/min]	2.57				2.38				0.67			
zu Fuss-Gehen/Fahrtzeit [Schilling/min]	1.67				1.13				3.16			
Warte/Fahrtzeit [Schilling/min]		0.56			0.13				0.44			
Suchen/Fahrtzeit [Schilling/min]			1.67	2.06			3.18	4.95			3.31	29.09
Umsteigen/Fahrtzeit [min]		14.35			9.06				22.22			
Verlässlichkeit/Fahrtzeit [Schilling/min]		10	7.41		5.81				8.44			
Radweg/Reise [min/%]				-0.07				-0.21				0.16

Die fett geschriebenen Werte wurden a priori aus den SP-Ergebnissen festgesetzt. Die kursiv geschriebenen Werte basieren auf nicht-signifikanten Parametern.

Die Werte für eingesparte Reisezeit liegen mit 2.0-2.5 Schilling für jede eingesparte Minute zur Arbeit und zum Einkaufen in einem realistischen Rahmen. Der Wert für die Freizeitwege liegt, wie erwartet, wesentlich tiefer. Der Vergleich der Bewertung des Wartens und der Verlässlichkeit zeigt niedrige Werte (=Bedeutung) für das Warten, während umgekehrt die Innsbrucker einen hohen Wert auf die Zuverlässigkeit legen, besonders auf dem Weg zur Arbeit.

Die Bewertung der Suchzeit liegt für den Pkw im erwarteten Rahmen, unerwarteter war sie für das Fahrrad. Zwar liegen keine verwertbaren Daten für die folgende These vor, doch ist davon auszugehen, dass die Befragten ihr Fahrrad vor dem Zielort abstellen möchten, besonders beim Einkaufen und während der Freizeit. Die Werte für das Umsteigen verdeutlichen eine Empfindlichkeit der Innsbrucker in dieser Hinsicht. Einmal umsteigen ist ihnen zwischen 9 und 15 Minuten Fahrzeit wert. In der Freizeit ist der Wert mit 22 Minuten noch höher.

Der ÖPNV wird in Innsbruck in den Formen Diesel-Bus, Oberleitungsbus und Strassenbahn angeboten. Die SP-Daten zeigen, dass der Typ des ÖPNV-Verkehrsmittels keinen Einfluss auf die generelle Verkehrsmittelwahl hat.

3.3.3 G. Abay (1999): Nachfrageabschätzung Swissmetro

1. Hintergrund

In der Schweiz wurde im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms „Verkehr und Umwelt“ (NFP 41) eine Studie durchgeführt, die sich mit Abschätzung der Nachfrage für die Swissmetro befasste. Das Planungsbüro Abay & Meier hat die Untersuchung in den Jahren 1997/1998 durchgeführt. Bei der Swissmetro handelt es sich um ein noch nicht realisiertes Projekt einer unterirdisch verkehrenden Magnetschwebbahn, welche die wichtigsten Agglomerationen der Schweiz miteinander verbinden würde. Die Swissmetro würde im Teilvakuum mit über 400 km/h verkehren. Inwieweit die Swissmetro wirtschaftlich betrieben werden kann, soll durch Studien, wie diese, ermittelt werden. Dabei ist die erste Frage, wieviel Verkehr sie nach ihrer möglichen Realisierung im Jahr 2015 generieren wird.

Mit Methoden der Stated Preferences (SP) wurden Befragungen bei Bahn- und Strassenbenutzern durchgeführt, um das Nachfragepotential zu ermitteln.

2. Untersuchungsgegenstand und Zielgruppe

Der Untersuchungsgegenstand der Studie war die Abschätzung der Nachfragewirkungen der Swissmetro im Korridor St.Gallen – Zürich – Bern – Lausanne - Genève. Es sollten Daten ermittelt werden, inwieweit Bahnpassagiere und Strassenbenutzer auf die potentielle Alternative Swissmetro umsteigen. Dazu wurde im ersten Schritt der Untersuchung eine Erfassung der bestehenden Nachfrage durchgeführt, um die so ermittelten Daten als Grundlage für eine SP-Befragung zu nutzen. Die Ergebnisse der SP-Befragung wurden für drei Zustände zusammengestellt:

- Heutiges Infrastrukturangebot, heutige Nachfrage
- Infrastrukturangebot 2015, heutige Nachfrage
- Infrastrukturangebot 2015, Nachfrage 2015

Als Grundlage für die Hochrechnung auf das Jahr 2015 (mögliche Realisierung der Swissmetro) dienten hierbei die Prognosewerte der Studie „Perspektiven des schweizerischen Personenverkehrs 1990-2015“ (GVF-Bericht Nr. 218).

Die Zielgruppe waren alle Bahn- und Strassenbenutzer der Achse St.Gallen – Genève. Die Bahnpassagiere wurden in den Zügen persönlich interviewt, während die Strassenbenutzer schriftlich befragt wurden.

3. Auswahl der Einflussgrössen und Alternativen

Als Alternativen wurden SBB, Swissmetro und Personenwagen (soweit den Bahnpassagieren ein PW zur Verfügung stand) gewählt.

Den Alternativen wurden folgende Einflussgrössen mit folgenden Ausprägungen zugeordnet:

<u>SBB:</u>	Reisezeit	1:	heute – 20%
		2:	heute
		3:	heute + 10%
	Fahrpreis	1:	heute
		2:	heute + 20%
		3:	heute – 10%
	Takt:	1:	120 Minuten
		2:	60 Minuten
		3:	30 Minuten
<u>Swissmetro:</u>	Reisezeit	1:	Planung – 20%
		2:	Planung + 25%
		3:	Planung
	Fahrpreis	1:	jeweiliger SBB Fahrpreis + 20% Zuschlag auf Tarifkilometer
		2:	jeweiliger SBB Fahrpreis + 30% Zuschlag auf Tarifkilometer
		3:	jeweiliger SBB Fahrpreis + 60% Zuschlag auf Tarifkilometer
	Takt:	1:	20 Minuten
		2:	10 Minuten
		3:	30 Minuten
Komfort	1:	wie SBB 1. Klasse	
	2:	wie Flugzeug 1. Klasse	
<u>PW:</u>	Reisezeit	1:	heute

	2:	heute + 30%
	3:	heute – 20%
Fahrpreis	1:	heute + 30%
	2:	heute
	3:	heute – 20%

4. Versuchsplan

Ein vollständiger Versuchsplan mit neun Einflussgrößen mit jeweils drei bzw. zwei Ausprägungen wäre viel zu umfangreich für die Befragten. Insgesamt hätte es ($3^8 * 2^1 =$) 13.122 Entscheidungssituationen gegeben. Deshalb wurde ein partieller Versuchsplan verwendet. Mit der Hilfe eines Computerprogramms wurde die Anzahl der Situationen reduziert. Es sollten die Situationen ausgewählt werden, bei denen die Beobachtungswerte die geringsten Korrelationen aufwiesen, und damit den vollständigen Versuchsplan am besten repräsentierten. Es wurden 27 Situationen ermittelt. Um den Umfang der Befragung gering zu halten, wurden drei Blöcke zu je neun Entscheidungssituationen gebildet. Die Befragten mussten also keine Entscheidungen für alle 27 Situationen treffen, sondern wurden nach dem Zufallsprinzip einem dieser drei Blöcke zugeteilt.

Der Versuchsplan wurde in der Form des erfahrungsabhängigen festen Versuchsplans entwickelt. Die dazu erforderlichen „erfahrungsabhängigen“ Daten wurden bei den Bahnpassagieren während der Interviews gesammelt und mit Hilfe eines Computers verarbeitet, um die Entscheidungssituationen den Befragten anzupassen.

Die Strassenbenutzer wurden hingegen zweimal angeschrieben. Dabei diente die erste Kontaktaufnahme zur Erfassung der „erfahrungsabhängigen“ Daten mittels eines Fragebogens, während das zweite Schreiben den SP-Fragebogen enthielt.

5. Gestaltung

Für die Studie wurden Bahnpassagiere und Strassenbenutzer befragt. Die beiden Gruppen wurden jeweils in einer unterschiedlichen Form befragt.

a) Befragung der Bahnpassagiere

Die Bahnpassagiere erhielten bei der Abfahrt der Züge eine einseitige Dokumentation über die Swissmetro, um sich einen Überblick über die wichtigsten Leistungsmerkmale machen zu können. Während der Fahrt wurden die Reisenden von den Interviewern gebeten an der computergestützten Befragung teilzunehmen. Die Befragung selbst war in zwei Teile geglie-

dert. Der erste Teil diente zur Erfassung allgemeiner Daten (Reisefrequenz, Einsteige- und Zielbahnhof, Sozio-demographische Daten, etc.), die dann im zweiten Teil als Grundlage zur Ermittlung der erfahrungsabhängigen Entscheidungssituationen verwendet wurden. Für die Generierung der Alternativen wurden bestimmte Modellannahmen gewählt. So wurden zum Beispiel die Reisezeiten für PW-Nutzung über eine mittlere Reisegeschwindigkeit von 90 km/h berechnet. Die Entfernungen zwischen Quellort und Zielort wurden mit Hilfe der Methode Luftliniendistanz * 1.25 geschätzt.

Mit Hilfe des Computers konnten so jedem Befragten neun Szenarien zur jeweiligen Entscheidung vorgelegt werden, wie eines in Abb. 1 zu sehen ist. Falls sich der Befragte für die Swissmetro entschieden hatte, sollte er die Zusatzfrage beantworten. Durch diese Frage wurde der induzierte Verkehr abgeschätzt.

Abb. 1: Beispiel für ein Angebotsprofil von Meilen nach Fribourg

Auswahl nr. 2	SBB	SWISSMETRO	PW
Reisezeit	2 Std. 7 Min.	1 Std. 37 Min.	2 Std. 23 Min.
Preis	68 Fr.	78 Fr.	56 Fr.
Takt	120 Min.	30 Min.	
Komfort		wie SBB 1. Kl	
Ihre Wahl:			

Falls Sie Swissmetro gewählt haben: wieviele zusätzliche Reisen hätten Sie bei diesem Angebot in den letzten 12 Monaten unternommen?

Anzahl zusätzliche Reisen:

b) Befragung der Strassenbenutzer

Die Gestaltung der Befragung der Strassenbenutzer unterschied sich von der Befragung der Bahnpassagiere. Die Strassenbenutzer wurden schriftlich gebeten, an der Befragung teilzunehmen. (Die Ermittlung der relevanten Personen ist unter Punkt „6. Durchführung“ erläutert.) Bei der ersten Kontaktaufnahme wurde ein Fragebogen beigelegt, der dem ersten Teil des Interviews der Bahnpassagiere entspricht. Mit dem Fragebogen wurden die Daten gesammelt, die wiederum die Grundlage für die individuelle Anpassung der Entscheidungsszenarien war. Auch die Strassenbenutzer wurden mit Hilfe einer einseitigen Dokumentation über die Swissmetro aufgeklärt.

Mit dem zweiten Brief wurde den Befragten der Fragebogen (drei Seiten mit je drei Szenarien) zugestellt. Die Gestaltung der Entscheidungsszenarien entsprach denen der Bahnpassagiere.

6. Durchführung

Die Durchführung der Befragung von Bahnpassagieren und Strassenbenutzern unterschied sich voneinander.

a) Durchführung der Befragung der Bahnpassagiere

Die Umfrage wurde im Zeitraum vom 14. Februar bis zum 08. März 1998 in den Zügen des Korridors St.Gallen – Genève durchgeführt. Die Interviews wurden von besonders geschultem Personal mit Hilfe von Labtops geführt. Insgesamt konnten 435 erfolgreiche Interviews gesammelt werden.

b) Durchführung der Befragung der Strassenbenutzer

Die Befragung der Strassenbenutzer wurde auf dem postalischen Weg durchgeführt. Eine Umfrage während der aktuellen Fahrt erschien nicht möglich, da davon ausgegangen wurde, dass die Strassenbenutzer aufgrund zu geringer Motivation durch eine ca. 15 min Unterbrechung ihrer Fahrt für die Beantwortung nicht verwertbare Daten liefern. Deshalb wurde von Beginn an ein anderer Weg gewählt. Zur Ermittlung der bestehenden Nachfrage auf der Strasse im untersuchten Korridor „wurden an vier Werktagen ([09.September – 12. September 1997] jeweils von 07:30 bis 15:30 Uhr) alle Fahrzeuge zwischen Lausanne und Zürich in beiden Richtungen mittels vier [...] Videokameras an vier Standorten aufgenommen, wobei der Verkehr an einem Tag jeweils gleichzeitig an zwei Querschnitten auf derselben Route erfasst wurde.“(Abay 1999, S.4). Mit Hilfe des Videomaterials wurden die Kennzeichen der Fahrzeuge ermittelt. Dank der Mitarbeit der eidgenössischen Fahrzeugkontrolle konnten die Fahrzeughalter, im Rahmen der datenrechtlichen Situation, angeschrieben werden. Nur wer auf dieses erste Anschreiben reagierte und damit seine Bereitschaft zur Teilnahme erklärte, erhielt den Fragebogen, der die Entscheidungsszenarien enthielt. Von den 9.658 Fahrzeughaltern, die Ende April 1998 angeschrieben wurden, haben 1.070 Personen die Rückantwort vollständig ausgefüllt zurückgesandt, so dass ihnen der zweite Brief zugestellt wurde. Von den 1070 Personen, die den zweiten Brief erhielten, schickten 770 einen verwertbar ausgefüllten Fragebogen zurück.

7. Auswertung

Die gesammelten Daten wurden mit Hilfe des Softwarepakets „LIMDEP“ ausgewertet. Dabei wurden die Daten der Bahnpassagiere und die der Strassenbenutzer jeweils separat model-

liert. Als Auswertungsansatz, zur Abschätzung der Wahrscheinlichkeit dass eine Person die Alternative i wählt, wurde für beide Datensätze das einfache Logit-Modell gewählt. Es hat folgende Form:

$$P(i) = \frac{e^{V(i)}}{\sum_j e^{V(j)}}$$

Die Parameter dieser Funktion wurden mit Hilfe der Maximum Likelihood-Funktion geschätzt. Bei der Modellierung wurden die Bahn- und Strassenbenutzer separat analysiert (7.410 Bahnbenutzer und 12.358 Strassenbenutzer). Dabei wurde bei den Strassenbenutzern je Fahrtzweck ein Modell kalibriert, wobei Pendler- und geschäftliche Fahrten einerseits und Einkaufs- und Freizeitfahrten andererseits zusammengefasst wurden. Bei den Bahnbenutzern konnte nur ein Modell gefunden werden. Mit dem aus der LIMDEP ermittelten Modell-Koeffizienten wurden dann die Nutzen (U(i)) des Verkehrsmitteln (Strasse, Bahn, Swissmetro) berechnet. Daraus wurde mit o.g. Logit-Modell die Warscheinlichkeit für die Benutzung eines Verkehrsmittels gerechnet.

Wie bereits erwähnt, wurden die Daten für drei Zustände zusammengestellt (heutiges Infrastrukturangebot, heutige Nachfrage/Infrastrukturangebot 2015, heutige Nachfrage/ Infrastrukturangebot 2015, Nachfrage 2015). Ausserdem wurden die Angaben ausgewertet, welche die Befragten bezüglich der zusätzlichen Fahrten mit Swissmetro gemacht haben. Damit sollte der induzierte Verkehr abgeschätzt werden, den ein schnelles und neuartiges Verkehrsmittel, wie die Swissmetro, generiert. Aus Frankreich ist bekannt, dass der Hochgeschwindigkeitszug (TGV) bis zu 35% induzierten Verkehr generiert.

8. Ergebnisse und Anwendung

Die wichtigsten Ergebnisse sind in Tab. 1 dargestellt. Hierbei handelt es sich um die Prognose für die Gesamtnachfrage Swissmetro für das Jahr 2015. In der Tab. 1 sind die Ergebnisse der Auswertungen für die Bahnpassagiere und Strassenbenutzer zusammengefasst.

Tab. 1: Nachfrage Swissmetro, Infrastrukturangebot 2015, Nachfrage 2015, mit Neuverkehr

	Genève	Lausanne	Bern	Zürich	St.Gallen	Total
Genève	0	12707	6663	3966	578	23914
Lausanne	12707	0	8608	5732	710	27757
Bern	6663	8608	0	20453	2415	38139
Zürich	3966	5732	20453	0	14078	44229
St.Gallen	578	710	2415	14078	0	17781
Total	23914	27757	38139	44229	17781	151820

Die Ergebnisse der Nachfrage, die in Tab.1 dargestellt sind, wurden auf die potentielle Linienführung der Swissmetro umgelegt. Die Streckenbelastungen für die jeweiligen Linien (nur eine Richtung) sind in Tab. 2 dargelegt.

Tab. 2: Streckenbelastung Swissmetro 2015

Genève-Lausanne	Lausanne-Bern	Bern-Zürich	Zürich-St.Gallen
23914	26257	33854	17781

Für die Swissmetro wurden auch Elastizitätskennzahlen für das Jahr 2015 ermittelt. Die Elastizitäten haben folgende Werte:

Zeitelastizität der Swissmetro-Nachfrage: -0.34

Preiselastizität der Swissmetro-Nachfrage: -0.31

Elastizität der Swissmetro-Nachfrage in bezug auf Pw-Fahrzeiten: 0.27

Weitere Elastizitäten lassen erkennen, dass eine **Taktänderung** bei der SBB von 60 auf 120 Minuten die Nachfrage bei der Swissmetro um 8,4% erhöhen würde.

3.3.4 Hensher (1996): A Practical Approach to Identifying the Market Potential for High Speed Rail

1. Hintergrund

Die australischen Städte Canberra und Sydney sollten durch ein System von Hochgeschwindigkeitsbahnen (High Speed Rail (HSR)) verbunden werden. Diese Idee wurde 1994 von der Speedrail Pty Ltd vorgeschlagen. Die HSR sollte die insgesamt 300 km lange Strecke in 75 Minuten zurücklegen. Im allgemeinen wurde von einer Tür-zu-Tür-Reisezeit von 120 Minuten ausgegangen. Damit wäre die HSR schneller als die Alternativen auf dieser Strecke (z. B. Flugzeug 140 min, Pw 200 min). Geplant wurden vier weitere Haltepunkte, die zwischen den beiden Endpunkten der Strecke (Central Station, Sydney und Rail Terminal, Flughafen Canberra) liegen würden.

Die Studie ist in zwei grosse Teile eingeteilt. Der erste Teil befasst sich mit der Untersuchung des Verkehrsaufkommens im Korridor Sydney-Canberra für das Jahr 1994. Im zweiten Teil werden die Ergebnisse einer Stated Choice (SC)-Befragung, die gleichzeitig durchgeführt wurde, dargestellt. Durch die SC-Befragung sollte das Nachfragepotential für die HSR abgeschätzt werden. Desweiteren sollten Schätzwerte für den induzierten Verkehr ermittelt werden.

Die Auswertung der Studie konzentriert sich auf den zweiten Teil. Somit werden im folgenden die Entwicklung, die Durchführung und die Auswertung der SC-Untersuchung dargestellt. Ein Teil der Ergebnisse des ersten Teils der Untersuchung lässt sich folgendermassen zusammenfassen. Für 1994 ergab die Studie, dass 8,4 Millionen einfache Personenfahrten im Korridor Sydney-Canberra gemacht wurden. Davon wurden 83% mit dem Pw durchgeführt. Der Flugverkehr folgt mit 8% vor dem Busverkehr (7%) und dem Zugverkehr mit konventionellen Zügen (2%).

2. Untersuchungsgegenstand und Zielgruppe

Als Untersuchungsgegenstand hatte die Studie die Abschätzung der Nachfrage für ein Hochgeschwindigkeitsbahnsystem zwischen Sydney und Canberra. Mit Hilfe einer SC-Befragung sollte das Potential abgeschätzt werden, welches von den Alternativen Flugzeug, Pw und Omnibus auf das neue Verkehrsmittel umsteigen würde. Zudem sollten Schätzwerte für den induzierten Verkehr ermittelt werden, der durch zusätzliche Fahrten der Reisenden auf dieser Strecke entsteht. Nichtreisende wurden nicht interviewt. Sie gehörten keiner Zielgruppe an.

Die Zielgruppe der Untersuchung waren alle Reisenden, die mit dem Linienflugzeug, dem Pw, dem Linienbus, einem Nicht-Linienbus zwischen Sydney und Canberra unterwegs waren. Hinzu kamen die Personen die entweder zu touristischen Einrichtungen oder zu ihrer Wohnung entlang des Korridors unterwegs waren.

3. Auswahl der Einflussgrößen und Alternativen

Den Befragten wurde jeweils die Wahl zwischen dem zu der Zeit benutzten Verkehrsmittel und der HSR gegeben. Dabei wurde das Angebot der Alternative HSR aus folgenden Einflussgrößen mit folgenden Ausprägungen, im Rahmen des Versuchsplans, zusammengesetzt:

- Fahrzeit: 3 Stunden, 2 Stunden, 1 Stunde
- Takt: stündlich, 2-stündl., 3-stündl
- ‚First class‘ – Fahrpreis (einfache Fahrt): \$115, \$95, \$75
- ‚Full economy class‘ – Fahrpreis (einf. F.): \$70, \$60, \$50
- ‚Discount economy‘ – Fahrpreis (einf. F.): \$45, \$35, \$25
- ‚Off-peak discount‘ – Fahrpreis (einf. F.): \$40, \$30, \$20
- Nachlass für Familien (zwei Erwachsene und mindestens ein Kind unter 16 Jahren): 50%, 30%, 10%

Die Angebotssituation der benutzten Verkehrsmittel orientierte sich, bei gleichen Einflussgrößen, an den zu der Zeit existierenden Ausprägungen.

4. Versuchsplan

Ein vollständiger Versuchsplan konnte wegen seines Umfangs ($3^7 = 2.187$ mögliche Entscheidungssituationen) nicht angewendet werden. Ein partieller Versuchsplan wurde entwickelt. Die 18 Entscheidungssituationen, die er beinhaltete, waren so gewählt, dass sie den vollständigen Versuchsplan gut repräsentierten. Die 18 Situationen wurden in sechs Blöcke à drei Entscheidungssituationen eingeteilt. Die Befragten erhielten dann einen der sechs Blöcke per Zufall zugeteilt, so dass jeder Befragte nur für drei Situationen eine Entscheidung treffen musste.

Die Einflussgrößen und deren Ausprägungen waren im Versuchsplan fest vorgegeben, d. h. dass ein fester Versuchsplan entwickelt wurde.

5. Gestaltung

Die SC-Befragung war Teil eines Fragebogens zur Ermittlung des Verkehrsaufkommens. Die Antwortform Stated Choice gibt dem Befragten die Möglichkeit, sich zwischen verschiedenen vorgegebenen Situationen zu entscheiden. Innerhalb dieser Studie konnte der Befragte sich zwischen zwei Alternativen entscheiden. Die erste Alternative beschrieb ungefähr die Fahrt, die er im Moment durchführte, während die andere Alternative ein HSR-Angebot darstellte. Drei verschiedene Entscheidungssituationen wurden dem Befragten im Rahmen der SC-Untersuchung zur Beantwortung vorgelegt.

6. Durchführung

Die Befragung wurde für die verschiedenen Zielgruppen unterschiedlich durchgeführt.

a) Befragung der Passagiere von Linienflugzeugen zwischen Sydney und Canberra

An beiden Flughäfen wurden an die Passagiere der Linienflüge zwischen Sydney und Canberra selbsterklärende Fragebögen verteilt, die jeweils am Zielflughafen wieder eingesammelt wurden. Die Fragebögen wurden im Zeitraum von drei Tagen zu verschiedenen Abflugzeiten verteilt.

b) Befragung der Pw-Reisenden zwischen Sydney und Canberra

An fünf Tagen wurden selbsterklärende Fragebögen an der einzigen Hauptverbindungsstrasse zwischen Sydney und Canberra an Pw-Reisende verteilt. Den Fragebögen waren frankierte Umschläge für die Rückantwort beigelegt.

c) Befragung der Passagiere von Linienbussen zwischen Sydney und Canberra

Den Passagieren der Linienbusse wurde der selbsterklärende Fragebogen am Terminal in Sydney gegeben, als sie in die Busse einstiegen. Einige Interviewer fuhren in den Bussen mit, um die Fragebögen wieder einzusammeln. Die Befragung in den Linienbussen erstreckte sich über einen Zeitraum von acht Tagen.

d) Befragung der Passagiere von Nicht-Linienbussen zwischen Sydney und Canberra

Der selbsterklärende Fragebogen wurde in Bussen ausgewählter Busunternehmen verteilt, die Tagestouren nach Canberra anboten. In einen Zeitraum von 16 Tagen wurden die Daten erhoben.

e) Befragung der Besucher touristischer Einrichtungen entlang des Korridors

Die Befragung wurde mit Fragebögen durchgeführt, die vom Interviewer erklärt wurden. Befragt wurden Personen, die entweder für einen Tagestrip oder für eine (oder mehrere)

Übernachtung(en) zu einem der beiden wichtigsten Touristikziele in die Southern Highlands gekommen sind. Zwei Wochenenden lang wurde befragt.

f) Befragung der Bewohner entlang des Korridors

Die Einwohner des Gebiets von Mittagong bis Goulborn wurden computergestützt telefonisch interviewt. Innerhalb der zehn Tage, in denen die Befragung durchgeführt wurde, konnten auch Meinungsbilder der Bewohner des Korridors zur möglichen Einrichtung der HSR gesammelt werden.

7. Auswertung

Die Rücklaufquote lag bei den Befragungen in den Linienbussen bei 80%. Die Quoten der anderen Befragungen (ausgenommen Touristen- und Bewohnerbefragung) lagen zwischen 26% (Pw-Reisende) und 62% (Linienflüge von Sydney nach Canberra).

Die Auswertung wurde für acht Marktsegmente durchgeführt. Der Fahrtzweck wurde in zwei Kategorien eingeteilt (geschäftlich und nicht-geschäftlich). In den beiden Kategorien gab es jeweils die vier gegenwärtigen Verkehrsmittel in diesem Korridor (Flugzeug, Pw, Linienbus, Nicht-Linienbus).

Die Daten wurden mit Hilfe von zwei Modellen ausgewertet, dem einfachen Logit-Model und dem komplexeren „heteroscedastic (oder random effects) extreme value logit (HEVL) model“.

8. Ergebnisse und Anwendung

Die Auswertung führte zu dem Ergebnis, dass die beiden wichtigsten Marktsegmente für die HSR die der nicht-geschäftlich Pw-Reisenden und die der geschäftlichen Flugpassagiere sind. Die Betrachtung der Ergebnisse konzentriert sich deshalb auf diese beiden Segmente.

In den Tabellen 1 und 2 sind die direkten und die Kreuzelastizitäten der Preise für die beiden Segmente dargestellt. Ermittelt wurden die Werte mit dem HEVL-Modell. Die Tabellen sind spaltenweise zu interpretieren.

Tabelle 1: Direkte und Kreuzelastizitäten der Preise für das Segment nicht geschäftlich Pw-Reisende – HSR

	Pw	HSR - first class	HSR - full economy	HSR - disc. economy	HSR - off peak
Pw	-0.161	0.064	0.008	0.151	0.051
HSR - first class	0.95	-5.34	0.009	0.284	0.08
HSR - full economy	0.043	0.006	-0.156	0.011	0.01
HSR - disc. economy	0.449	0.064	0.008	-0.806	0.051
HSR - off peak	0.281	0.039	0.007	0.095	-0.472

Tabelle 2: Direkte und Kreuzelastizitäten der Preise für das Segment der geschäftlichen Flugpassagiere – HSR

	Flug - first class	Flug - buisness class	Flug - full economy	Flug - disc. economy	HSR - first class	HSR - full economy	HSR - disc. economy
Flug - first class	-4.884	0.262	1.173	0.264	0.343	0.302	0.04
Flug - buisness class	0.127	-3.093	1.009	0.201	0.261	0.245	0.03
Flug - full economy	0.205	0.358	-2.454	0.307	0.401	0.314	0.042
Flug - disc. economy	0.125	0.222	0.981	-1.59	0.253	0.202	0.028
HSR - first class	0.114	0.204	0.892	0.182	-1.295	0.184	0.026
HSR - full economy	0.106	0.189	0.805	0.165	0.212	-0.704	0.025
HSR - disc. economy	0.086	0.156	0.617	0.136	0.175	0.146	-0.402

3.3.5 Abay/Meier (1990): Analyse der Nachfrage im öffentlichen Personenverkehr

1. Hintergrund

Im August 1989 wurde das Planungsbüro Abay & Meier vom Schweizer Bundesamt für Verkehr und vom Dienst für Gesamtverkehrsfragen beauftragt, eine Quantifizierung der Nachfragereaktionen im öffentlichen Nahverkehr auf mögliche Variationen des Tarif- und des Leistungsangebotes in der Schweiz durchzuführen. Zudem sollten mögliche regionale Unterschiede in den Nachfragereaktionen aufgezeigt werden. Für die Studie wurden die Forchbahn (Region Zürich) und die Lausanne-Echallens-Bercher-Bahn (LEB, Region Lausanne) ausgewählt. Die Untersuchung wurde mit Hilfe der Methoden der Stated Preferences (SP) durchgeführt.

2. Untersuchungsgegenstand und Zielgruppe

Das Untersuchungsziel der Studie war die Ermittlung von Nachfragereaktionen im öffentlichen Personennahverkehr auf mögliche Variationen des Tarif- und des Leistungsangebotes. Die Untersuchung wurde anhand zweier Bahnen durchgeführt, um eventuelle regionale Unterschiede in der Nachfragereaktion aufzuzeigen.

Die Zielgruppe waren alle Pendler der Forchbahn- und LEB-Region, die regelmässig am Pendlerverkehr teilnehmen.

3. Auswahl der Einflussgrössen und Alternativen

Als Alternativen wurden den Befragten die Bahn oder der Personenwagen angeboten. Weitere Alternativen standen nicht zur Auswahl, weil davon ausgegangen wurde, dass nur ein vernachlässigbarer Teil der Pendler andere Verkehrsmittel wählt.

Innerhalb der Untersuchung wurden der Bahn und dem Personenwagen (PW) folgende Einflussgrössen mit folgenden Ausprägungen zugeordnet:

Bahn:

- Frequenz
 - 1: 8-minütige Frequenz
 - 2: 15-minütige Frequenz
 - 3: 30-minütige Frequenz

- Fahrkomfort
 - 1: Verbesserter Komfort
 - 2: Bisheriger Komfort

- Besetzungsgrad
 - 1: halbvoller Zug (50%)
 - 2: fast voller Zug (90%)
 - 3: überfüllter Zug (130%)

- Fahrzeit
 - 1: 40% weniger
 - 2: 20% weniger

- 3: wie bisher
- Tarif
 - 1: niedrig: 50% tiefer als heute ohne Verbund
 - 2: mittel: heutige Tarife ohne Verbund
 - 3: erhöht: heutige Tarife mit Verbund
 - 4: sehr hoch: 25% höher als heutige Tarife mit Verbund
- Verkehrsverbund
 - 1: mit VBZ-Abo
 - 2: ohne VBZ-Abo

Personenwagen:

- Benzinpreis
 - 1: 1 Franken / Liter
 - 2: 2 Franken / Liter
 - 3: 3 Franken / Liter
- Parkgebühren
 - 1: 0 Franken pro Tag
 - 2: 5 Franken pro Tag
 - 3: 20 Franken pro Tag
- Fahrzeit bis Parkplatz
 - 1: heutige Fahrzeit
 - 2: 15% länger als heute
 - 3: 40% länger als heute
- Zeit Parkplatz – Ziel
 - 1: 0 Minuten
 - 2: 10 Minuten
 - 3: 20 Minuten

4. Versuchsplan

Die Befragung wurde für die Bahn und für den PW einzeln gestaltet. Das bedeutet, dass ein vollständiger Versuchsplan für die Bahn ($2^2 * 3^3 * 4^1 =$) 432 Entscheidungssituationen und für den PW ($3^4 =$) 81 Entscheidungssituationen enthalten hätte. Aus diesem Grund wurde ein partieller Versuchsplan verwendet. Die Anzahl der Situationen wurde soweit wie möglich unter den Gesichtspunkten reduziert, dass die Teilmenge der Situationen das vollständige Design gut repräsentiert und die Beobachtungswerte unkorreliert sind. Der partielle Versuchsplan beinhaltete nach der Reduzierung 16 Bahn- und 9 PW-Situationen, die den Befragten vorgelegt wurden.

Die Form des Versuchsplans entsprach der des erfahrungsabhängigen festen Versuchsplans.

5. Gestaltung

Die Befragung wurde in der Form des Stated Ranking gestaltet, d.h. den Befragten wurden die 16 Bahn- und 9 PW-Szenarien, die auf Karten gedruckt waren (siehe Abb. 1), vorgelegt, die sie in Rangfolgen bringen sollten. Da die Befragung nicht mit der Hilfe von Computern durchgeführt wurde, wurde eine Lösung entwickelt, mit der die Erfahrungen der Befragten in die Untersuchung mit einfließen konnten. Es wurden verschiedene Situationskartensets zusammengestellt, welche die Tarifstufe (Zürich: 5, Lausanne: 9 Stufen) und die Personenkategorie (Erwachsene/Junioren) berücksichtigte. Die Fahrzeit wurde insofern (vereinfacht) angepasst, indem je Tarifstufe eine einheitliche Fahrzeit angenommen wurde. Es wurden für die Forchbahn 10 und für die LEB 18 verschiedene Situationssets gestaltet.

Abb. 1: Beispiel einer Bahnkarte und einer PW-Karte für die Region Zürich

VERB	esseter Komfort
10	Minuten Fahrzeit
8	Minütige Zugfolge
25	Fr. Monatsabo bzw.
200	Fr. Jahresabo
MIT	VBZ-Abo
HALB	voller Zug (50% besetzt)

5	Fr. Parkgebühr / Tag
2	Fr. pro Liter Benzin
21	Min Fahrzeit bis Parkplatz
0	Min vom Parkplatz bis Ziel

Zudem wurde ein Fragebogen gestaltet, der neben ergänzenden Daten zum Verkehrsverhalten, noch sozio – ökonomische Daten sammelte.

6. Durchführung

Die erste Aufgabe der Befragten war es, das auf sie zutreffende Situationsset jeweils für die Bahn und den PW einzeln in eine Rangfolge zu bringen. Nachdem die Interviewer die Rangfolge notiert und die Befragten den Fragebogen beantwortet hatten, sollten die Befragten nochmals eine Rangfolge bilden, diesmal aus den Karten sowohl der Bahn- und der PW-Szenarien.

Bei der Forchbahn wurden 564 und bei der LEB 294 Personen interviewt.

7. Auswertung

Der Auswertung der Daten ging eine Kontrolle der Rangreihenfolge der Präferenzurteile auf ihre logische Konsistenz voraus. Innerhalb der Bahn- als auch der PW-Szenarien gab es ein Szenario, das unter logischen Gesichtspunkten das beste Angebot war (die schnellste, billigste und bequemste Alternative). Falls diese Karten nicht an erster Stelle eingeordnet wurden, wurde davon ausgegangen, dass der Befragte die Aufgabe nicht richtig verstanden hat. Es stellte sich aber heraus, dass die meisten Befragten die Karte an der erwarteten Stelle einsortierten.

Aus den Rangreihenfolgen der Präferenzurteile wurden die individuellen Präferenzfunktionen geschätzt. Dieser Arbeitsschritt wurde mit der Hilfe des Programmpakets „LINMAP“ durchgeführt. Die Qualität der individuellen Präferenzfunktionen wurde durch einen internen und einen externen Validitätstest beurteilt. Die geschätzten und bereinigten Daten wurden direkt für Schätzungen von Nachfragereaktionen eingesetzt.

8. Ergebnisse und Anwendung

Als Ergebnisse der Untersuchung wurden u.a. Nachfrageelastizitäten ermittelt, die in Tab. 1 dargestellt sind.

Tab. 1: Nachfrageelastizitäten LEB-Region und Forchbahnregion

	LEB	Forchbahn
Bahn-Tarife	-0.74	-0.36
Bahn-Fahrzeit	-0.31	-0.70
Bahn-Frequenz	-0.20	-0.47
Besetzungsgrad	-0.16	-0.60
Bezinpreis*	0.55	0.47
Auto-Fahrzeit*	0.31	0.64
Parkgebühren*	0.40	0.34

*Kreuzelastizitäten

Auffällig ist, dass in den beiden Regionen die Rangfolge der Absolutwerte der Elastizitäten unterschiedlich ist. Während in der LEB-Region die Kostenvariablen (Bahntarife, Benzinpreis und Parkgebühren) dominierend sind, dominieren in der Forchbahnregion die Zeitvariablen (Bahnfahrzeit, Frequenz und Autozeit). Aus den grossen regionalen Differenzen wurde gefolgert, dass es nicht zulässig sei, unbesehen Konzepte von einer Bahn oder von einer Region auf eine andere zu übertragen.

3.4 Interpretation der SP-Ergebnissen

Da die Ergebnisse der Stated-Preference-Untersuchung i.d.R. aus einer kleineren Datenbasis ermittelt werden, hat die Qualität bzw. Repräsentativität der Stichprobe eine sehr wichtige Rolle. In Abhängigkeit von der Repräsentativität der Stichprobe in bezug auf die Grundgesamtheit ist auch die Qualität bzw. Repräsentativität der Ergebnisse wichtig. Diese Repräsentativität bezieht sich vor allem auf die Berücksichtigung aller für das Untersuchungsziel relevanten Parameter, vor allem auf die Auswahl der Befragten. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass bei SP-Untersuchungen die o.g. Methodik vollständig durchgeführt wird. Besonders wichtig ist dabei die Definition des Untersuchungsgegenstands, der Zielgruppe und der Rahmenbedingungen. Wenn in einer SP-Befragung z.B. bei der Ermittlung der Nachfrageelastizitäten sowohl nachfrageseitige als auch angebotsseitige Einflussfaktoren berücksichtigt sind, sind die dadurch ermittelten Ergebnisse für das betrachtete Untersuchungsgebiet als repräsentativ zu betrachten. Dabei ist der prozentuale Anteil der Stichprobe an der Grundgesamtheit weniger bedeutend. Die so ermittelten Ergebnisse gelten vor allem für das betrachtete Untersuchungsgebiet und sind für die Anwendung auf andere Gebiete aufgrund ähnlicher Unsicherheiten bzw. regionaler Unterschiede wie bei klassischen Elastizitäten, nicht zu empfehlen.

Aus der SP-Befragung ermittelte Ergebnisse haben deutliche Vorteile, da sie aus der Datengrundlage des betrachteten Untersuchungsgebiets gerechnet werden. Dadurch werden alle spezifischen Charakteristika dieses Gebiets bei der Ermittlung der Ergebnisse berücksichtigt, was einen bedeutenden Vorteil gegenüber klassischen und aus empirischen Datengrundlagen ermittelten Elastizitäten darstellt. Dort wo es sich bei der SP-Befragung um hypothetische Situationen handelt, sind kleinere Unsicherheiten vorhanden, um die Validität der Antworten zu schätzen.

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde eine europaweite Quellenrecherche zur Methode der Stated Preference durchgeführt. Der Ziel war neben methodischen Grundlagen (Kapitel 3.2) auch allgemeine Erfahrungen aus angewendeten Beispielen in der Praxis zu sammeln und zu beurteilen. Daraus wurden fünf Untersuchungen ausgewählt, die in Kapitel 3.3 ausgewertet sind. In neueren Untersuchungen werden die SP-Befragungen immer mehr mit RP-Daten verknüpft, womit die Vorteile der SP-Methode noch erweitert werden. Dadurch werden die o.g. Nachteile von SP- und RP-Methoden minimiert und ihre Vorteile am besten ausgenutzt.

Da zur Zeit keine Veröffentlichte Untersuchung über der Erfolgskontrolle von Angewendete SP-Methode bekannt ist, konnte eine solche Auswertung in Rahmen dieser Untersuchung nicht durchgeführt werden.

Die wesentlichen Vorteile der SP-Methoden sind²³

- ⇒ Berücksichtigung der spezifischen Charakteristika des Untersuchungsgebiets und spezifischer Fragestellungen,
- ⇒ der relevante Teil des Entscheidungsraums der Befragten wird systematisch untersucht,
- ⇒ Massnahmen werden in die Untersuchung einbezogen, die sich vom Spektrum der bisherigen Gegebenheiten deutlich unterscheiden,
- ⇒ Quantifizierung des Einflusses schwacher Einflussgrössen,
- ⇒ Wirkungen der einbezogenen Einflussgrössen sind unabhängig voneinander messbar,
- ⇒ Kombination der SP-Daten und Verfahren mit anderen Befragungen bzw. anderen Ansätzen
- ⇒ kleinerer Stichprobenumfang mit genügender statistische Zuverlässigkeit der Ergebnisse, u.s.w.

Durch neuste Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Kostenargumente für die SP-Methoden nicht immer gültig sind bzw. für eine höhere und verlässlichere Qualität der Ergebnisse (vor allem genügende angebot- und nachfrageseitige Repräsentativität) diese Methode auch höhere Kosten verlangt.

Die wesentliche Nachteile sind:

- ⇒ die Validität der Aussage bei Antworten aus hypothetischen Situationen,
- ⇒ der Entwurf des Versuchsplans und die Gestaltung der Befragung erfordern methodische Erfahrungen,
- ⇒ statistische Probleme bei der Auswertung der Daten.

Für die Anwendung der Methode des Stated Preference ist es wichtig:

- gute Spezifikation von Hypothesen, Umfeld und der „Objekt“
- eine Ex-post Überprüfung
- klare definition der Einsatzgrenzen und Übertragbarkeit
- eher kurzfristige Gültigkeit
- genaue Repräsentativität der Stichprobe (und der Umfang?)

Positionen regierungsamtlicher Stellen zum Einsatz von SP für öffentlich geförderte Projekte.

In deutschsprachigen Ländern gibt es im Moment keine offiziellen Stellungnahmen der Regierungen über den Einsatz der SP-Methode für bedeutende Untersuchungen und öffentlich geförderte Projekte. Damit ist auch die Anwendung dieser Methode auf Vorschläge von Forschungs- und Beratungsstellen beschränkt. Trotzdem ist festzustellen, dass die Methode immer öfter für verschiedene Fragestellungen benutzt wird. In England wird diese Methode von

²³ FGSV 1996, Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences

regierungsamtlichen Stellen als Standardmethode zur Beurteilung von Infrastrukturprojekten gefördert.

4. Synthese

Für die praktische Anwendung von klassischen Elastizitäten und Methoden der Stated Preference sind die Empfehlungen aus den Kapiteln 3.2.2 und 3.4 zu übernehmen.

Bei der Gegenüberstellung der hier bearbeiteten Methoden der klassischen Elastizitäten und der Stated Preference ist folgendes festzustellen:

- beide Methoden haben spezifische Vorteile und Nachteile
- beide haben gemeinsame Schwächen
- die zwei Verfahren können sich sinnvoll ergänzen
- beide haben spezifische Einsatzfelder
- durch neuste Untersuchungen wurde festgestellt, dass die Kostenargumente für die SP-Methoden nicht immer gültig sind bzw. für genügende Qualität verlangt diese Methode auch höhere Kosten

Die Methode der Stated Preference hat folgende Stärken:

- Disaggregation
- Berücksichtigung spezifischer Untersuchungscharakteristika und Fragestellungen
- Möglichkeiten für die Darstellung neue Entscheidungssituationen
- Quantifizieren von „weichen“ (schwer quantifizierbaren) Variablen
- Nachfrageauswirkungen der Einflussgrößen lassen sich unabhängig voneinander messen

Klassische Elastizitäten haben folgende Stärken:

- Gesamtnachfrageeffekte (höhere Aggregation)
- „Allgemeingültigkeit“ (beschränkt) bei einigen Elastizitäten
- Einfache Anwendbarkeit

Diese Vorteile sind nur unter der Voraussetzung der plausiblen Datengrundlage für die Ermittlung von Elastizitäten gültig.

Gemeinsame Schwächen beider Methoden sind die Prognosefähigkeiten bzw. beide sind vor allem auf kurzfristige Fragestellungen anwendbar. Weitere Nachteile dieser zwei Methoden sind aus den Kapiteln 3.2.2 und 3.4 zu übernehmen.

Es ist zu empfehlen, die Elastizitäten vor allem für erste und grobe Schätzungen von Nachfragereaktionen zu verwenden. Für die Schätzung von Nachfrageauswirkungen bedeutender verkehrspolitischer und infrastruktureller Massnahmen mit der Anwendung von Elastizitäten (siehe Kapitel 3.2.2) ist zu beachten, dass die daraus resultierenden

Nachfragereaktionen, vor allem wegen der spezifischen Charakteristiken des Untersuchungsgebiets und der spezifische Fragestellungen, nicht richtig quantifiziert werden können. Gleichzeitig ist zu empfehlen, dass bei Aufgaben, bei denen die Anwendung von Elastizitäten als plausibel erscheint, der Qualität der Datengrundlage für die Ermittlung von Elastizitäten eine höhere Bedeutung zu geben ist.

In mehreren Untersuchungen über die Gesetzmässigkeiten der Verkehrsnachfrage wurde bestätigt, dass die räumliche Übertragbarkeit von festgestellten Nachfragereaktionen nicht möglich ist. Um spezifische Charakteristika des Untersuchungsgebiets, sowie die Nachfragereaktionen auf spezifische (neue) Fragestellungen zu bestimmen, ist die Methode der Stated Preference (oder eine ähnliche Methode) zu empfehlen. Zusätzlich bietet diese Methode Möglichkeiten Wirkungen einbezogener Einflussgrössen unabhängig voneinander zu messen, sowie Bedeutungen von schwächeren Variablen zu quantifizieren. Gerade diese Anforderungen, wie spezifische Charakteristiken des Untersuchungsgebiet, Fragestellungen, gleichzeitige Veränderung von mehrere Einflussgrössen, schwächere Variablen, nicht vorhandene empirische Datengrundlage usw. sind entscheidende Nachteile bei der Anwendung klassischer Elastizitäten, die sich mit Hilfe der SP-Methode ergänzen lassen. Die vorher genannten Nachteile der SP-Methode (vor allem die Nutzung hypothetischer Situationen) lassen sich teilweise durch die Verknüpfung und die Analyse der beobachteten Situationen reduzieren.

Zusätzlich ist zu betonen, dass für die plausible Ermittlung der Nachfrageauswirkungen auf bestimmte Massnahmen neben den richtig ermittelten Gesetzmässigkeiten der Verkehrsnachfrage (Elastizitäten) ein weiterer wichtiger Faktor das Quantifizieren des vorhandenen Verkehrspotentials ist. Für die Bestimmung der Nachfrageauswirkungen sind diese zwei Parameter gleichbedeutend. Um alle spezifischen Charakteristiken (angebot- und nachfrageseitigen) eines Untersuchungsgebiet zu berücksichtigen, ist es zu empfehlen, die mit der SP-Methode ermittelten Gesetzmässigkeiten weiter in einem netzbezogenem Verkehrsmodell zu implementieren und zu verwenden. Durch die richtige Abbildung des Verkehrsangebots und der Verkehrsnachfrage (Quell/Ziel Matrizen) im Verkehrsmodell ist es möglich das Verkehrspotential einer Massnahme genauer bzw. realitätsentsprechender abzubilden. Zusätzlich bieten diese Modelle auch die Möglichkeit, die Auswirkungen von einer oder mehreren Einflussgrössen gleichzeitig zu analysieren (Zeit, Preis, Frequenz..), was mit der Anwendung klassischer Elastizitäten sehr schwer realisierbar ist.

Literaturverzeichnis

1. Abay, G., D. Felber: Nachfragereaktionen der Pendler im Personennahrverkehr, Strasse und Verkehr, Heft 6, Juni 1993
2. Abay, G.: Nachfrageabschätzung Swissmetro, Eine Stated-Preference-Analyse, NFP 41, 1999
3. Abay&Meier, Analyse der Nachfrage im öffentlichen Personenverkehr, Zürich 1990
4. Abay&Meier, Jenni+Gottardi, R.Mögerle, SNZ; Baudepartement des Kantons Aargau: Verkehrsuntersuchung A3, Zürich 1998
5. Abay&Meier: Entwicklungsindizes des schweizerischen Strassenverkehrs, Zürich 1998
6. Axhausen, K.W., H.Köll, M.Bader: An Analysis of Mode Choice Behaviour in Innsbruck, Innsbruck 1998
7. Axhausen, K.W., H. Köll: Travel Demand Management (TDM) Evaluation with Stated-Preference-Methods, Innsbruck, Ampass 1999
8. Axhausen, K.W., J.W. Polak: The Choice of Mode and Parking in Birmingham: Inital Model Estimation Results, Oxford OX2 6NB 1990
9. Axhausen, K.W., J.W. Polak: The Birmingham CLAMP Stated Preference Survey, Oxford OX2 6NB 1990
10. Backhaus, Erichson, Plinke, Weiber: Multivariate Analysemethode, Berlin, Münster, Nürnberg,1990
11. BASYS / BRAINS: Elastizitäten des Personenverkehrs der Schweiz 1975 - 1984, GVF-Auftrag Nr. 4/A110 und Nr. 4/A149, Bern 1990
12. Baudepartement des Kantons Basel-Stadt: Bericht über die Verkehrserhebungen im Jahr 1997 des Kantons Basel-Stadt, Basel 1998
13. Brosius G., Brosius F.: SPSS - Base System und Professional Statistics, 1994
14. Bundesamt für Statistik: Statistisches Jahrbuch der Schweiz, mehrere Jahrgänge
15. Bundesamt für Statistik: Schweizerische Verkehrsstatistik, mehrere Jahrgänge

16. Bundesamt für Statistik: Der öffentliche Verkehr, mehrere Jahrgänge
17. Bundesamt für Statistik: Bundesamt für Strassenbau, Sigmoplan, Schweizerische Strassenverkehrszählung, mehrere Jahrgänge
18. Bundesamt für Strassenbau, Sigmoplan: Automatische Strassenverkehrszählung, mehrere Jahrgänge
19. Dienst für Gesamtverkehrsfragen: Fahrleistungen des privaten Strassenverkehrs 1990-2015, Bern 1995
20. European Conference of Ministers of Transport: Infrastructure-Induced Mobility, Round Table 105, Paris 1996
21. European Conference of Ministers of Transport: Efficient Transport for Europe, Policies for Internalisation of External Costs, 1998
22. FGSV: Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences, 1996
23. Frank, W.: Auswirkungen von Fahrpreisänderungen im öffentlichen Personenverkehr, Forschungsinstitut für Wirtschaftspolitik an der Universität Mainz 1990
24. HAGUE CONSULTING GROUP: Overview and evaluation of methodologies for the forecasting of induced traffic an new transport infrastructure, Final Report, European Commission, Brussels 1996
25. Halcrow Fox and Associates, Institut for Transport Studies University off Leeds, Accent Marketing&Research: Road Pricing in London: Review and Spezifikation of Model Elasticities, London 1993
26. Hensher D.A.: A Practical Approach to Identifying the market Potential for High Speed Rail: A Case Study in the Sydney-Canberra Corridor, Institut of Transport Studies, Sydney and Monach, 1996
27. INFRAS / Dienst GVF: Elastizitäten - Lehrmeinung (Zusammenfassende Würdigung neuerer Studien), Zürich 1991
28. Jenni+Gottardi AG: Aktuelle Entwicklung der Verkehrsmobilität in der Schweiz, Zürich 1993
29. Kantonspolizei Zürich: Verkehrstechnische Abteilung, Daten und Diagramme zur Entwicklung 1989-1994 des Motorfahrzeugverkehrs der Stadt Zürich, Zürich 1994

30. Kaufmann V., Stofer, S.: Le report modal de l'automobile vers les transports publics - Recherche comparative auprès des actifs motorisés des agglomérations Genevoise, Lausannoise et Bernoise, EPFL - IREC, Lausanne 1995
31. Kessel+Partner / IVT: Reisendenpotentiale im Schienenregionalverkehr, Freiburg/Heilbronn 1990
32. Knoflacher, H., J.M. Schopf, T. Spiegel: Bestimmung der zukünftigen Verkehrsnachfrage unter Berücksichtigung verkehrspolitischer Massnahmen, Bundesministerium für öffentliche Wirtschaft und Verkehr, Wien 1994
33. Krämer, T., W.Schwanhäusser, G.Heimerl: Der Modal-Split im Personenfernverkehr, Aachen 1992
34. Neusser, K.: Nachfrageelastizitäten des Personenverkehr der Bahnen. Ein ökonomisches Prognosemodell, Bern 1998
35. PROGROS AG: Voruntersuchung über Verkehrselastizitäten, Analyse von Modellansätzen, GVF, Basel 9/1981
36. Schweizerischer Städteverband: Statistik der Schweizer Städten, Bern, mehrere Jahrgänge
37. Service économique et statistique: Etude Empirique des Elasticites-Prix des Consommations de Carburants, Paris 1996
38. Statistisches Jahrbuch des Kantons Basel-Stadt, Basel, mehrere Jahrgänge
39. Statistisches Jahrbuch des Kantons Zürich, Zürich, mehrere Jahrgänge
40. STRATEC: Elasticite de la Demande de deplacement sur les services interieurs de la SNCB, Bruxelles 1997
41. Transport and Road Research Laboratory: The Demand for Public Transport, U.K. 1980
42. Wood, D.A.:The Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment, Trunk Roads and the Generation of Traffic (SACTRA) , The Department of Transport, London 1994

Abkürzungsverzeichnis:

BFS:	Bundesamt für Statistik
BIP:	Bruttoinlandsprodukt
CA:	Conjoint Analysis
DETR:	Britisches Verkehrsministerium
ECMT:	European Conference of Ministers of Transport
FGSV:	Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen
HEVL:	Heteroscedastic Extreme Value Logit Model
HSR:	High Speed Rail
IV:	Individualverkehr
KEP:	Kontinuierliche Erhebung Personenverkehr
LEB-Bahn:	Lausanne-Echallens-Bercher-Bahn
MIV:	Motorisierter Individualverkehr
MZ:	Mikrozensus
NFAF:	National Forecast Adjustment Factor
NPDF:	National Planning Data Files
NRTF:	National Road Traffic Forecast
ÖPNV:	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV:	Öffentlicher Verkehr
OPCS:	Office of Population, Census and Surveys
PW:	Personenwagen
RP:	Revealed Preference
SBB:	Schweizer Bundesbahnen
SC:	Stated Choice
SES:	Service économique et statistique
SP:	Stated Preferences
VDV:	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen