

Mobilität unverändert beibehalten wird. Sofern eine nennenswerte Reduzierung von Aktivitäten im physischen Verkehr erfolgen soll, sind unterstützende respektive begleitende Maßnahmen erforderlich. Weitere Untersuchungen zu diesem Thema erscheinen lohnend, sie sind angesichts der enormen Flächeninanspruchnahme und der Emissionen des Motorisierten-Individual-Verkehrs (Lärm, Luftschadstoffe) schlichtweg erforderlich.

6.6 Distanzen in Aktionsräumen und Veränderungen in der Erreichbarkeit

Vor allem die festgestellten unterschiedlich großen Aktionsräume von physischem Verkehr und Telekommunikation haben aufgezeigt, dass der räumliche Aktionsradius der Telekommunikation weiter gefasst ist als der mit Hilfe von physischen Verkehrsmitteln. Aus der historischen Entwicklung der Erreichbarkeiten im Verkehr, vom Aktionsradius des Fußgängers über dessen Ausdehnung mit der Erfindung des Rades und motorisierter Fortbewegungsmittel, zeigt sich, dass der Wegeaufwand relativ konstant bei einer Stunde am Tag verharrt, die Entfernungen wegen der gestiegenen Geschwindigkeiten dagegen zugenommen haben. Die heute in Wirtschaft und Wissenschaft geforderte globale Präsenz lässt die Bedeutung des physischen Verkehrs wegen seiner begrenzten Möglichkeiten in einer Erhöhung der Geschwindigkeit sinken und kann nur durch die Nutzung der Telekommunikation ergänzt werden. Inwiefern dieses auch für die heutigen Gewohnheiten des täglichen Lebens denkbar ist, muss jedoch erst noch untersucht werden. Die zunehmende Beschleunigung einzelner Abläufe insbesondere im Dienstleistungsbereich zeigt jedoch, dass dieses vielfach nur unter Substitution von Wegen durch Telekommunikation möglich ist.

Abstract

Modern information technologies, such as internet, e-mail or mobile telephone, are nearly totally spreaded for business and in the meantime also for private use. This leads to rising effects on peoples spatial behaviour. Therefore transportation research is asked to include these communication processes as virtual transport next to the until now regarded physical transport. Before regarding and modelling of virtual transport and the interaction between physical and virtual transport are possible, a better data basis especially for virtual transport is needed. Therefore special interviews in some towns in northern Baden-Württemberg of different size, importance and transportation possibilities were made, to be able to compare physical and virtual transportation behaviour. The results of these interviews are described and give the basis for conclusions and recommendations for area planning and especially regional transportation planning.

Quellen

- /1/ Prof. Dr.-Ing. Dirk Zumkeller; Dr.-Ing. Stefan Köhler; Dr.-Ing. Dirk Vallée; et al.; *Verkehr und/oder Telekommunikation - Konzept, Methode und Quantifizierung*, Arbeitsmaterial Nr. 251 der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover, 1999.
- /2/ Chlond, Bastian; Lipps, Oliver; Zumkeller, Dirk; *Fortführung der Ausführung der Panel-Untersuchung zum Verkehrsverhalten, Schlussbericht, Unveröffentlichtes Manuskript im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr*, Universität Karlsruhe, 1998.

Reaktionen des Freizeitverkehrs auf Kraftstoffpreisänderungen: Empirische Ergebnisse

VON MARTIN SCHMID, STUTTGART UND KAY W. AXHAUSEN, ZÜRICH

1. Einleitung

In Deutschland scheint gegenwärtig der Umkehrschluss der List'schen Vorhersage einzutreten. Die zunehmenden Staus gefährden den "wohlfeilen, schnellen, sicheren und regelmäßigen Transport von Personen und Gütern" mit der Folge eines Rückschritts des Nationalwohlstandes und der Zivilisation (List, 1838). Die Grenze der Leistungsfähigkeit ist im Fernverkehrsnetz Deutschlands vielerorts bereits erreicht (siehe hierzu Verkehrsstärkenkarte 1995 (Verkehrsministerium Baden-Württemberg, 1996)) und eine Trendwende in der Verkehrsentwicklung ist nicht in Aussicht. Es ist deshalb konkret zu befürchten, dass sich der Wohlstand verringern wird, sofern es nicht gelingt, den Verkehr vor seinem eigenen Zusammenbruch zu bewahren. Dazu kommen die messbaren und nicht messbaren Wirkungen des Verkehrs auf die Umwelt, die in den letzten Jahren stark zugenommen haben und die stärker ins öffentliche Bewusstsein gekommen sind (siehe Quinet, 1998).

Eine Abnahme oder wenigstens eine Stagnation der Verkehrsleistungen ist unter den derzeitigen Verhältnissen nicht absehbar. Die anhaltende Dynamik des europäischen Binnenmarktes und der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten stützen das Verkehrswachstum. Als Folge dieser stetig steigenden Verkehrsbelastungen wird die Leistungsfähigkeit vieler Straßenquerschnitte bereits heute häufig für kürzere oder längere Zeiten überschritten. Weitere Verkehrszunahmen lassen die zukünftigen Staustrecken leicht vorausbestimmen. Unter der Prämisse, daß die vorhandenen Straßenquerschnitte und damit die Kapazität der Straßen mit Ausnahme weniger Engpässe, aus gesellschaftspolitischen Gründen in Deutschland nicht mehr aufgeweitet werden können und Neubaustrecken, abgesehen von wenigen Ausnahmen, nicht realisierbar sind, sollten dringende Konsequenzen aus dieser sich abzeichnenden Situation gezogen werden (siehe zum Beispiel Bundesverkehrswegeplan 1992 (BMV, 1992) oder Generalverkehrsplan Baden-Württemberg (Verkehrsministerium Baden-Württemberg, 1995).

Anschrift der Verfasser:

Dr. Martin Schmid
Ministerium für Umwelt und Verkehr
Baden-Württemberg
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart

Prof. Dr. Kay W. Axhausen
Institut für Verkehrsplanung und Transporttechnik,
Straßen- und Eisenbahnbau (IVT)
ETH Zürich
HIL F 32.3
CH-8093 Zürich

Danksagung: Dieser Aufsatz beruht in Teilen auf der Doktorarbeit des ersten Autors und der Dank gilt den Betreuern dieser Arbeit: Prof. Gerd Steierwald, Universität Stuttgart und Prof. Rudolf Fisch, Universität Speyer.

Ausgerichtet an den Zielvorstellungen

- Mobilitätserhaltung auf den Straßen und
- Verminderung der Umweltbelastungen

ist die Besteuerung der Kfz-Nutzung in Form der Mineralölsteuer eine geeignete Maßnahme. Sie vereint in einer Maßnahme die flächenhafte Fahrleistungsdämpfung im Individualverkehr mit der Reduzierung der Luftschadstoffe. Sie wirkt darüber hinaus fördernd auf die Entwicklung von innovativer Kraftfahrzeugtechnik mit dem Nebeneffekt der Wirtschaftsförderung. Unter Umweltgesichtspunkten erscheint die Beibehaltung der umweltkriterienabhängigen Kraftfahrzeugsteuer als Impulsgeber für ergänzende umweltfördernde Kraftfahrzeugentwicklungen ebenfalls sinnvoll.

Ergänzende Maßnahmen in Form von Stadtkordons können für die Verdichtungsräume und Stadtgebiete erforderlich werden und sind hierfür geeignet (Axhausen und Jones, 1991). Zusammen mit einer Parkraumbewirtschaftung und einem geeigneten Angebot des ÖPNV können sie zu einem lokalen Stadtverkehrskonzept entwickelt werden.

Da eine Absicherung der Wirkungsweise von hohen Kraftstoffpreisen bislang für die Bundesrepublik nicht vorliegt und die vorläufigen Maßnahmenbewertungen unter diesem Vorbehalt stehen, soll die Wirkungsweise der Kraftstoffbesteuerung auf die PKW-Fahrleistungen hier beispielhaft untersucht werden. Hierzu wird folgende Strategie der Aufgabenstellung am ehesten gerecht:

1. Auf die Frage, "Welche Faktoren spielen bei der Interaktion zwischen Kraftstoffpreis und den PKW-Fahrleistungen eine Rolle und wie wirken sie zusammen?" wird eine mögliche Antwort in Form eines beispielhaften Wirkungsnetzes für den Freizeitverkehr dargestellt.
2. Mit Hilfe einer geeigneten Befragung werden empirische Ergebnisse zur Wirkungsweise von großen Erhöhungen der Kraftstoffsteuer ermittelt.
3. Die Ergebnisse des Wirkungsnetzes werden mit den empirischen Ergebnissen verglichen.

Schwerpunkt dieses Aufsatzes ist der zweite Schritt dieses Ansatzes, während der erste und der dritte Schritt nur kurz dargestellt werden sollen (für eine ausführlichere Darstellung s. Schmid, 1996).

2. Wirkungsnetz und Simulationsmodell

Wirkungsnetze (*System dynamic models*) sind ein effektives Werkzeug zur Simulation von Gesamtsystemen auf aggregierter Ebene (siehe Rosnay, 1975 und Vester, 1978). Eine Vielzahl von Vorschlägen über Eingriffsmöglichkeiten in die PKW-Nutzung lassen erkennen, dass eine große Unsicherheit über die Zusammenhänge zwischen Ursachen und Wirkungen besteht. Lösungsansätze bietet bei solch komplexen und interdisziplinären Problemlagen die Systemdynamik, die sich zum vernetzten Denken weiterentwickelt hat (Dörner, 1981 und Gomez und Probst, 1987). Beispielhaft soll hier die Struktur solcher Wirkungsnetze am Beispiel des Freizeitverkehrs dargestellt werden. Im Zusammenhang der Gesamtuntersuchung heißt die Fragestellung: Welche Auswirkungen haben höhere Kraftstoffpreise auf die PKW-Fahrleistungen im Freizeitverkehr?

Um den wohl wichtigsten Einwand gegen vernetzte Systeme, die Subjektivität auszuschalten, wurde ein Workshop mit interdisziplinärer Gruppenarbeit eingerichtet. Hierbei konnten sukzessiv die Arbeitsschritte "Problemfeld abgrenzen", "Zielformulierung", "Ermittlung der Einflussfaktoren" durchlaufen werden mit dem Ergebnis, dass ein Wirkungsnetz mit den Beziehungen ausgearbeitet werden konnte. Über eine Einflussmatrix wurden die Wirkungsintensitäten zwischen den einzelnen Faktoren bewertet.

Über die Bildung von Teilwirkungsnetzen und Analyse der Wirkungsausbreitungen gelang es ein auf Plausibilität geprüfenes Wirkungsnetz für den Freizeitverkehr aufzubauen. Abbildung 1 zeigt dieses Wirkungsnetz im Überblick.

Die Übertragung eines Wirkungsnetzes in ein Simulationsmodell setzt voraus, daß die Beziehungen der Faktoren untereinander – d.h. die Verknüpfungen des Wirkungsnetzes – mittels mathematischer Funktion abbildbar sein müssen. Im konkreten Fall wurden die aus Abbildung 1 ersichtlichen Beziehungen mit mathematischen Funktionen belegt.

Das zugehörige Flussdiagramm ist in Abbildung 2 dargestellt. Zur Berechnung mussten Annahmen getroffen werden, welche auf Plausibilität abgeprüft wurden. Die Durchführung des Rechengangs konnte mit einer Modellbildungssoftware bewältigt werden. Für die Funktionsbeziehungen im Einzelnen wird auf Schmid, 1996 verwiesen (siehe Anhang).

Die Simulationsläufe unterscheiden sich:

1. im realen Einkommenszuwachs und
2. in der Kfz-Technik.

Abbildung 1: Wirkungsnetz für den Freizeitverkehr

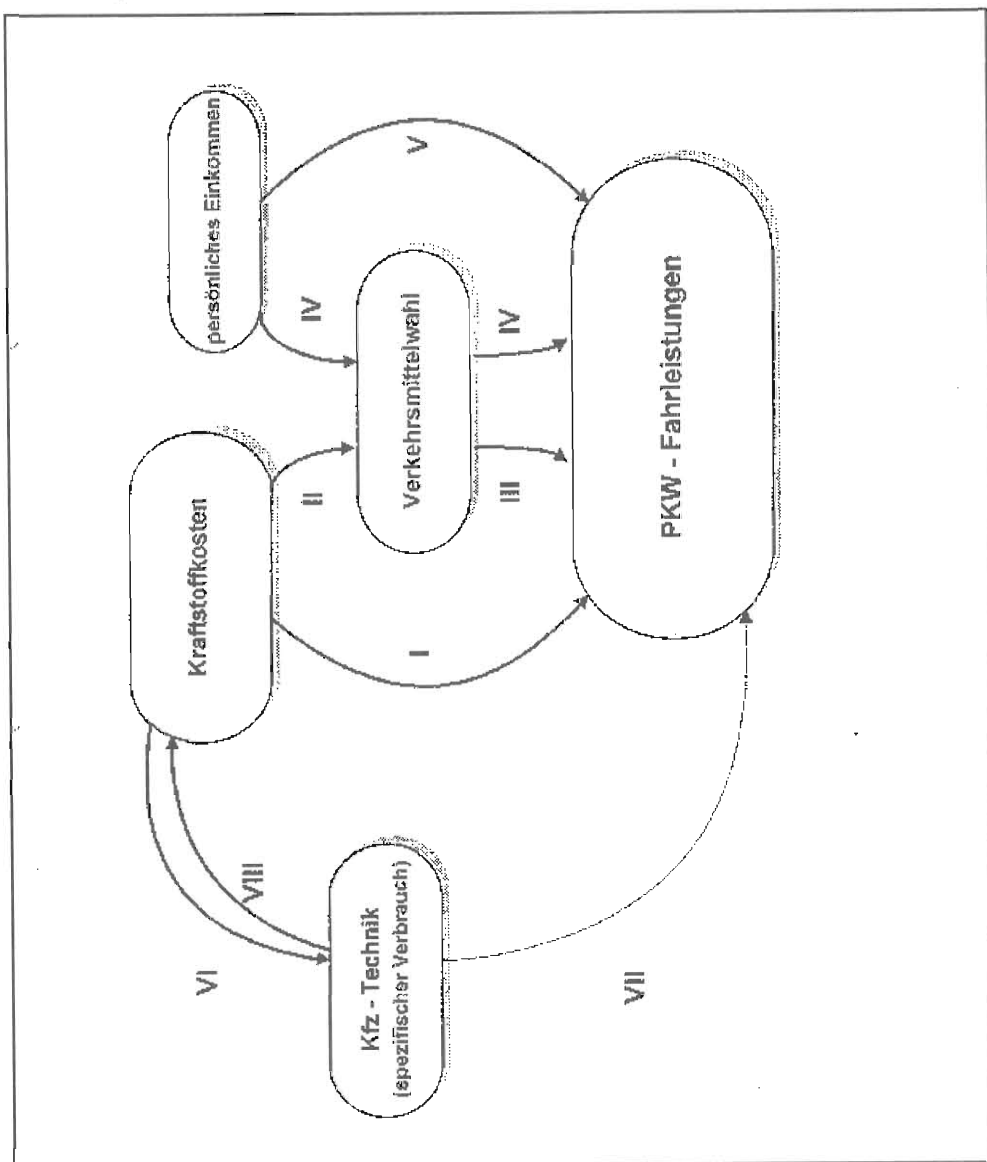
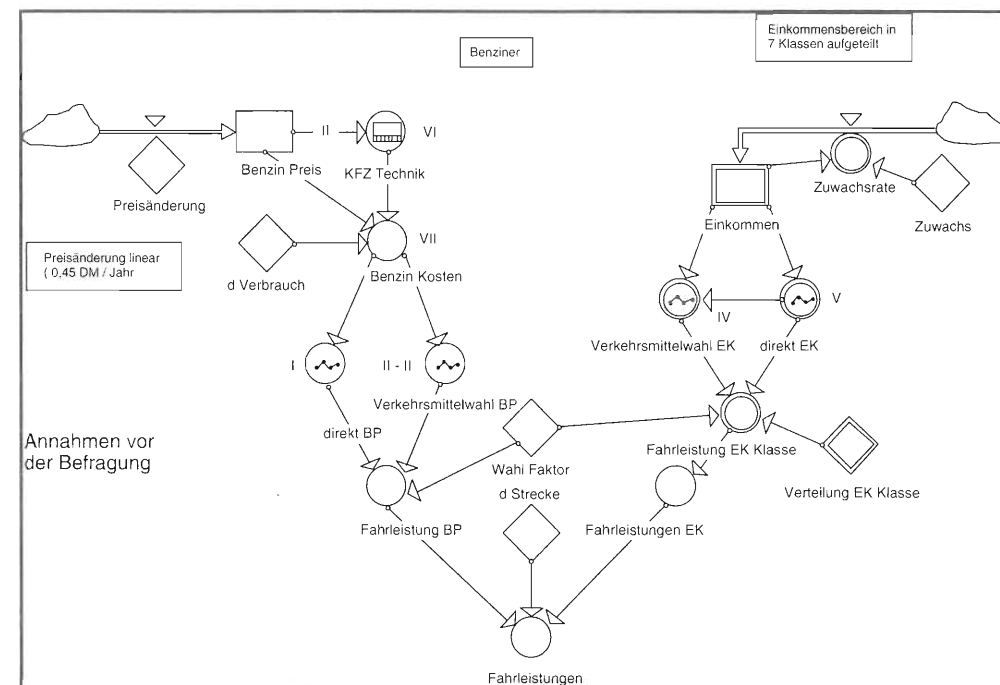


Abbildung 2: Flußdiagramm



Erste Experimente bestätigen die Plausibilität der Annahmen. Die höchste Fahrleistungsreduktion von 12.000 km auf 5.820 km wird erreicht, wenn die Realeinkommen nicht wachsen und die Kfz-Technik keine verbrauchsmindernden Motoren entwickelt. Die geringste Reduktion von 12.000 km auf 11.779 km stellt sich bei einem jährlichen Realeinkommenszuwachs von 3 % und einer verbrauchsmindernden Kfz-Technik von 4,4 l/100 km im Jahr 2005 ein.

3. Empirische Überprüfung

Die Notwendigkeit für eine eigenständige empirische Überprüfung des Wirkungsnetzes und seiner Annahmen ergab sich

1. aus den a-priori Annahmen, welche den Funktionen im Wirkungsnetz zugrundegelegt wurden,
2. aus der erstmaligen Anwendung dieser Technik in diesem Sachbereich,

3. aus den unbekanntem Preiselastizitäten für gravierende Kraftstoffpreisänderungen (Siehe Goodwin, 1992 oder Oum, 1992 für eine gründliche Literaturdurchsicht zum Thema).

Im Gegensatz zu anderen Verkehrsarten besteht im Urlaubs- und Freizeitverkehr weitgehende Entscheidungsfreiheit. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Entscheidung für oder gegen eine Fahrt als auch für das auszuwählende Urlaubs- oder Freizeitziel. Wenn der Frage nachgegangen werden soll, welche Möglichkeiten zur Begrenzung oder Minderung des Verkehrszuwachses bestehen, so sind in erster Linie diese disponiblen Verkehrsarten zu untersuchen.

3.1 Auswahl des Befragungsverfahrens

Die in den Empfehlungen für Verkehrserhebungen 1991 (FGSV, 1991) zitierten Erhebungsmethoden beschränken sich auf die Beobachtung und Analyse von vollzogenem Verkehrsverhalten. Aussagen über potentiell zukünftiges Verhalten können hierbei nicht gewonnen werden. Für Befragungen mit hypothetischen Entscheidungssituationen eignen sich die aus der Betriebswirtschaftslehre bekannten Verfahren zur Bewertung nicht-marktlicher Güter (siehe Mühlkamp, 1994, Pommerehne, 1987, Mitchell und Carson, 1989 oder FGSV, 1995).

Die Bandbreite reicht von Laborexperimenten mit relativ kleinen, meist nicht repräsentativen Stichproben bis zu groß angelegten Repräsentativbefragungen. Die Bewertung der Präferenzen kann durch die Erfragung der individuellen *Zahlungsbereitschaft* für den Erhalt eines Vorteiles oder zur Vermeidung eines Nachteils erfolgen, als auch durch die Erfragung nach einem individuellen Ausgleichsbetrag, für einen verhinderten Vorteil oder die *Akzeptanz eines Nachteils*. Obgleich auch schwerwiegende Probleme bei Befragungen dieser Art bestehen, wie z.B. strategisches Antwortverhalten oder unbewußtes Abweichen von der wahren Wertschätzung, überwiegen die Stärken dieser Befragungsmethoden. Kein anderer Befragungsansatz ermöglicht hypothetische, zukunftsgerichtete Maßnahmen auf ihre Wirkung hin im Zusammenhang mit der persönlichen Wert- oder Nutzenschätzung zu testen. Damit können persönliche Einstellungen, ohne daß diese explizit in der Befragung angesprochen sind, in die Bewertung Eingang finden, ebenso wie die Bewertung losgelöst von einer tatsächlichen Inanspruchnahme des zu bewertenden Gutes zielführend ist.

Bei diesen Methoden soll der Versuchsplan der Untersuchung den Entscheidungsraum durch eine Folge von Entscheidungssituationen ausloten. Es sei darauf hingewiesen, dass die Methoden der Stated Preferences kein Instrument sind, um nicht vermutete Zusammenhänge zu finden. Sie dienen der Schätzung a priori angenommener Zusammenhänge. Als Auswertungsverfahren werden die lineare und logistische Regression sowie das Logit-Modell eingesetzt, mit denen sich Nutzenmodelle schätzen lassen (Ben Akiva und Lerman, 1985).

3.2 Konzeption der Befragung

Aus den möglichen Befragungsformen innerhalb dieser Methodengruppe wurde das Verfahren der *Stated-Preferences* (SP) ausgewählt, in dem die Befragten in einer radikal vereinfachten Situation eine Entscheidung aus einer vordefinierten Menge von Alternativen auszuwählen haben. Die einzelnen Schritte, die von jeder SP-Befragung zu durchlaufen sind:

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

Definition des Befragungsgegenstands und Festlegung der Verhaltensannahmen

Das Befragungsziel, der Befragungsgegenstand und die Hypothesen sind mit dem Wirkungsnetz festgelegt worden. Die empirische Frage ist, ob, und wenn ja, in welchem Umfang eine Erhöhung der Benzinpreise zu einer Reduktion der Fahrleistungen im Freizeitverkehr führt.

Dem Befragten stehen bei der Betrachtung einer Einzelfahrt vier wesentliche Reaktionsmöglichkeiten zur Verfügung:

- a) Umstieg auf andere Verkehrsmittel, Bildung von Fahrgemeinschaften oder bei kurzen Wegen auch zu Fuß gehen (Reduktion der vorherigen PKW-Freizeit-Kilometer auf 0 %).
- b) Verzicht auf die Fahrt (Reduktion von 100 % auf 0 %).
- c) Reduzierung der Fahrtweite durch Wahl eines näheren Zieles (Reduktion der vorherigen PKW-Freizeit-Kilometer um einen Prozentsatz zwischen 0 und 100).
- d) Beibehaltung der Freizeitfahrt mit dem PKW (keine Reduktion der Fahrkilometer).

Weitere Reaktionsmöglichkeiten, welche sich nicht auf die PKW-Fahrleistungen auswirken, wie Umverteilung im allgemeinen Haushaltsbudget, Erhöhung des verfügbaren Einkommens oder Einsatz von Vermögenswerten, sollen hier vernachlässigt werden.

Die der Befragung zugrunde gelegte Hypothese lautet wie folgt:

"Testen Sie in der Befragung, ob deutlich höhere Kraftstoffpreise zu einer spürbaren Reduzierung der PKW-Freizeitfahrleistungen führen. Unter sonstigen ceteris paribus-Bedingungen wird angenommen, dass vor allem das Einkommen, das Alter, der Familienstand, die Art und der Umfang der derzeitigen Freizeitaktivitäten, die Attraktivität des Freizeitziels, die Verfügbarkeit und der Kraftstoffverbrauch des PKWs sowie die Verfügbarkeit alternativer Verkehrsmittel das Verhalten determinieren."

Festlegung der Rahmenbedingungen und Marktsegmente

Es ist evident, dass Befragungsergebnisse wesentlich davon bestimmt werden, welche Gruppen befragt werden. Das Freizeitverhalten eines Zwanzigjährigen ist z.B. grundlegend verschieden von demjenigen eines Achtzigjährigen.

Als Zielgruppe wurde für die Befragung ausgewählt:

18-40jährige männliche und weibliche Probanden,
unabhängig von Einkommen und Beruf,
die im Besitz eines Führerscheins sind und über einen Pkw verfügen,
sich auf einer Freizeitfahrt mit dem PKW befinden
und eine Mindestfahrstrecke von 100 km vom Wohnort
zum Freizeitziel und zurück befahren.

Bei der Auswahl der Zielgruppe waren eine möglichst hohe Intensität der Freizeitaktivität und ein Mindestkraftstoffverbrauch von 5 Liter je Freizeitfahrt orientierungsgebend (Stein, 1977; Meuter, 1980).

Aus Kostengründen konnte in dieser Arbeit nur eine Zielgruppe befragt werden - und hierbei fiel die Wahl auf die aktivste Gruppe, die Gruppe der 18-40Jährigen. Eine Mindestfahrstrecke musste aus Plausibilitätsgründen festgesetzt werden. Da Kraftstoffpreiserhöhungen, die sich nur in Pfennigbeträgen auf die Einzelfahrt auswirken, keine nachvollziehbaren Veränderungen erwarten lassen.

Die Rahmenbedingungen für die Befragung sollen so realistisch wie möglich eingerichtet werden. Die besten Bedingungen ergeben sich aus der Heranziehung einer Fahrt, die der Befragte selbst durchgeführt hat (FGSV, 1995). Die situativen Rahmenbedingungen sprechen ebenso wie die empirischen Erfahrungen im vorliegenden Fall für eine mündliche Befragung am Zielort der Freizeitfahrt durch einen Interviewer.

Auswahl der Befragungsform

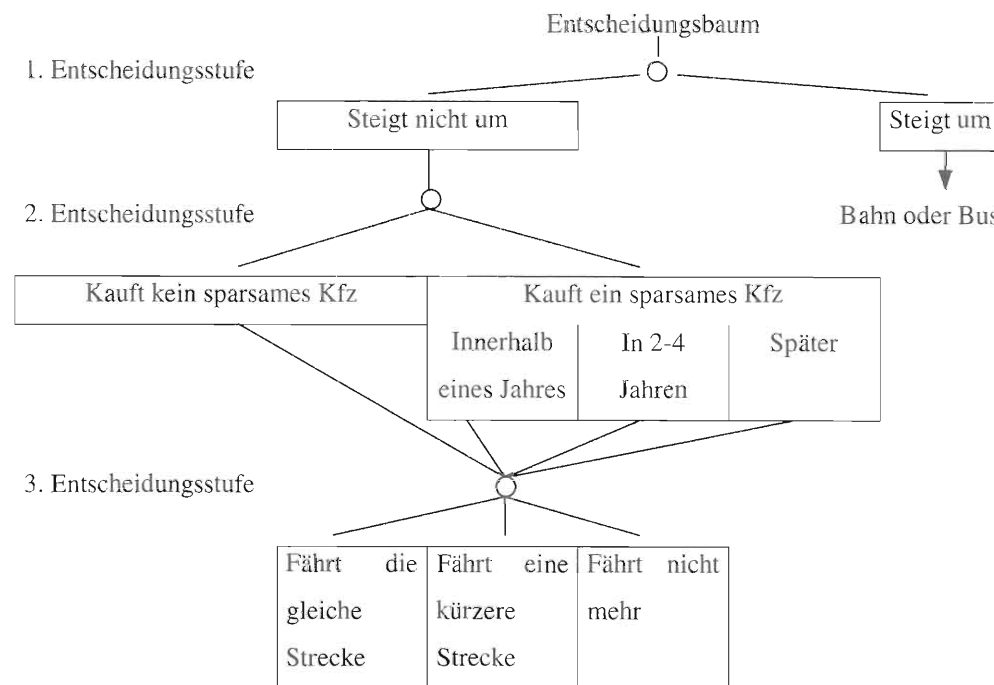
Als Antwortform wurde die *Stated-Choice*-Form wegen ihrer Klarheit und Einfachheit für die Befragten ausgewählt. Diese Antwortform erwartet vom Befragten eine Entscheidung zwischen vorgegebenen Alternativen und hat den Vorteil, dass sie vom Befragten als natürliche und einfache Antwortform empfunden wird.

Es wurde eine mündliche Befragung (Interview) am Zielort der Freizeitfahrt durchgeführt.

Erstellung des Versuchsplans und Ermittlung der Ausprägungen

Der Versuchsplan hängt von den vorherbeschriebenen Rahmenbedingungen, der Hypothese und im Falle von zahlreichen, unabhängigen Einflussgrößen von den verfügbaren Mitteln ab. Es wurde in diesem Fall nur eine Variable variiert, der Kraftstoffpreis, und mehr Aufmerksamkeit den möglichen Entscheidungsalternativen gewidmet, die in einem Entscheidungsbaum zusammengefasst wurden (siehe Abbildung 3).

Abbildung 3: Unterstellter Entscheidungsbaum



Von der Preisbasis von ca. 1,50 DM/l für Vergaserkraftstoff und 1,10 DM/l für Dieselkraftstoff ausgehend, sollte in einem ersten Schritt eine spürbare Verteuerung einsetzen. Dieser Wert wurde zwischen 2,50 DM/l und 3,00 DM/l veranschlagt, was einer ungefähren Verdoppelung der Preise gleichkommt. In einer zweiten Preisstufe sollten dann Kraftstoffpreise um 5,00 DM/l untersucht werden. Als Befragungsspanne wurden 4,50 DM/l bis 6,00 DM/l festgesetzt. Der obere Wert kommt einer Vervierfachung beim Vergaserkraftstoff und nahezu einer Versechsfachung beim Dieseldieselkraftstoff gleich. Eine weitere dritte Preisstufe im Bereich von 9 bis 10 DM/l wurde als zu realitätsfern angesehen und daher nicht zum Gegenstand der allgemeinen Befragung gemacht.

Zu Beginn des Interviews werden Fragen zur soeben durchgeführten Freizeitfahrt und zum Fahrzeug gestellt. Es folgen die Erläuterungen zur neuen, hypothetischen Situation mit den Randbedingungen für die erste Entscheidungssituation (Kraftstoffpreise von 2,50 und 3,00 DM pro Liter), um danach die vorstrukturierten Antwortmöglichkeiten aufzuzeigen.

Nach dem Antworteintrag geht der Interviewer auf die zweite Entscheidungssituation mit Kraftstoffpreisen zwischen 4,50 und 6,00 DM pro Liter über. Rahmenbedingungen, Frage- und Antwortmodus verändern sich nicht. Zur Abdeckung eines breiten Kraftstoffpreisspektrums bei nur zwei Entscheidungssituationen je Interview wurden 6 unterschiedliche Fragebögen mit 6 Kraftstoffpreiskombinationen wie folgt gewählt:

	Erste Entscheidungssituation	Zweite Entscheidungssituation
Fragebogen 1	2,50 DM	4,50 DM
Fragebogen 2	2,50 DM	5,00 DM
Fragebogen 3	2,50 DM	5,50 DM
Fragebogen 4	3,00 DM	5,00 DM
Fragebogen 5	3,00 DM	5,50 DM
Fragebogen 6	3,00 DM	6,00 DM

Die Kraftstoffpreissituationen wurden gezielt so gewählt, dass möglichst wenig Anklänge zu der allgemein geführten und emotional starke besetzten Diskussion um den Kraftstoffpreis von 5 DM/l gefunden werden sollten.

Um keine isolierte Betrachtung der Fahrtkosten mit der Gefahr einer Überbewertung aufkommen zu lassen, wurde die Frage nach der Relation zwischen den Gesamtkosten der Freizeitfahrt (Essen, Eintrittsgelder und Parkgebühren, Fahrtkosten und ggf. Übernachtung) und den reinen Fahrtkosten, Pkw oder Bahn gestellt, jeweils bei Berücksichtigung der Gruppengröße, und das Ergebnis dem Befragten bekannt gegeben. Anknüpfend daran wurde als weitere Fragestellung zur allgemeinen Einschätzung der Freizeitfahrt die Attraktivität des Zieles abgefragt. Eine große Bedeutung wurde der Einstellung und Kaufbereitschaft zu einem extrem (unter gegenwärtigen Rahmenbedingungen) sparsamen Fahrzeug beigemes-

sen. Für die zukünftige Fahrtentscheidung (die Umstiegsfrage auf andere Verkehrsmittel ging voraus) wurden 5 Alternativen zur Auswahl gestellt:

- Gleiches Ziel, gleich häufig
- Gleiches Ziel, weniger häufig,
- Näheres Ziel, neue Zielentfernung
- Fahrtverzicht
- Autoverzicht (Autoverkauf)

Am Ende des Interviews stehen die sozio-demographischen Fragen zur Person des Befragten. Die schwierige Befragung zu den Einkommensverhältnissen wurde mit einer Karte (Showcard) mit verschlüsseltem Buchstabencode vorbereitet, um die Angstschwelle vor der Preisgabe sehr persönlicher Daten abzusenken.

Die Befragung wurde in einem Vortest ausführlich getestet und danach, wo notwendig, verbessert.

3.3 Hauptbefragung

Die Auswahl der Befragungsorte entscheidet mit über die Zusammensetzung der Befragten genauso wie die Ortsnähe zum nächstgelegenen Bahnhof über die Umsteigemöglichkeiten. Um einen möglichst repräsentativen Querschnitt der weiträumigen Freizeitfahrten zu erfassen, wurde die Befragung an vier grundsätzlich verschiedenen Freizeitzielen durchgeführt.

Ort A : Wilhelma Stuttgart

Zoologischer und botanischer Garten in Stadtrandlage von Stuttgart.
Sehr attraktive Anbindung an Bundesbahn- und Stadtbahnnetz.
Bedienungshäufigkeit entspricht Großstadtstandard.

Ort B : Donautal bei Beuron

Bedeutendes Freizeitziel durch zahlreiche kulturhistorische Bauwerke in Verbindung mit landschaftlich reizvollem Flusstal.
Vorwiegende Freizeitaktivitäten:
- Besuch des Klosters Beuron
- Rad- und Wandertouren
- Klettern und Kajakfahren.
Anbindung an das Bahn- und Busnetz zwischen Tuttlingen und Sigmaringen.
Bedienungsstandard entsprechend dem ländlichen Raum.

Ort C: Bärenhöhle bei Reutlingen
Tropfsteinhöhle im Weißjura, zur Schauhöhle mit ständigen Führungen ausgebaut. Durch einen angegliederten Märchen- und Freizeitpark wurde die Bärenhöhle zu einem weitbekanntem Freizeitziel auf der Schwäbischen Alb.
Der nächste Bahnhof liegt ca. 25 km entfernt, die Bushaltestelle ca. 4 km.
Der Bedienungsstandard ist sehr schlecht.

Ort D: Unteruhldingen am Bodensee
Vielbesuchter Kurort am Bodensee, der durch den Bau einer Umgehungsstraße und eines Sammelparkplatzes am Ortsrand weitgehend autofrei wurde.
Die Pfahlbauten, ein Strandbad sowie die Schifflande der weißen Flotte ziehen viele Tagestouristen an.
Uhdlingen-Mühlhofen besitzt einen Bahnhof und wird über die Bodenseegürtelbahn Friedrichshafen-Überlingen-Radolfzell an das Fernbahnnetz angeschlossen. Der Bahnhof liegt ca. 2 Kilometer vom See entfernt. Die Busverbindung von Meersburg über Unteruhldingen nach Überlingen kann als gut bezeichnet werden.

Die Befragungen wurden an den Wochenenden durchgeführt mit vergleichbaren Witterungsverhältnissen sowie jahreszeitlich und tageszeitlich gleichen Randbedingungen. Die Interviews wurden in der Nähe der Parkplätze geführt. Dies erlaubte eine gezielte Ansprache der Interviewpartner.

Die Wahl der mündlichen Befragungsform am Zielort der Freizeitfahrt stellte sich als geeignet heraus. Die Ansprache der Interviewpartner gestaltete sich problemlos. Es kamen die Vorteile der mündlichen Befragung, wie Erläuterungsmöglichkeiten, gezieltes Nachfragen bei unklaren Antworten, oder die Ansprache sensibler Fragen zum Tragen.

Die Quote der Verweigerer war überraschend klein, sie lag bei 10 Prozent. Genauso überraschend war die überwiegend positive Bewertung des Befragungsgegenstandes. Abgebrochen werden mussten lediglich 2 Interviews, da Zweifel an der Ernsthaftigkeit bei den Befragten aufgetreten waren. Die dabei erhobenen Daten wurden nicht ausgewertet.

Durch die Wahl von vier grundsätzlich verschiedenartigen Freizeitzielen und der Ansprache der Interviewpartner nach dem Zufallsprinzip wurde im Rahmen der durch die Befragungsmethodik vorgegebenen Möglichkeiten versucht, eine möglichst breite und repräsentative Stichprobenauswahl zu treffen (siehe auch Tabelle 1).

Tabelle 1: Eigenschaften der Stichprobe

Eigenschaft	Ort				Alle
	Wilhelma	Donautal	Bärenhöhle	Bodensee	
Anzahl männlich	20	13	31	31	95
Anzahl weiblich	14	10	4	5	33
Mittleres Alter [Jahre]	32,8	37,8	35,0	36,6	35,4
Mittleres Einkommen [DM]	4.500	4.920	4.570	4.520	4.600
Mittlere Fahrtweite [km]	194	210	157	247	201

4. Befragungsergebnisse

Die Befragungsergebnisse bezogen auf die einzelnen Kraftstoffpreiskombinationen lassen einen eindeutigen Zusammenhang zwischen der Kraftstoffpreishöhe und der Fahrtreduktion erkennen (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Das Reaktionsspektrum verdichtet sich bei der Betrachtung der alleinigen Fahrtreduktion der PKW-Fahrer ohne Umsteiger nochmals deutlich gegenüber den Gesamtfahrleistungsreduktionen einschließlich des Umsteiger. Eine einfache lineare Regression ergibt für die aggregierten Daten mit den Umsteigern die Gleichung:

$$\text{Reduktion} = 10,79 * \text{Kraftstoffpreis} - 18,09$$

Mit einem $r = 0,88$ und signifikanten Parametern. Aus den Daten ergibt sich bei Annahme einer linearen Reaktion eine Kraftstoffpreiselastizität von $\epsilon_{\text{ges}} = -0,16$.

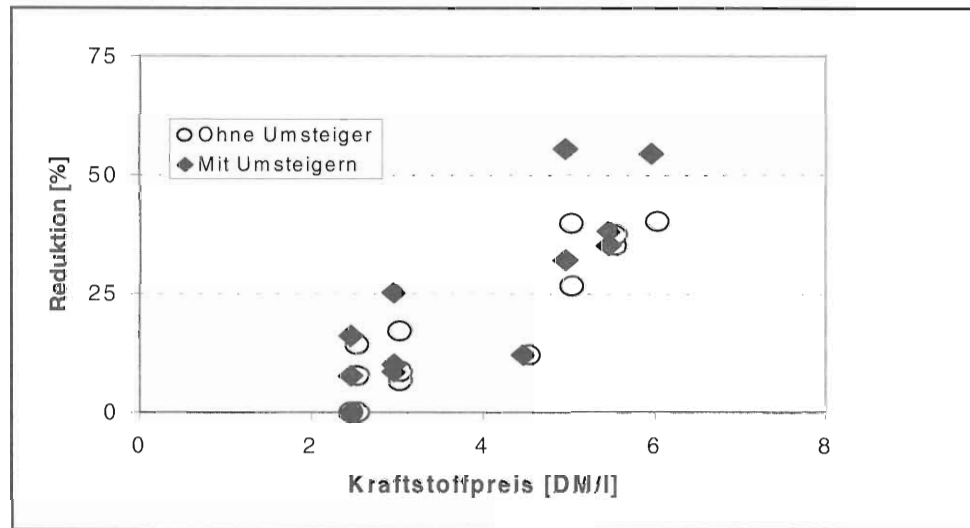
Das Reaktionsmaß für den Verzicht auf PKW-Fahrleistungen erreicht unter den gleichen Rahmenbedingungen ohne Berücksichtigung der durch Umstieg auf andere Verkehrsmittel entfallenden Fahrten bei einem Kraftstoffpreis von 6,00 DM/l Werte um 40 % der heutigen PKW-Fahrleistungen mit einer Elastizität von $\epsilon_{\text{PKW}} = -0,13$.

Die Annahme der Linearität wird durch die schwache Reaktion auf die Preiserhöhung auf DM 4,50/l in Zweifel gezogen. In diesem Zusammenhang darf die "Schallmauer" von 5,00 DM/l Kraftstoff, die sich in der öffentlichen Diskussion festgesetzt hat, nicht unterschätzt werden. Es ist psychologisch plausibel, dass die Reaktionen von einer solchen "Schallmauer" beeinflusst werden können. Die Befragungsergebnisse spiegeln hier ein Verhalten wider, das sich wie folgt beschreiben lässt:

- Kraftstoffpreise unter 5,00 DM/l sind vertretbar und verkraftbar. (Daraus resultiert eine unterdurchschnittliche Reaktion für den Preis von 4,50 DM/l.)

- Kraftstoffpreise größer gleich 5,00 DM/l werden als Schikane und Willkür empfunden. (Die Befragten reagieren überdurchschnittlich).

Abbildung 4: Reduktion der Fahrleistung als Funktion des Kraftstoffpreises

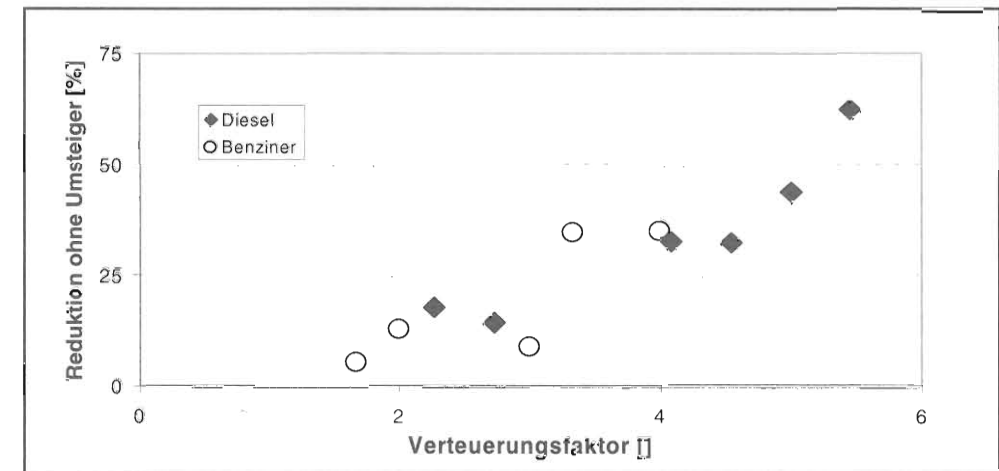


Tendenziell wurde bei getrennten Auswertungen deutlich, dass die Besitzer von Diesel-PKW stärker reagieren als die Besitzer von Benzin-PKW. Eine nochmals stärker ausgeprägte Reaktion wurde bei den Fahrern von Großraum-PKW und Kleinbussen ausgelöst. Plausibel dürfte die Trendaussage sein, da die Dieselfahrer, ausgehend von einem Preisniveau von 1,10 DM/l, eine prozentual und nominal größere Preiserhöhung erfahren als die Fahrer von Benzin-PKW.

Um diesen Effekt der prozentualen Kraftstoffverteuerung zu analysieren, wurden die Ergebnisse anstatt mit den absoluten mit relativen Werten dargestellt. Dabei wurde sichtbar, dass von plateauartigen Reaktionen gesprochen werden könnte. Die zuvor angestellte Vermutung einer psychologischen Schallmauer bei einem Kraftstoffpreis von 5,0 DM/l tritt hier noch schärfer hervor. Ein erstes Reaktionsplateau stellt sich zwischen den Verteuerungsfaktoren 2,0 - 3,0 ein (bei Fahrleistungsreduktionen in der Größenordnung von 15 %). Ein zweites Plateau wird zwischen den Faktoren 3,3 bis 4,5 deutlich (bei Fahrleistungsreduktionen von ungefähr 35 %). Kraftstoffverteuerungen mit Faktoren von 5,0 und darüber deuten eine steiler ansteigende Reaktionslinie an. Dieser nur aus der Diesel-PKW-Stichprobe errechenbare steilere Anstieg wird aus der Befragung der Benzin-PKW-Stichprobe nur insoweit bestätigt, als von dort Kraftstoffpreise zwischen 8 und 10 DM/l für noch weitergehende Fahrreduktionen benannt wurden. Die Unterstellung einer nichtlinearen Reaktion erscheint jedoch zu gewagt zu sein, da sich der hochgelegene Wert bei 6,0

DM/l, und damit der steilere Anstieg, lediglich auf 9 Befragungen mit Diesel-PKW abstützen kann (siehe Abbildung 5).

Abbildung 5: Reduktion der Fahrleistung als Funktion der relativen Verteuerung



Freizeitzielbezogene Auswertung

Bei der Analyse der Ergebnisse zeigt sich, daß die Reaktionsbereitschaft der Besucher der Wilhelma am stärksten ist. In den Umsteigereaktionen spiegeln sich die Nähe und der Bedienungsstandard der öffentlichen Verkehrsmittel zu den einzelnen Befragungsorten wieder. Die Fahrreduktion durch Umsteigen beträgt bei der Wilhelma (21,1%), während an den drei anderen Zielen die Werte zwischen 2,2% und 5,4% schwanken. Die Preiselastizitäten zeigen an den einzelnen Befragungsorten folgende Werte:

	Gesamt- elastizität ϵ_{ges}	PKW- elastizität ϵ_{PKW}	Umsteige- elastizität ϵ_u
Wilhelma	- 0,24	- 0,16	- 0,08
Donautal	- 0,15	- 0,13	- 0,02
Bärenhöhle	- 0,15	- 0,14	- 0,01
Bodensee	- 0,13	- 0,11	- 0,02
Über alle	- 0,16	- 0,13	- 0,03

Weiteres bedeutendes Kennzeichen der zielortbezogenen Auswertung ist die Unabhängigkeit von PKW-Fahrleistungsreduktion und Umsteigereaktion. Dies bedeutet, dass bei Kraftstoffpreiserhöhungen die Höhe des Umsteigepotentials sich nicht mindernd auf das Fahrre-

duktionspotential der PKW-Fahrer auswirkt. Damit kann von einer **Addition** der Wirkungen ausgegangen werden.

Einfluss der Einkommenshöhe

Im Interview wurde zusammen mit anderen soziodemographischen Daten auch nach dem Familiennettoeinkommen pro Monat gefragt. Die Ausprägungen fanden ihren Niederschlag in 7 Einkommensklassen, die jeweils mit Buchstaben gekennzeichnet wurden.

Klasse A	Einkommen bis 1800 DM
Klasse C	Einkommen zwischen 1800 und 3000 DM
Klasse E	Einkommen zwischen 3000 und 4000 DM
Klasse G	Einkommen zwischen 4000 und 5000 DM
Klasse D	Einkommen zwischen 5000 und 6000 DM
Klasse F	Einkommen zwischen 6000 und 7000 DM
Klasse B	Einkommen über 7000 DM

Bei der Auswertung der einzelnen Einkommensklassen zeigten sich signifikante Unterschiede. Die Klasse A mit Monatsnettoeinkommen bis 1800 DM zeigt die stärksten Reaktionen. Bereits in der ersten Entscheidungssituation werden 4mal stärkere Fahrleistungsreduktionen ermittelt als im Durchschnitt. Die Reduktionsquote steigt in der zweiten Entscheidungssituation auf 81 % an. Der Umsteigeranteil ist ebenfalls höher als in allen anderen Klassen. Die Erklärung dieser drastischen Reaktion liegt mit Sicherheit in der nicht möglichen Kompensation der Mehrkosten durch Einsparungen bei anderen Haushaltsausgaben.

Die Einkommensklassen C (1800-3000 DM) und E (3000-4000 DM) reduzieren ihre Freizeitfahrten unterdurchschnittlich. Trotz relativ niedrigem Einkommen sind diese Klassen bereit, auch bei hohen Kraftstoffpreisen relativ zahlreiche Freizeitfahrten durchzuführen. Die Vermutung, dass es sich um junge, freizeitaktive Personen handelt, wurde durch die sozio-demographische Analyse bestätigt. In der Klasse C sind vorwiegend Alleinstehende und kleine Familien erfasst, die statistische Haushaltsgröße umfasst 2,16 Personen. Das Durchschnittsalter liegt bei 32 Jahren. Die Vielfahrer der Klasse sind nochmals deutlich jünger, im Durchschnitt 28 Jahre alt. In der Einkommensklasse E ist die Familie statistisch deutlich größer, die Haushaltsgröße liegt bei 3,36 Personen im Durchschnitt. Das Durchschnittsalter der Befragten liegt hier bei 33 Jahren.

Die Einkommensklassen G (4000-5000 DM) und D (5000-6000 DM) sind ihrerseits wieder sehr ähnlich im Verhalten. Die Fahrtreduktionen sind in der ersten Entscheidungssituation unterdurchschnittlich, in der zweiten Entscheidungssituation aber 10 % über dem Durchschnitt. Es wird deutlich, dass mit steigendem Einkommen die Reaktionen auf eine Preiserhöhung von 2,5 bis 3,0 DM/l schwächer werden.

Die Klasse F (6000-7000 DM) reagiert bis 3 DM/l nicht und bis 6 DM/l unterdurchschnittlich mit lediglich 25,5 % Fahrtreduktionen. Die Klasse B (>7000 DM) liegt nicht im erwarteten Trend und ist einer gesonderten Untersuchung zu unterziehen. Die sozio-demographischen Werte ergaben, dass in dieser Klasse selbständige Haushaltsvorstände und unselbständige Jugendliche, die noch in der Familie leben, in derselben Stichprobe erfasst wurden. Die getrennte Bewertung zeigt auf, dass die Jugendlichen (B/2) ähnliche Verhaltensmuster aufweisen wie diejenigen Befragten in der Klasse A (bis 1800 DM). Die Haushaltsvorstände (B/1) gleichen sich der Klasse F an, wobei ein verstärkter Trend zum Umstieg erkennbar wird.

Einfluss von Gepäck und Sportgeräten

Größeres Gepäck, Fahrräder, Kajaks, Kinderwagen o.ä. wurden von 34 Befragten mitgeführt; dies entspricht 26,5 % der Gesamtstichprobe. Die Ergebnisse zeigen, dass die Mitnahme von größerem Gepäck oder von Sportgeräten die Fahrleistungsreduktion bei Kraftstoffpreisen zwischen 4,50 DM/l und 6,00 DM/l um ca. 10 % gegenüber der Stichprobe ohne Gepäck vermindert. Dieses Reaktionsmuster liegt im erwarteten Bereich. Erstens erschweren Gepäck und Sportgeräte den Umstieg auf den öffentlichen Verkehr und zweitens wird durch die Mitnahme von Sportgeräten die Freizeit gezielter und bewusster gestaltet und entzieht sich zu einem Teil der freien Disposition für Änderungen.

Einfluss der Freizeitzielattraktivität

Die Befragung nach der Einschätzung der Freizeitzielattraktivität erbrachte bewertbare Ergebnisse. So konnte ein Zusammenhang zwischen der Gesamtattraktivität eines Freizeitziels und der durchschnittlichen Fahrtweite zum Freizeitziel festgestellt werden. Die Bewertung der Attraktivität entsprach der Notengebung im schulischen Bereich.

	Gesamt-Attraktivität	Durchschnittliche Fahrtweite (Hin- und Rückf.)
Bodensee	1,65	247 km
Wilhelma	1,84	194 km
Donautal	1,85	210 km
Bärenhöhle	2,20	157 km

Die Attraktivität des Bodensees kommt hier deutlich zum Ausdruck. Die subjektiven Einschätzungen der Befragten zur Attraktivität korrelieren mit den objektiv messbaren Fahrtweiten. Zum weniger attraktiven Ziel "Bärenhöhle" wird im Durchschnitt eine um 90 km geringere Wegstrecke zurückgelegt als zum attraktivsten Ziel.

Ob sich die persönlich empfundene Freizeitattraktivität ebenso auf die Reaktion von Kraftstoffpreiserhöhungen niederschlägt zeigen nachfolgende Berechnungen. Die Note 1 wurde für

die höchste Attraktivität vergeben. Die Note 6 für ein Ziel ohne Attraktivität. Die Note 5 und 6 traten in der Befragung nicht auf.

Attraktivität	Fahrleistungsreduktion einschl. Umstieg in der zweiten Entscheidungssituation
Note 1	36,1 %
Note 1,5 - 2,5	42,4 %
Note 3 - 4	51,5 %
Gesamtstichprobe	41,5 %

Die Auswertung zeigt, dass die persönliche Einschätzung der Attraktivität neben der Kraftstoffpreishöhe ein zusätzliches Kriterium bei der Beurteilung der Fahrtdisposition darstellt.

Einfluss der Fahrtweite

Als letzte Einflussgröße soll die Auswirkung der Fahrtweite zum Freizeitziel im Hinblick auf Fahrleistungsreduktionen analysiert werden. Die niedrigsten Fahrtweiten liegen in der Untersuchung zwischen 70 und 100 km, die überwiegende Anzahl der Fahrten liegt zwischen 100 und unter 300 km, 22 Fahrten liegen zwischen 300 und dem Maximum von 700 Kilometern. Die Vermutung, dass längere Fahrtstrecken bei hohen Kraftstoffkosten eher reduziert werden als kürzere Strecken, konnte nicht bestätigt werden.

5. Ergebnisübertrag in die Simulation

Durch die Befragungsergebnisse können die Hypothesen der Simulationsrechnung überprüft werden.

Funktionsbeziehung I:

Für die Simulationsberechnung wurde der Elastizitätswert hypothetisch mit $\epsilon = -0,17$ angesetzt. Die Befragungsergebnisse zeigen eine etwas unelastischere Nachfrage als angenommen. Der Anteil der Befragten, die für die Freizeitfahrt nicht auf ein anderes Verkehrsmittel umsteigen können, beträgt nur 30 % (39 von 128 Probanden).

Für die Simulationsrechnung nach der Befragung wird die Kurve I mit linearem Verlauf und dem Elastizitätswert $\epsilon = -0,13$ eingegeben.

Funktionsbeziehung II/III:

Korrekturbedürftig ist der Kurvenverlauf II/III ebenfalls. Entgegen der ersten hypothetischen Annahme der Elastizitätswerte $\epsilon = -0,05 + (-0,17)$ erbrachte die Befragung einen Elastizitätswert für das Umsteigen von $\epsilon_{\text{Umstieg}} = -0,08$ sowie einen Elastizitätswert für die Nichtumsteiger von $\epsilon_{\text{PKW}} = -0,13$.

Für die Simulationsrechnung nach der Befragung wird die Kurve II/III mit linearem Verlauf und den Elastizitätswerten $\epsilon = -0,08 + (-0,13)$ eingegeben. Die weiteren Funktionsbeziehungen werden von der ersten Simulation übernommen. Das Simulationsmodell mit Flussdiagramm wird nicht verändert. Die Startwerte der Simulation bleiben mit 1,50 DM/l und jährlichen Steigerungsraten von 45 Pf/l ebenso unverändert wie die Variationen der Simulationsläufe. (Einkommenszuwachs real: 0 %, 1 %, 2 % und 3 % jährlich; Kfz-Technik: Faktor 1, 1/2, und 0).

Ergebnisse

Die höchsten Fahrleistungsreduktionen treten bei einem Realeinkommenszuwachs von 0 % und keiner verbrauchsmindernden Kfz-Technik (Faktor 0) auf. Die Reduktion verläuft linear fallend von 12.000 km/a auf 6.060 km/a im Jahr 2005 bei einem Benzinpreis von 6,0 DM/l; dies entspricht einem Rückgang von 49,5%.

Es wird nochmals darauf hingewiesen, dass der Startwert für die Jahresfahrleistungen von 12.000 Km/a sich nicht an den Fahrleistungen im Freizeitverkehr ausrichtet. Die Ergebnisse sind unabhängig von der absoluten Höhe der Jahresfahrleistungen.

Die geringste Reduktion von weniger als einem Prozentpunkt der ursprünglichen PKW-Fahrleistungen tritt bei einem jährlich dreiprozentigen Realeinkommenszuwachs und einer stark verbrauchsmindernden Kfz-Technik (Faktor 1) ein.

6. Ausblick

Die Auswirkungen der Kraftstoffbesteuerung auf die PKW-Fahrleistungen im Freizeitverkehr wurden vor dem Hintergrund der Mobilitäts-erhaltung auf den Straßen untersucht, da die prognostizierten Zuwächse im Personen- und Güterverkehr auf dem übergeordneten Straßennetz der Bundesrepublik Deutschland in absehbarer Zukunft nicht mehr aufgenommen werden können. Ausweitungen der Straßenkapazitäten sind durch politische Widerstände stark eingeschränkt und neue Techniken bieten ebenfalls keine Ansätze zur wesentlichen Erhöhung der Leistungsfähigkeit. Daher soll die Untersuchung die Frage beantworten, ob über eine Erhöhung der Kraftstoffbesteuerung das Knappheitsproblem einer marktwirtschaftlichen Lösung zugeführt werden kann.

Nach der Methode des Drei-Schritt-Verfahrens wurden zuerst Wirkungsnetze auf der Grundlage der Systemdynamik und des Vernetzten Denkens aufgebaut, um die wichtigsten Faktoren bei der Interaktion zwischen Kraftstoffpreis und Fahrleistungen zu finden. Daran schloss sich eine Simulation des Wirkungsnetzes zur Gewinnung von Zukunftsvorhersagen an. Im dritten Schritt wurden die Simulationsergebnisse über eine Befragung abgesichert.

Die Ergebnisse erlauben eine erste Abschätzung der Reaktionen bei Kraftstoffpreisen bis zu 6,0 DM/l. Die Fahrleistungen im PKW-Freizeitverkehr lassen unter den Randbedingungen einer mittleren Einkommens- und Technikentwicklung ein Reduktionspotential von ca. 30 % bei einem Kraftstoffpreis von nominal 6,0 DM/l erwarten. Dieses Ergebnis basiert auf einem mittleren realen Einkommenszuwachs von 1 % im Jahr, einer mittleren Verbrauchsreduktion der PKW um 2,2 Liter pro 100 km und einer stufenweisen Anhebung des Kraftstoffpreises um jährlich 0,45 DM über einen Zeitraum von 10 Jahren.

Die angewandte Methodik ermöglicht bei Kenntnis entsprechender Elastizitätswerte eine Anwendung auf weitere Fahrtzwecke und Verkehrsarten und ist geeignet, Veränderungen der wirtschaftlichen und technischen Entwicklung zu berücksichtigen. Eine Hochrechnung zur Abschätzung des Gesamtreduktionspotentials im PKW-Individualverkehr lässt eine Lösung des Knappheitsproblems über die Kraftstoffbesteuerung allein oder neben anderen Maßnahmen möglich erscheinen.

Abstract

Leisure travel is the fastest growing travel market segment in Germany. A system-dynamic model of the interactions between the demand and the various factors influencing it was developed to improve our understanding of the processes. One central variable of the model is the fuel price. There is little literature about the elasticity of leisure travel demand with respect to fuel price in Germany. The core of the paper reports the results of survey of leisure travellers about their responses to fuel price increases, which was undertaken to improve our understanding. The travellers were interviewed at different locations around Stuttgart using a transfer price approach, a specific stated preference survey technique. The results showed that the traveller response was inelastic (< 1), but that the willingness of the respondents depended both on the distance to home and on the quality of the leisure activity. The empirical results were used in various policy simulations to assess the impact of different fuel price scenarios on leisure travel demand.

Literaturverzeichnis

- Axhausen, K.W. und P.M. Jones (1991) Straßengebühren – Ein Instrument des Verkehrsmanagements, *Bauwelt*, **82** (12) S. 606 – 613.
- Ben-Akiva, M.E. und S.R. Lerman (1985) *Discrete Choice Analysis*, MIT Press, Cambridge.
- Bundesverkehrsministerium (1992) Bundesverkehrswegeplan 1992, Bundesverkehrsministerium, Bonn.
- Dörner, D. (1981) Über die Schwierigkeiten menschlichen Umgangs mit Komplexität, *Psychologische Rundschau*, **7** S. 163 – 179.
- FGSV (1991) *Empfehlungen für Verkehrserhebungen (EVE 95)*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, 1995.

- FGSV (1995) *Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen - die Methoden der "Stated Preferences"*, Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen, Köln.
- Goodwin, P.G. (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*, **26** (2) S. 155 – 169.
- Gomez, P., und G. Probst (1987) *Vernetztes Denken im Management*, Schweizerische Volksbank, Bern (*Die Orientierung*, **89**).
- List, F. (1838) *Deutschlands National-Transport-System in volks- und staatswirtschaftlicher Beziehung beleuchtet*, Hammerich, Altona und Leipzig.
- Meuter, H. (1980) Die Bedeutung der Wohnbedingungen für die Freizeit, *Schriftenreihe*, **5**, Lehrstuhl für Straßenwesen und Erdbau, TU Braunschweig.
- Mitchell, R. und R. Carson (1989) *Using Surveys to Value Public Goods - The Contingent Valuation Method*, Resources for the Future, Washington.
- Mühlenkamp, H. (1994) *Kosten-Nutzen-Analyse*, Oldenburg, Wien.
- Oum T. (1992) Alternative demands and their elasticity estimates, *Journal of Transport Economics and Policy*, **33** (2) S. 139 – 154.
- Pommerehne, W. (1987) *Präferenzen für öffentliche Güter*, J.C.B. Mohr, Tübingen.
- Quinet, E. (1998) Full social cost of transportation in Europe, in D.L. Greene, D.W. Jones und M.A. Delucchi (Hrsg.) *The Full Costs and Benefits of Transportation*, 69-112, Springer, Heidelberg.
- Rosnay, J de (1975), *Le macroscope: Vers une vision globale*, Editions du senil, Paris.
- Schmid, M. (1996) Auswirkungen der Kraftstoffbesteuerung auf die PKW-Fahrleistungen im Freizeitverkehr, *Schriftenreihe*, **21**, Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart, Stuttgart.
- Stein, A. (1977) Bestimmungsgrößen für die Ausflughäufigkeit sozio-ökonomisch differenzierter Bevölkerungsgruppen in der Wochenendfreizeit, *Bericht*, **B11**, Institut für Stadtbauwesen der RWTH Aachen, Aachen.
- Verkehrsministerium Baden-Württemberg (1995) Generalverkehrsplan Baden-Württemberg 1995, Verkehrsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Verkehrsministerium Baden-Württemberg (1996) Verkehrsstärkenkarte 1995, Ausgabe 1996, Verkehrsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Vester, F. (1978) *Unsere Welt - ein vernetztes System*, Klett, Stuttgart.

Anhang: Die Funktionsbeziehungen des Flussdiagramms

Funktionsbeziehung I: Sie beschreibt die Fahrleistungsreduktion des PKW-Freizeitverkehrs bei steigendem Kraftstoffpreis ($\epsilon = -0,17$ bzw. $\epsilon = 0,13$).

Funktionsbeziehung II: Es wird die Wirkung der Kraftstoffkosten auf die Verkehrsmittelwahl nachgebildet ($\epsilon = -0,05$ bzw. $\epsilon = -0,08$).

Funktionsbeziehung III: Die Beziehung zeigt den Zusammenhang zwischen der Verkehrsmittelwahl und den Fahrleistungen im Freizeitverkehr auf ($\epsilon = -0,05 + (-0,17)$ bzw. $\epsilon = 0,08 + (-0,13)$).

Funktionsbeziehung IV: Sie zeigt, welche Auswirkungen die Einkommenshöhe auf die Verkehrsmittelwahl hervorruft.

Funktionsbeziehung V: Hier wird der Zusammenhang zwischen der Einkommenshöhe und den PKW-Fahrleistungen aufgezeigt.

Funktionsbeziehung VI: Diese Funktion zeichnet die Wirkungsweise der Kraftstoffkosten auf die Kfz-Technik nach.

Funktionsbeziehung VII: Hier wird die Wirkung der Kfz-Technik auf die PKW-Fahrleistungen beschrieben.

Funktionsbeziehung VIII: Sie zeigt auf, wie sich eine verbrauchsmindernde Kfz-Technik auf die streckenbezogenen Kraftstoffkosten auswirkt.

Modellierung von Mobilitätsdaten mit Methoden der Künstlichen Intelligenz

VON JOACHIM HUGO, BERLIN

Im Rahmen dieser Arbeit wird der herkömmliche Ansatz zur Modellierung des Modal-Splits (Logit-Modelle) verglichen mit Ansätzen der Künstlichen Intelligenz. Dies sind neuronale Netzwerke, Fuzzy-Systeme sowie eine Kombination beider Methoden, Neuro-Fuzzy-Systeme. Es wird exemplarisch die Anwendbarkeit der Ansätze zur Modellierung von Veränderungen des Modal-Splits zugunsten öffentlicher Verkehrsmittel untersucht.

1. Einleitung

Mobilitätsbefragungen wie die KONTIV 1989 oder neuerdings das Haushaltspanel [ZUM98] bilden eine wichtige Datengrundlage zur Erstellung von Verflechtungsmatrizen des Personenverkehrs sowohl für den gegenwärtigen Zustand als auch darauf aufbauend für Prognosen des Personenverkehrs. Ein Bestandteil des den Prognosen zugrundeliegenden Vierstufenmodells sind Verkehrsmittelwahlmodelle, sogenannte Modal-Split-Modelle.

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Anwendbarkeit von herkömmlichen Modal-Split-Modellen wie Logit-Modellen (als ein Beispiel für ein diskretes Entscheidungsmodell) verglichen mit Ansätzen, die in der Künstlichen Intelligenz (KI) entwickelt wurden und die bislang kaum auf verkehrswissenschaftliche Fragestellungen angewandt wurden. Dies sind neuronale Netzwerke, Fuzzy-Systeme sowie eine Kombination beider Ansätze, sogenannte Neuro-Fuzzy-Systeme.

Es wird geklärt, wie die Methoden der Künstlichen Intelligenz, deren Anwendungsbereich bislang fast ausschließlich auf technische Fragestellungen beschränkt ist, sich auf sozialwissenschaftliche Aufgaben anwenden lassen. Das Hauptunterscheidungsmerkmal von sozialwissenschaftlichen gegenüber technischen Aufgaben besteht in der Einbeziehung von irrationalen Elementen, die notwendigerweise mit menschlichen Entscheidungsprozessen verknüpft sind. Schwerpunkte der vergleichenden Bewertung sind die Abbildung nichtlinearer Effekte wie Verstärkungen, Synergien und Sättigungseffekte.

Die zugrundeliegende Datenbasis [BRÜ95], die 485 Personen umfaßt, ist Teil der „Münchener Umweltstudie 1993“, die am Institut für Soziologie der Ludwig-Maximilians-Universität

Anschrift des Verfassers:
Dr. Joachim Hugo
Rheinsberger Straße 48
10435 Berlin