

Endbericht für SVI 44/00

Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable

A. König
K. W. Axhausen

Arbeitsbericht 110
Verkehrs- und Raumplanung

Oktober 2002

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Begleitgruppe:

Die Kommission, die diese Forschungsarbeit begleitet hat, setzte sich aus den folgenden Mitgliedern zusammen:

- Fritz Kobi, Bau-, Verkehrs und Energiedirektion des Kantons Bern, Bern
- Ruedi Ott, Tiefbauamt der Stadt Zürich
- Benno Singer, Tiefbauamt des Kantons St. Gallen
- Urs Schwegler, Büro für Verkehrsplanung, Fischingen
- Paul Widmer, Büro Widmer, Frauenfeld

Die Forschungsstelle dankt den Mitgliedern für ihre Mitarbeit und ihre wertvollen Anregungen.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Inhaltsverzeichnis | II |
| Tabellenverzeichnis | IV |
| Abbildungsverzeichnis | V |
| Kurzfassung..... | 1 |
| Zusammenfassung für die planerische Praxis..... | 2 |
| Executive summary..... | 4 |
| Résumé pour le practice de projets..... | 6 |
| 1. Ziel..... | 8 |
| 2. Stand von Forschung und Technik..... | 10 |
| 2.1 Grundlagen der Entscheidungsmodellierung..... | 10 |
| 2.2 Neue Messmethoden | 14 |
| 2.3 Die Verlässlichkeit in der Entscheidungsmodellierung | 16 |
| 3. Konzeption der Studie..... | 24 |
| 4. Erhebung | 25 |
| 4.1 Struktur der Befragung..... | 25 |
| 4.2 Inhalte der Fragen..... | 26 |
| 5. Erhebungsstatistik..... | 33 |
| 5.1 Versand und Rücklauf..... | 33 |
| 5.2 Soziodemographie der Stichprobe..... | 35 |
| 6. Ergebnisse..... | 38 |
| 6.1 Datenqualität | 38 |
| 6.2 Allgemeine Einschätzung der Verlässlichkeit | 38 |
| 6.3 Entscheidungsmodellierung..... | 41 |
| 6.4 Wert der Verlässlichkeit | 49 |

7. Schlussfolgerungen und Forschungsbedarf53

8. Literatur54

Anhang:

Versuchspläne

Fragebögen

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Stated Preference Antwortformen: Übersicht | 15 |
| Tabelle 2: Variablen und Ausprägungen, Frage 1 | 27 |
| Tabelle 3: Variablen und Ausprägungen, Frage 2 | 27 |
| Tabelle 4: Variablen und Ausprägungen, Fragegruppe 3 | 28 |
| Tabelle 5: Variablen und Ausprägungen, Fragegruppe 4 (Variante Verkehrsmittelwahl) | 30 |
| Tabelle 6: Variablen und Ausprägungen, Fragegruppe 4 (Variante Routenwahl) | 30 |
| Tabelle 7: Variablen und Ausprägungen, Frage 5 | 32 |
| Tabelle 8: Verkehrsmittelverfügbarkeit und Abonnementbesitz in der Stichprobe | 37 |
| Tabelle 9: Verkehrsmittelverfügbarkeit und Abonnementbesitz im Vergleich | 37 |
| Tabelle 10: Eingeplante Pufferzeiten der Befragten (Frage 1) [min] | 39 |
| Tabelle 11: Schwellenwerte (Frage 2) [min] | 40 |
| Tabelle 12: Einordnung verschiedener Verkehrsmittelmerkmale (Frage 5) | 41 |
| Tabelle 13: Modellfortschritt Routenwahlmodell, Fragegruppe 3 | 43 |
| Tabelle 14: Modellfortschritt Routenwahlmodell, Fragegruppe 4/2 | 43 |
| Tabelle 15: Modellfortschritt kombiniertes Routenwahlmodell, Fragegruppen 3 und 4/2 | 44 |
| Tabelle 16: Modellcharakteristik Routenwahlmodelle | 47 |
| Tabelle 17: Modellcharakteristik Kombinierte Routenwahlmodelle nach Nutzergruppen | 48 |
| Tabelle 18: Modellcharakteristik Verkehrsmittelwahlmodell | 49 |
| Tabelle 19: Versuchsplan, Fragegruppe 3 | 1 |
| Tabelle 20: Versuchsplan Fragegruppe 4 (Variante Verkehrsmittelwahl) | 2 |
| Tabelle 21: Versuchsplan Fragegruppe 4 (Variante Routenwahl) | 3 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Nested Logit Modell mit zwei Entscheidungsstufen | 13 |
| Abbildung 2: Struktur der Befragung | 26 |
| Abbildung 3: Korrelation der Anzahl an Störungen und der Störungsdauer, Fragegruppe 3..... | 29 |
| Abbildung 4: Korrelationen der Anzahl der Verspätungen und deren durchschnittlicher Dauer, Fragegruppe 4..... | 31 |
| Abbildung 5: Rücklauf der Befragung..... | 34 |
| Abbildung 6: Altersstruktur..... | 35 |
| Abbildung 7: Beschäftigungsstruktur | 36 |
| Abbildung 8: Funktion des Wertes für die Verspätungsdauer bei gegebener Verspätungswahrscheinlichkeit von durchschnittlich 41.7% an Werktagen (Kombiniertes Routenwahlmodell, Fragen 3 und 4/2)..... | 50 |
| Abbildung 9: Funktion des Wertes für mittlere Verspätungsdauer (monetäres Routenwahlmodell, Frage 3) | 51 |
| Abbildung 10: Funktion des Wertes für Einsparungen bei der Reisezeit (Frage 3 und 4/2) | 52 |

Endbericht

Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable

A. König, und K. W. Axhausen
IVT
ETH
CH-8093 Zürich

Telefon: +41-1-633 39 52
Telefax: +41-1-633 10 57
eMail: koenig@ivt.baug.ethz.ch

November 2002

Kurzfassung

Die derzeitige Verkehrsmodellierung stützt sich bei der Erklärung von Entscheidungsverhalten zum überwiegenden Teil auf die Einflussgrössen Geld und Zeit. Unbestritten ist heute aber auch, dass das Verhalten durch eine Vielzahl weiterer Einflussgrössen geprägt wird, wie zum Beispiel der Verlässlichkeit der Verkehrssysteme. Um diese Variablen besser einbeziehen zu können, muss deren Bewertung durch die Verkehrsteilnehmer bekannt sein.

Dieser Bericht beschreibt die Konzeption und Durchführung einer Befragung mittels Methoden der Stated Preferences. Mit der Befragung soll die Bewertung der Verlässlichkeit ermittelt werden. Dabei werden verschiedene Ansätze zur Beschreibung dieser Variablen getestet. Zum Einsatz kommen einerseits verschiedene Darstellungsweisen (grafisch, sprachlich, mathematisch) sowie verschiedene Antwortformen der SP-Befragungsmethoden.

Schlagworte

Verlässlichkeit – Verkehrsbefragung – Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI)
– ETH Zürich – Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)

Zusammenfassung

Der planerische Alltag der Verkehrsmodellierung ist heute nach wie vor geprägt durch die Grössen Reisezeit und Fahrtkosten. Sie sind entscheidende Kriterien bei der Beurteilung von Verkehrsinfrastrukturmassnahmen wie Neu- oder Ausbauten und genauso bei der Angebotsgestaltung im Öffentlichen Verkehr. Besonders bei der Fahrplangestaltung wird durch eine Fokussierung auf schnellere Reisezeiten oftmals ausser Acht gelassen, dass es im späteren Betrieb durch kleinste Störfälle oder allein längere Fahrgastwechselzeiten bei erhöhtem Verkehrsaufkommen zu einer starken Verschlechterung der Pünktlichkeitsrate kommen kann. Die hier vorliegende Studie belegt den hohen Einfluss der Verlässlichkeit im Wahlverhalten. Sie zeigt, dass besonders unvorhergesehenen, verspäteten Zielankünften bei der Angebotsplanung aller Verkehrsträger entgegengewirkt werden muss. Gleichzeitig konnte im Rahmen der Untersuchung erstmals für die Schweiz die Einschätzung der Verlässlichkeit von Verkehrsteilnehmern quantifiziert werden. Es konnte also ein Wert der Verlässlichkeit ermittelt werden.

Als Messinstrument wurde ein Fragebogen generiert, dessen Kern drei Stated Preference Experimente bildete. Die Methoden der Stated Preference (SP) wurden gewählt, weil hypothetische Fragestellungen das Entscheidungsverhalten in diesem Fall detaillierter und weniger aufwendig analysieren können als eine Messung durch Beobachtungen. So besteht zum Beispiel zur Schätzung einer Zahlungsbereitschaft für Verlässlichkeit nur die Möglichkeit mit hypothetischen Fragestellungen zu arbeiten. Dies gilt in besonderem Masse für den Schweizer Personenverkehrsmarkt, in dem besondere Zuschläge, abgesehen von der obligatorischen Autobahnvignette, nicht etabliert sind.

Neben den SP Experimenten wurden den Befragten auch herkömmliche Fragen präsentiert. Unter anderem wurde die Bedeutung der Pünktlichkeit im Vergleich zu anderen Eigenschaften von Verkehrsmitteln analysiert. Dabei hat sich gezeigt, dass die Verlässlichkeit nach der Sicherheit eines der wichtigsten Kriterien der Verkehrsmittelwahl darstellt. Die Befragung hat Aufschluss darüber gegeben, wie die Verkehrsteilnehmer die Verlässlichkeit der Verkehrssysteme aufgrund ihrer Erfahrungen einschätzen. So wird, um pünktlich zu einem „wichtigen persönlichen Termin in einer 50 km entfernten Stadt“ zu erscheinen, eine Pufferzeit von durchschnittlich 20 Minuten eingerechnet. Stark abweichende Unterschiede zwischen den Verkehrsmitteln konnten nicht festgestellt werden. Weiterhin zeigt sich, dass mit abnehmender Wichtigkeit des Wegezwecks die Bereitschaft, längere, unvorhergesehene Verzögerungen in Kauf zu nehmen, zunimmt.

Kern der Studie war die Schätzung verschiedener Entscheidungsmodelle, in deren Nutzenfunktion die Verlässlichkeit mit einer oder mehreren Variablen eingeflossen ist. Je nach Fragestellung wurden Routen, bzw. Verkehrsmittelwahlmodelle geschätzt. Dabei ist eine Modellreihe hervorzuheben, deren Datenbasis aus der Kombination zweier SP Fragegruppen zur Routenwahl besteht. Es gelang, ein Modell zu schätzen, dessen Gütemass Pseudo ρ^2 mit 0.633 eine sehr hohe Erklärungskraft hat. Das heisst, dass die Variablen der Nutzenfunktion die Wahlentscheidung für die eine oder die andere Alternative gut beschreiben. Die einflussenden Variablen sind hier vor allem die Fahrzeit, die Verspätungswahrscheinlichkeit, die Verspätungsdauer und der Preis bzw. die zusätzlichen Kosten für die höchste Verlässlichkeit. Den höchsten Einfluss auf die Wahlentscheidung hat hiernach die Verspätungswahrscheinlichkeit. Die soziodemographischen Variablen haben keinen messbaren Einfluss.

Die Modellschätzungen erlauben auch die Monetarisierung der Verlässlichkeit, d.h. die Zahlungsbereitschaft für eine voll verlässliche Route (Verspätungsdauer und Verspätungswahrscheinlichkeit = 0). Allerdings fliessen die entsprechenden Variablen jeweils quadratisch in die Nutzenfunktion ein, so dass kein Wert pro Zeiteinheit gegeben werden kann. Die Funktion steigt bei kleinen durchschnittlichen Verspätungen bis etwa 10 Minuten steil an und flacht danach ab. Bei einer Verspätung von 60 Minuten erreicht diese Funktion einen Wert CHF 34,-. Für ÖV-Benützer liegt dieser Wert geringfügig tiefer als für PW-Fahrer. Für lineare Modelle ergeben sich ähnliche Werte. Als Vergleichsgrösse können entsprechende Werte für Reisezeiten dienen. Diese sind bei ähnlichem Kurvenverlauf etwa 20 % niedriger.

Welchen Stellenwert haben diese Ergebnisse in der planerischen Praxis? Und wie können sie umgesetzt werden? Vor allem die Erkenntnis, dass die Wahrscheinlichkeit einer unvorhergesehenen Verspätung viel grösseren Einfluss auf die Wahlentscheidung besitzt als deren Dauer und die eigentliche Fahrdauer, ist von besonderer Bedeutung für die Fahrplangestaltung. Es zeigt sich, dass ein unsicheres Angebot mit im Idealfall kürzeren Reisezeiten schlechter bewertet wird, als eines mit längeren Reisezeiten aber gesicherten Ankunftszeiten.

Die Ergebnisse zeigen, dass die monetäre Einschätzung der Verlässlichkeit in den heutigen Planungsinstrumenten berücksichtigt werden muss. Besonders bei der Berechnung eines wirtschaftlichen Nutzens und der entsprechenden Kosten einer Massnahme stellen Unzuverlässigkeiten durch unvorhergesehene Reisezeitverlängerungen ein bisher unterschätztes Nutzenpotential dar.

Executive summary

The daily work of demand modelling is focussed on travel time and trip costs. In fact, they are the decisive criteria for the evaluation of traffic infrastructure projects like the upgrading of roads or networks as well as for the planning of public transport services. Especially in terms of schedule construction this focus on shorter travel times ignores the fact, that even small incidents or longer passenger change times at high traffic volumes can lead to very unreliable service and decreasing punctuality rates. This study shows the strong influence of system reliability on the choice behaviour. Especially the time related reliability has to be considered in the demand modelling for the supply planning across all modes. Further, within this study reliability was quantified for the first time in Switzerland.

For measuring the impact of reliability a questionnaire was developed around a kernel of three stated preference experiments. This method was chosen, because hypothetical questions in this context are able to address the research questions in detail. The only way to estimate the willingness to pay for reliability and quantify this value is by asking hypothetical questions. This problem arises particularly in the Swiss context where additional fees are not currently present except for the obligatory annual motorway tax.

In addition to the SP experiments conventional questions were presented to the respondents, among others the importance of punctuality in comparison with other attributes of vehicles. One result was that the reliability is next to safety the most important criterion for mode choice. The survey gave also hints about the evaluation of the reliability of transportation systems based on the respondents experiences. People include a mean buffer time of 20 minutes for an important personal appointment in a town 50 km away. There were only small differences between modes. Further it could be detected that a decreasing importance of the trip purpose of people tolerate longer, non-recurrent delays.

The main part of the study was consisted, as mentioned, of the estimation of different choice models including variables describing the reliability. Depending on the question, different route and mode choice models were estimated. One of the model series was based on the combined data of the two route choice SPs. For the final model of this series we estimated an pseudo ρ^2 -value of 0.633, which shows the high degree of explanation of this model. That means that variables included in the utility function describe the choice between the alternatives very well. The included variables are mainly the travel time, the probability of congestion, the duration of the delay and the price i.e. the additional costs for a 100% reliable jour-

ney. The probability of congestion has the strongest influence on route choice. None of socio-demographic variables had a special impact.

The model estimations allowed to measure the willingness to pay for a route with a 100% certain arrival time. The variables considered entered in quadratic terms into the utility function. So it was not possible to define a constant value in CHF/h. The function increases strongly for short average delays up to ten minutes and then it flattens. An average delay of 60 minutes is valued to CHF 34,-. For public transport users the value is slightly lower than for car drivers. Linear models show similar results. The plausibility is tested by a comparison with the values of travel time savings from the same dataset. These function shows also a similar, but flatter progression. The values are about 20% lower.

What is the importance and the utility of this results for everyday practice? And how to implement them? Especially the recognition, that the probability of a non-recurrent delay has got a higher influence than its duration and the actual trip duration is very important for the construction of schedules. An uncertain supply with shorter trip durations can be assessed as worse than the service with a longer duration but certain arrival times.

In future, the monetary valuation of the reliability has to be implemented in planning instruments. Especially the calculation of economic benefit respectively the estimated costs of infrastructure upgrades needs to be reformulated for the long, because delays caused by uncertain travel times have a big, currently underrated value.

Résumé pour le practice de projets

La planification courante faisant appel aux modèles de transport reste marquée par les valeurs de temps et de coût du déplacement qui représentent les critères déterminants dans l'évaluation des mesures prises au sujet des infrastructures de transport, telles que dans les constructions nouvelles et extensions et de même dans l'aménagement de l'offre des transports publics. En particulier, et dû à une action visant à réduire les temps de déplacement lors de l'aménagement des horaires, il est souvent omis de considérer que, lors de l'exploitation ultérieure, des incidents d'exploitation mineurs ou des temps plus longs comptés dans montée et de descente des usagers des transports publics peuvent mener à une détérioration des taux de ponctualité. La présente étude montre la forte influence de la fiabilité dans le comportement sur le choix de transport. Elle montre que notamment la fiabilité de la durée doit être considérée dans la planification de l'offre pour tous les modes de transport. Par la même occasion, il a été possible de quantifier, pour la première fois en Suisse, l'estimation de la fiabilité de la durée.

Afin de mesurer la fiabilité, un questionnaire a été établi, comportant au centre trois expériences dites de "stated preference". Les méthodes empruntant la "stated preference" (SP) ont été choisies parce que des questions d'ordre hypothétique permettent d'analyser plus en profondeur le comportement dans la décision. Ainsi l'estimation de la prédisposition à payer concernant la fiabilité, soit quantifier cette valeur, n'est possible qu'avec des questions d'ordre hypothétique. Ceci est valable notamment pour le marché suisse des transports de voyageurs, dans lequel les suppléments sur les prix, sauf pour les vignettes automobiles, ne sont pas établis.

En plus d'expériences SP, les personnes interrogées ont été soumises à des questions courantes. Entre autres, à l'analyse de l'appréciation de la ponctualité par rapport à d'autres particularités propres aux moyens de transport. Il s'est révélé que la fiabilité constitue après la sécurité un des critères les plus importants dans le choix du moyen de transport. L'enquête a montré que les usagers des transports jugent la fiabilité des systèmes de transport sur la base de leur propre expérience. Ainsi, afin de se présenter à l'heure à un rendez-vous personnel important dans une ville distante de 50 km, une marge de 20 minutes en moyenne sera prévue. Aucune différence importante selon le moyen de transport n'a été enregistrée. Il y a lieu de constater, qu'avec la diminution de l'importance du déplacement, la prédisposition à prendre en compte des retards imprévus importants augmente.

L'essentiel de l'étude concernait l'estimation de modèles divers de prise de décision, dans la fonction d'utilité desquels la fiabilité est introduite avec une ou plusieurs variables. Selon la question posée, des itinéraires et modèles de choix de moyen de transport ont été estimés. Il y a lieu de mettre en valeur une série de modèles dont la base de données est issue d'une combinaison de deux groupes d'enquêtes sur le choix de l'itinéraire. Un modèle a pu être établi, dont l'indicateur de qualité, Pseudo ρ^2 , est avec 0.633 hautement déterminant. Cela signifie que les variables de la fonction d'utilité décrivent bien le choix fait pour l'une ou l'autre solution proposée. Les variables introduites sont, dans le cas présent, le temps de parcours, la probabilité de retard, la durée du retard et le prix, respectivement les coûts pour une fiabilité maximum. La probabilité de retard a l'influence la plus forte. Les variables socio-démographiques n'ont aucune influence notable.

Les estimations faites à partir de modèles permettent de monétariser la fiabilité, c'est-à-dire la prédisposition à payer pour un itinéraire entièrement fiable. Toutefois, les variables correspondantes sont introduites au carré dans la fonction d'utilité, excluant toute valeur par unité de temps. La fonction est croissante avec de petits retards moyens jusqu'à environ dix minutes et s'aplanie ensuite. Un retard de 60 minutes peut être chiffré à CHF 34.-. Cette valeur est à peine plus faible pour un usager des transports publics que pour un automobiliste. Des valeurs semblables sont fournies par les modèles linéaires. Les valeurs correspondantes des temps de parcours peuvent permettre la comparaison. Celles-ci sont avec un tracé de courbe comparable de 20% inférieures.

Quelle importance revêtent ces résultats concernant la pratique de la planification ? Et comment peuvent-ils être traduits dans les faits ? La constatation surtout, selon laquelle la probabilité d'un retard imprévu exerce une influence bien plus forte sur le choix fait que ne l'exerce sa durée et donc la durée propre de parcours, est d'une signification importante pour l'aménagement de l'horaire. On constate qu'avec des temps de parcours idéalement plus courts, une offre peu fiable est plus mal évaluée qu'une offre avec des temps de parcours plus longs, mais avec des heures d'arrivée fiables.

L'estimation monétaire de la fiabilité doit être dans le long terme prise en compte dans les instruments de la planification. Notamment lors du calcul d'une utilité économique, des coûts correspondants à une décision prise respectivement, les absences de fiabilité dues à des retards imprévus dans les temps de parcours représentent un potentiel d'utilité sous-estimé jusqu'à présent.

1. Ziel

Die erwartete Verlässlichkeit einer Route, eines Verkehrsmittels oder eines Ziels ist eine entscheidende Variable für die Planung eines einzelnen Weges und auch des ganzen Tages. Die Wahl einer Route oder eines Verkehrsmittels wird z.B. durch die Wahrscheinlichkeit pünktlich anzukommen bestimmt. Bei der Wahl eines Zieles wird die Wahrscheinlichkeit berücksichtigt, mit der in der verfügbaren Zeit alle geplanten Aktivitäten wie der Einkauf bestimmter Produkte durchgeführt werden können.

Trotz des offensichtlichen Einflusses der Verlässlichkeit wird sie in den seltensten Fällen in Verkehrsmodellen berücksichtigt. Diese Vernachlässigung hat substantielle Folgen für das verkehrspolitische Handeln und das Handeln der Anbieter von Dienstleistungen. Bei der Dimensionierung von Strassen führt sie tendenziell zur Unterdimensionierung, da sowohl die zusätzlichen Kosten unvorhergesehener Reisezeitverlängerungen bei den Kosten-Wirksamkeitsbetrachtungen fehlen als auch die positive Bewertung rechtzeitiger Ankünfte. Im Öffentlichen Verkehr führt sie zu einer Überbetonung der Geschwindigkeit, so dass ein Betrieb zu stark in neue Trassen investieren könnte, statt besser Fahrzeugreserven und Zugführerreserven vorzuhalten, oder dass er Fahrpläne übertrieben eng gestaltet, um niedrige, aber unzuverlässige Fahrzeiten zu erzielen.

Ohne die Bedeutung der Verlässlichkeit bei der Entscheidungsfindung genau zu kennen und ohne deren Berücksichtigung in Planungsinstrumenten, wird in der Praxis seit vielen Jahren versucht, die Verlässlichkeit von Verkehrsträgern und bestehenden Strecken nachträglich zu berücksichtigen. Dies geschieht zum Beispiel durch den Einsatz kollektiver Informationssysteme im Strassenverkehr, individueller Navigationssysteme, Haltestelleninformationssysteme und ähnlicher Systeme.

Allerdings verschärft sich das grundlegende Problem der Verlässlichkeit, hervorgerufen durch den Wunsch nach Fahrzeitreduktionen mittels höherer Geschwindigkeiten bei wachsender Verkehrsnachfrage. Dieses Problem ist, wie angedeutet, noch nicht in der notwendigen Tiefe geklärt.

Eines der wichtigsten Merkmale der Verlässlichkeit ist die tägliche Variabilität der Reisezeit. Diese Varianz beschreibt die zufällige Veränderung der Reisezeit. Dabei ist als Normalfall oder Mittelwert nicht zwingend die Reisezeit im unbelasteten System zu sehen. Dieser Wert

bezieht sich immer auf den durchschnittlichen Systemzustand zu vergleichbaren Situationen., So weist die verlängerte Reisezeit im morgendlichen Berufsverkehr gegenüber einer nächtlichen Fahrzeit ja trotzdem eine verlässliche Dauer auf. Das heisst, die Verlässlichkeit verringert sich erst dort, wo der Reisende nicht mit Bestimmtheit seine exakte Ankunftszeit vorher-sagen kann.

Der Hauptgrund für diese Vernachlässigung ist die Schwierigkeit der Messung der Verlässlichkeit. Das Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) hat auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI) den Auftrag Nr. 44/00 des Bundesamtes für Strassen (ASTRA) mit der Zielsetzung durchgeführt, verschiedene Ansätze zur Darstellung der Verlässlichkeit zu testen und deren Beurteilung durch die Verkehrsteilnehmer zu analysieren. Es sollten Ansätze beschrieben werden, die die Berücksichtigung entsprechender Variablen in der Entscheidungsmodellierung erlauben. Zuletzt sollte der Wert der Verlässlichkeit monetär beschrieben werden.

2. Stand von Forschung und Technik

2.1 Grundlagen der Entscheidungsmodellierung

Grundsätzlich stellt ein Modell die Abbildung eines realen, natürlichen Systems dar. Allerdings besitzen die meisten dieser Systeme eine äusserst komplexe Struktur, vgl. Bossel (1994). Das menschliche Verhalten zum Beispiel wird durch eine sehr grosse Zahl von Faktoren wie Umwelteinflüssen, persönlichen Präferenzen usw. bestimmt. Diese Faktoren wirken nicht nur auf das Verhalten, sondern besitzen zusätzlich Abhängigkeiten untereinander. Zusätzlich spielt die Dynamik eine wesentliche Rolle, denn derartige Systeme sind über die Zeit variabel und die Menschen, die das System benützen, sind lernfähig.

Idealerweise müssen in Modellen sämtliche Faktoren Berücksichtigung finden, die auf das modellierte, reale System Einfluss ausüben. Die angesprochene Komplexität dynamischer Systeme erzwingt aber eine Reduktion der Faktoren auf eine für die jeweilige Fragestellung sinnvolle Anzahl.

Ein Modell sollte nach Steierwald und Künne (1994) die folgenden Bedingungen erfüllen, um als Werkzeug einen praktikablen Einsatz zu gewährleisten:

- Ein Modell muss massnahmeempfindlich sein, d.h. die Reaktion des Modells auf die Wirkungen der zu untersuchenden Massnahmen in Form von Variablenänderungen muss zuverlässig die gegebene bzw. zu erwartende Situation nachbilden.
- Die Modellstruktur muss sowohl inhaltlich als auch im Aufbau logisch sein, um letztlich Widersprüche in den Ergebnissen zu vermeiden.
- Um die Vorteile des Hilfsmittels „Simulation“ nutzen zu können, sollte die Anwendung möglichst schnell und gut handhabbar sein.
- Struktur und Ergebnis müssen so ausgelegt sein, dass der Aufbau und vor allem das Ergebnis transparent ist und jederzeit die Möglichkeit der Kontrolle gegeben ist.

Die heute gebräuchlichsten Modellansätze im Bereich von Wahlentscheidungen gehen von der These aus, dass die Entscheidungen im täglichen Leben immer zwischen klar zu unterscheidenden Alternativen stattfinden. Dies ist ganz allgemein der Fall bei jedem alltäglichen Kauf wie Lebensmittel, Elektrogeräte, etc. Hier werden die Vorzüge und Nachteile der einzelnen Typen abgewogen und sich für das eine oder andere Produkt entschieden. Genauso

wie bei unserer Freizeitgestaltung oder auch der Verkehrsmittelwahl bei der Fahrt zum Arbeitsplatz. Natürlich kommen bei diesen Wahlentscheidungen neben den faktischen Eigenschaften der Alternativen auch Faktoren wie persönliche Vorlieben, Image oder Markennamen bei der Wahl zum Tragen. Alle diese Entscheidungen sind aber grundsätzlich Entschlüsse für eine aus einer Reihe diskreter Alternativen.

Die Anwendung diskreter Entscheidungsmodelle ist inzwischen in allen Bereichen der Verkehrsplanung etabliert. Erste Ansätze erarbeiteten Domencich und McFadden (1975) sowie Ben-Akiva und Lerman (1987). Eines der gebräuchlichsten Modelle ist das Logit Modell. Grundsätzlich wird dabei der subjektive, individuelle Nutzen der Alternative berechnet, wobei die Entscheidung zu Gunsten der Alternative fällt, die den höchsten Nutzen aufweist. In diesem Zusammenhang wird auch von ökonomischen Nutzenmodellen gesprochen. Dabei wird ein rationelles, objektives Handeln der Verkehrsteilnehmer vorausgesetzt.

Es wird also angenommen, dass jeder Verkehrsteilnehmer umfassend über alle Alternativen informiert ist. Dies betrifft zum Beispiel die zur Wahl stehenden Ziele, alle zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel (inklusive deren Fahrplandaten, Reisezeiten, Fahrzeugabstellmöglichkeiten, der entsprechenden Kosten u.a.) oder der lückenlose Überblick über das nutzbare Wege- bzw. Liniennetz.

Diese Annahme ist insofern problematisch, als dass jede Person naturgemäß nur einen Ausschnitt der Alternativen und ihrer Eigenschaften kennt. Das Verhalten basiert auf dem persönlichen Informationsgrad, der von Person zu Person stark differiert. So sind zum Beispiel die Verkehrsteilnehmer unterschiedlich über das Angebot im ÖPNV informiert. Um dies zu berücksichtigen, muss der objektive Nutzen einer Variante um einen zufälligen Betrag erweitert werden, der für jede Person, Alternative und Situation spezifisch ist. Dieser Betrag ist aus Sicht der aussenstehenden Beobachter zufällig. Aktuelle Situationen, wie sich ständig ändernde Netzzustände, können von den Verkehrsteilnehmern mangels Informationen nur in geringem Masse bei ihren Wahlentscheidungen berücksichtigt werden.

Deshalb setzt sich der in das Modell einflussende Nutzen aus zwei Teilen zusammen, vgl. Ortuzar und Willumsen (1994):

- Ein messbarer, systematischer Teil V_{jq} , der den Wert des objektiven Nutzens der Alternative j für die Person q darstellt
- Ein zufälliger Anteil oder Fehler ϵ_{jq} , der V_{jq} hinsichtlich Individualität der Verkehrsteilnehmer und möglicher Mess- und Beobachtungsfehler korrigiert

Der Nutzen U_{jq} ergibt sich aus:

$$U_{jq} = V_{jq} + e_{jq}$$

Allerdings variiert der messbare Nutzen V_{jq} gemäss der Eigenschaften der Alternative, den individuellen Eigenschaften der Personen selbst und der Entscheidungssituation. Der Systematische Nutzenanteil hat deshalb drei Teile:

$$\begin{aligned} V_{jq} = & \mathbf{a}_{jq} + \sum_{m=1}^{m=n'} \mathbf{b}_{mjq} X_{mjq} + \\ & + \sum_{k=n'+1}^{k=n''} \mathbf{b}_{kjq} S_{kjq} + \\ & + \sum_{l=n'+1}^{l=n} \mathbf{b}_{ljq} E_{ljq} + \end{aligned}$$

mit:

X_{mjq} : Eigenschaften m der Alternative j für Person q

S_{kjq} : Eigenschaften k der Entscheidungssituation der Person q für Alternative j

E_{ljq} : Eigenschaften l der Person q hinsichtlich Alternative j

Logit Modelle werden im allgemeinen mit der Maximum-Likelihood-Methode geschätzt. Dabei handelt es sich um ein Verfahren, das die Parameter des Entscheidungsmodells so bestimmt, dass die beobachteten Entscheidungen mit grösster Wahrscheinlichkeit reproduziert werden. Ein Mass für die Güte eines Modells, das mittels Maximum-Likelihood-Methode geschätzt wurde, ist das r_0^2 , definiert als:

$$r_0^2 = 1 - \frac{\ln L(\hat{\beta})}{\ln L(0)}$$

mit

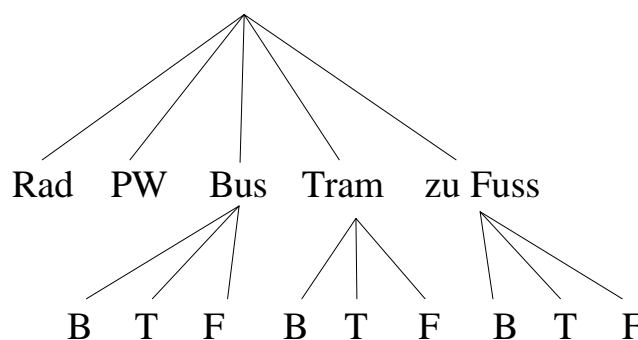
$L(\hat{\beta})$: Wert der Loglikelihoodfunktion bei geschätztem Parametersatz $\hat{\beta}$

$L(0)$: Wert der Loglikelihoodfunktion mit dem Nullmodell, d.h. alle $\beta = 0$

Eine wichtige Eigenschaft von Logit Modellen sei an dieser Stelle noch erwähnt: Betrachtet man das Verhältnis der Auswahlwahrscheinlichkeiten zweier Alternativen, bleibt dieses unabhängig von Verfügbarkeit und Charakteristik eventueller anderer Alternativen immer gleich. Man spricht in diesem Zusammenhang von der *Independence from Irregular Alternatives (IIA)*. Als klassisches Beispiel findet man in der Literatur immer wieder das „Roter Bus – blauer Bus – Paradoxon“, z.B. Ben-Akiva und Lerman (1987). Diese Eigenschaft begrenzt das Einsatzspektrum des Logit Modells.

Einfache Logit Modelle implizieren, dass jede Entscheidung für sich steht und von anderen möglichen Entscheidungen unabhängig ist. Diese Annahme ist allerdings in vielen realen Situationen nicht haltbar, da die subjektiven Nutzelemente von Alternativen mit einander korrelieren. Beispiele sind verschiedene ÖV-Verkehrssysteme oder sequentielle Entscheidungen, wie aufeinander folgende Zielwahlen im Laufe eines Tages. Aus diesem Grund kann es zweckmässig sein, mehrdimensionale Entscheidungsmodelle wie Nested Logit Modelle zu schätzen. Dieses Modell stellt eine Verallgemeinerung des Logit Modells dar. Dabei wird die Schätzung mehrerer Entscheidungen sequentiell in einzelne Teile zerlegt. Die Struktur zeigt Abbildung 1 beispielhaft für die Verkehrsmittelwahl innerhalb einer Wegekette. Fällt die Wahlentscheidung für das Verkehrsmittel des ersten Weges zu Gunsten des ÖV, besteht danach in der Regel nicht mehr die Möglichkeit, für den zweiten Weg den mIV in die Wahlentscheidung einzubeziehen. Im Nested Logit Modell werden nun die Wahlentscheidungen von Weg zu Weg innerhalb einer Kette jeweils neu generiert, wobei die Wirkungen späterer Wahlmöglichkeiten übernommen bzw. mitgeführt werden.

Abbildung 1: Nested Logit Modell mit zwei Entscheidungsstufen



Weiterführende Literatur zur Entscheidungsmodellierung findet man zum Beispiel in Ben-Akiva und Lerman (1987), Ortuzar und Willumsen (1994) oder Maier und Weiss (1990).

2.2 Neue Messmethoden

In den letzten Jahren sind zur Kalibrierung von Modellen vor allem im Marketingbereich neue Erhebungsmethoden eingeführt worden. Dabei wird nicht mehr wie in herkömmlichen Befragungen zurückliegendes Verhalten erhoben, sondern den Probanden hypothetische Situationen geschildert, in denen Entscheidungen zu treffen sind. Man unterscheidet die Messungen nach diesem Kriterium entsprechend in Revealed Preference (RP) und Stated Preference (SP) Befragungen, vgl. Axhausen (1989).

Wie ist es zu diesem Ansatz gekommen? RP-Befragungen sind seit langem etabliert. Es gibt Standards für den Entwurf der Fragebögen und gut ausgearbeitete Korrektur- und Gewichtsungsverfahren. Man kann auf eine grosse Erfahrung bei der Generierung der Fragebögen und der Analyse zurückgreifen. Diesen Stärken stehen jedoch einige in Teilen erhebliche Schwächen entgegen. So beobachtet man auf der personellen Ebene oft kaum variierende Einflussgrössen. Um das ganze Spektrum möglicher Verhaltensweisen zu erfassen, ist eine äusserst grosse Stichprobe erforderlich. Dies führt zu oftmals hohen Erhebungskosten, obwohl die einzelnen Beobachtungen günstig sind.

Stated Preference Befragungen können kleiner angelegt werden. Der Entscheidungsraum kann gezielt und systematisch abgefragt werden. Das bedeutet auch, dass schwächere Einflussgrössen besser untersucht werden können. Und vor allem wichtige Grössen wie Reisezeit und Preis können getrennt von einander variiert werden, denn diese Variablen können in RP-Daten stark mit einander korrelieren.

Darüber hinaus gibt es Bereiche bzw. Verhaltensweisen, die durch RP-Befragungen gar nicht erfasst werden können. Dies betrifft zum Beispiel die Einführung eines neuen Verkehrsangebotes also die Erweiterung eines Fahrplans oder den Neubau einer Verkehrsanlage. In solchen Fällen muss im Vorfeld auf hypothetische Märkte ausgewichen werden.

Aber natürlich haben hypothetische Fragestellungen auch Nachteile. Dies betrifft insbesondere die Problematik einer Diskrepanz zwischen durchgeführtem und künftig möglichem Verhalten. Ebenso fehlen derzeit Standardformate für Fragebögen. Hier muss auf die teilweise noch jungen Erfahrungen in diesem Bereich zurückgegriffen werden.

Fragetypen der SP-Methodik

Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass die beschriebenen Situationen für die Befragten auch vorstellbar sind. Das bedeutet vor allem, dass die Ausprägungen der Entscheidungsvariablen nicht zu realitätsfern sein dürfen. Andernfalls wird die Studie an sich in Frage gestellt und die Antwortqualität sinkt.

Wenn man von Stated Preference Befragungen spricht, muss man berücksichtigen, dass der Name in der Literatur sowohl als Oberbegriff für hypothetische Fragestellungen genutzt wird, als auch für einen bestimmten Fragestil innerhalb dieser Thematik.

Man unterscheidet im allgemeinen vier Antworttypen. Tabelle 1 gibt einen Überblick.

Tabelle 1: Stated Preference Antwortformen: Übersicht

| Antwortformen | Skalentyp | Übliche Anzahl von Alternativen je Situation | Anzahl auswertbarer Beobachtungen/Entscheidungen je Situation |
|-------------------|-----------|--|---|
| Transfer Pricing | Intervall | 2 | 1 |
| Stated Preference | Intervall | 1 | 1 |
| Stated Choice | Ordinal | 2 - 5 | 1 |
| Stated Ranking | Ordinal | 5 - 12 | 3 - 5 |

Quelle: Axhausen, Bogner, Herry, Verron, Volkmar, Wichmann und Zumkeller (1996)

Unter Transfer Pricing versteht man eine Frageform, bei der die Befragten einen Grenzbetrag angibt bis zu, bzw. ab dem sie bereit wären, ein Angebot oder ein Gut zu nutzen. In der Regel handelt es sich dabei um Geldbeträge. Es kommen aber genauso auch andere Kosten wie die Zeit oder subjektive Werte in Betracht.

Bei der Antwortform Stated Preference soll der Befragte eine geschilderte Situation auf eine Skala bewerten. Dabei können sowohl Werteskalen wie z.B. Schulnoten als auch subjektive Skalen (z.B. von wichtig bis unwichtig) zum Einsatz kommen.

Eine relative simple Antwortform stellt der Typ Stated Choice dar. Hier muss der Befragte lediglich zwischen zwei oder mehr Alternativen auswählen. Das hat allerdings den Nachteil, dass jede einzelne Situation relativ wenig auswertbare Information erzeugt.

Stated Ranking bezeichnet eine Antwortform, bei der der Befragte mehrere beschriebene Situationen in eine Rangfolge bringen soll. Dieser Typ kann durch die praktisch zeitgleiche Information über alle Situationen schnell zu kompliziert werden, bietet aber in der Analyse sehr gute Interpretationsmöglichkeiten. Die Situationen können entsprechend alle mit einander in Relation gesetzt werden.

Darüber hinaus besteht natürlich die Möglichkeit diese Grundtypen mit einander zu mischen, was die Methode für viele Fragestellungen äusserst flexibel macht. Genauso lassen sich auch RP und SP Fragen kombinieren. Dieser Vorzug kann insbesondere in mehrstufigen Befragungen genutzt werden. Der Vorteil dabei ist, dass dem Befragten in den nachgeschalteten SP-Experimenten Situationen aus seinem Alltag, also dem bekannten Umfeld geschildert werden können. Dabei werden entsprechend die Entscheidungsvariablen variiert.

2.3 Die Verlässlichkeit in der Entscheidungsmodellierung

2.3.1 Modell- und Begriffsentwicklung

Seit vielen Jahren wird immer wieder die These aufgestellt und belegt, wie wichtig die Verlässlichkeit als Variable für Wahlentscheidungen ist. Neben dieser Studie findet man bei Noland und Polak (2001) einen umfangreichen Überblick zu den bislang geleisteten Forschungen in diesem Bereich. Erste Studien befassten sich bereits vor zwanzig und mehr Jahren mit der Thematik wie Prashker (1979). Damals wurden Variationen der Reisezeitvariablen Fahrzeit, Parksuchzeit und Haltestellenwartezeit beschrieben. Die Ausprägungen wurden in Abweichungen von Tag zu Tag in Minuten präsentiert. Dabei wurde festgestellt, dass die Verlässlichkeit von Wartezeiten und Parkplatzsuche mit wesentlich höheren Faktoren in die Entscheidung einfließen, als eine zuverlässige Reisezeit.

Ein wichtiger Punkt für die Messung der Verlässlichkeit, der in diesem Zusammenhang immer wieder erwähnt wird, ist die Definition der Verlässlichkeit. Insbesondere bei der zeitlichen Verlässlichkeit sind Verspätungen und Unpünktlichkeiten nicht zwingend eine Art der Unzuverlässigkeit. Sobald diese prognostizierbar sind wie etwa im morgendlichen Arbeitsverkehr, können sie nicht mehr als unzuverlässig eingestuft werden.

Der Grad der Verlässlichkeit im engeren Sinn wird zu einem Grossteil aus zufälligen, also nicht prognostizierbaren Veränderungen einer in jeder Situation spezifisch zu definierenden Normalität bestimmt.

Prashker (1979) konzentriert sich wie die meisten anderen frühen Studien auf die tägliche Variabilität der Reisezeit. Diese tägliche Varianz beschreibt auch eines der wichtigsten Merkmale der Verlässlichkeit. Es ist die zufällige Veränderung der Reisezeit. Dabei ist als Normalfall oder Mittelwert nicht zwingend die Reisezeit im unbelasteten System zu sehen. Diese Referenzzeit bezieht sich immer auf den durchschnittlichen Systemzustand zu vergleichbaren zeitlichen Situationen, denn die verlängerte Reisezeit im morgendlichen Berufsverkehr gegenüber einer nächtlichen Fahrzeit bietet ja trotzdem eine verlässliche wenn auch längere Reisezeit. Das heisst die Verlässlichkeit verringert sich erst dort, wo der Reisende nicht mit Bestimmtheit seine exakte Ankunftszeit vorhersagen kann. Aus diesem Grund bietet der Strassenverkehr die meisten Ansatzpunkte für Unzuverlässigkeiten. Hier ist die Wahrscheinlichkeit von unvorhergesehenen betrieblichen Störungen durch Unfälle zum Beispiel, die zu Kapazitätsengpässen und damit zu veränderten Reisezeiten führen, die wesentlich höher sind als bei anderen Verkehrsträgern. Motorisierter Individualverkehr und öffentlicher (Strassen-) Verkehr sind hier gleichermassen betroffen.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass es natürlich auch positive, unerwartete Variationen der Reisezeit gibt. Nämlich dann, wenn sich der Reisende zum Beispiel zur Spitzenstunde in einem hoch belasteten Netz bewegt, mit einer langen Reisezeit rechnet und dann doch schneller als erwartet sein Reiseziel erreicht. Auch zu diesem Phänomen gibt es Untersuchungen. Gaver (1968) hat erkannt, dass derartige Reisezeitgewinne in den meisten Fällen nicht genutzt werden können und deshalb von Verkehrsteilnehmern auch nicht besonders hoch bewertet werden. Deshalb ist die unerwartete Reisezeitverlängerung eben nicht ein Teil der Reisezeit, der einfach in die Kosten oder in den Wert der Reisezeit eingeschlossen werden kann. In Realität wird diese Zeitspanne dadurch, dass Sie zufällig ist und in Abhängigkeit von ihrem Vorzeichen anders wahrgenommen. Reisenden wird bei der Zeitkalkulation unterstellt, dass sie genügend Pufferzeit einplanen, um verlässlich zur gewünschten Zeit am Ziel sein zu können.

Ein anderer Ansatz ist, dass man zwischen risikofreudigen und sicherheitsbewussten Personen unterscheiden muss. Für die Modellierung bedeutet das, dass eine Verteilung um eine mittlere Reisezeit angenommen werden muss, vgl. Jackson und Jucker (1981). Polak (1987) sowie Senna (1994) haben versucht, diesen Punkt in Entscheidungsmodellen zu berücksichtigen.

Betrachtet man Modelle, die Reisezeiten mit eingeplanten Pufferzeiten beschreiben, gelangt man zwangsläufig zu Entscheidungsmodellen der Abfahrtszeit. Small (1982) definiert den Nutzen der Reisezeit zu einer bestimmten Abfahrtszeit mit den folgenden Variablen: Effektive Reisezeit, unerwartete eingesparte Reisezeit, unerwartete zusätzliche Reisezeit und einen zusätzlichen allgemeinen Faktor bzw. Fehlerterm für eine Verspätung. Small hat dabei herausgefunden, dass bei der Wahl der Abfahrtszeit die Pufferzeit stärker als die Reisezeit an sich in die Entscheidung einfließt und die Verspätungsdauer den geringsten Einfluss ausübt.

Die Wahl der Abfahrtszeit ist insbesondere im motorisierten Individualverkehr abhängig von der Belastung im Netz. Dies führt bei den meisten Befragungen dazu, einen Weg im morgendlichen Berufsverkehr in das Zentrum der Wahlentscheidung zu stellen. Bei fahrplangestützten Reisen scheint die Netzbelastung nicht eine derart ausschlaggebende Rolle in der Wahl der Abfahrtszeit zu spielen. Hier wird dem Reisenden eine exakte Ankunftszeit mitgeteilt, auch wenn diese durch die persönlichen Erfahrungen relativiert wird, vgl. Noland (2000).

Eine Weiterentwicklung der Modelle von Gaver (1968) und Small (1982) schlagen Noland und Small (1995) vor. Dabei werden die Variablen effektive Reisezeit, unerwartete eingesparte Reisezeit und unerwartete zusätzliche Reisezeit in so fern verändert, dass der Nutzen nicht aus den erfahrenen Zeiten berechnet wird sondern aus den vor Fahrtantritt erwarteten Zeiten. Zusätzlich enthalten diese Modelle auch einen Term, der die allgemeine Verspätungswahrscheinlichkeit berücksichtigt.

Für die Berechnung der einzelnen Terme sind die Annahmen über die Verteilung der Reisezeiten von zentraler Bedeutung. Mehrere Studien haben in diesem Zusammenhang unterschiedliche Ergebnisse gefunden: Giuliano (1989) hat für Verspätungen, die auf Störungen durch Verkehrsunfälle basieren eine, Log-Normalverteilung ermittelt, während Noland und Small (1995) bei ihren Schätzungen eine Exponentialverteilung zu Grunde gelegt haben. Es gibt aber auch Beispiele für lineare Ansätze wie bei Jackson und Jucker (1981) und auch Polak (1996). In die Berechnung der zu erwartenden Kosten eines Weges fließt hier die Varianz der Reisezeit linear ein. Eine derartige Vereinfachung hat entsprechende Vorteile in der Handhabung des Modells. Je nach Untersuchungsgegenstand und Anspruch an die Abbildungsgenauigkeit des Modells kann dieser Ansatz vollkommen ausreichend sein. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn Systeme tendenziell weniger anfällig sind bzw. eine relativ kleine Varianz der Reisezeit besitzen. Hierzu kann man in der Schweiz grössten Teils spurgeführte Systeme mit eigener Verkehrsfläche zählen. Zusätzlich werden bei diesen Systemen festgelegte Abfahrts- und Ankunftszeiten und Bedienungsintervalle kommuniziert. Deren diskrete

Schritte beeinflussen natürlich die Wahl der Abfahrtszeit und entsprechend die gewünschte Ankunftszeit, wobei die Berücksichtigung der Verlässlichkeit in den Hintergrund tritt.

Doch die Realität ist weit komplexer. Die Einführung der Verlässlichkeit in die Modellierung wie auch in die Darstellung bei der Messung kann an vielen Stellen davon unabhängig erfolgen, ob Verkehrsmittel nach Fahrplan operieren oder kontinuierlich verfügbar sind. Eine Störung, die zur Veränderung der Reisezeit bzw. zu einer Verschiebung der Ankunftszeit führt, kann vor Antritt oder während der Reise eintreten. Und eine verspätete Abfahrt bedingt nicht zwangsläufig eine spätere Ankunft. Bei langen Zugläufen können unterwegs Verspätungen eingefahren werden, die bis zum Erreichen des Reiseziels wieder aufgeholt werden. Insbesondere im mIV bleibt natürlich der klassische Fall der Unzuverlässigkeit der, dass trotz Einhalten der Wunschabfahrtszeit, die sich letztlich durch die Wunschankunftszeit definiert, das Ziel nicht pünktlich sondern zu spät oder auch zu früh erreicht wird. Um diese Problematik zu berücksichtigen schlagen Bates, Polak, Jones und Cook (2001) vor, einen Term für die absolute Zeitdifferenz zwischen aktueller und vor Antritt der Reise prognostizierter Ankunftszeit einzuführen und zwar sowohl für verspätete als auch verfrühte Ankünfte.

Die beschriebenen, möglichen Erscheinungsbilder der Unzuverlässigkeit beziehen sich vor allem auf direkte Verbindungen. Im mIV ist dies üblich, während im öffentlichen Verkehr eine gebrochene Transportkette wahrscheinlicher ist. Entsprechend muss streng genommen die Verlässlichkeit auch differenzierter einbezogen werden. Der Rahmen gegenüber Reisen ohne Umsteigevorgänge bleibt zwar derselbe. Letztlich hat auch hier die rechtzeitige Ankunft das höchste Gewicht. Sie ist abhängig von der Zuverlässigkeit der jeweiligen benutzten Verkehrsmittel der Transportkette, der fahrplanmässigen Umsteigezeiten, die die Unpünktlichkeit des vorherigen Verkehrsmittels evtl. kompensieren, sowie der Bedienungshäufigkeit des folgenden Verkehrsmittels, vgl. Bates *et al.* (2001).

Die geschilderten Betrachtungen beziehen sich jeweils auf die Verlässlichkeit des Verkehrssystems für eine Reise auf einer bestimmten Route. Dabei wird ausser Acht gelassen, dass in engmaschigen Netzen für die Reisenden durchaus die Möglichkeit besteht, auf eine Alternativroute auszuweichen. Das zeigt, dass die Verlässlichkeit des Gesamtsystems wiederum von der Zahl der Alternativen, also letztlich von Dichte des Netzes abhängt, vgl. Hall (1993).

2.3.2 Empirische Studien

Neben diesen theoretischen Überlegungen gibt es eine Reihe empirischer Untersuchungen, die die Verlässlichkeit thematisiert oder berücksichtigt haben. Viele Untersuchungen haben im Laufe der Zeit die Problematik der Verlässlichkeit erkannt. In Befragungen und Modellierung wurde versucht, diese als Teilaspekt einfließen zu lassen. In jeder Hinsicht konkrete bzw. befriedigende Lösungen für Messung und Implementierung in Modelle wurden bisher nicht gefunden.

Dabei kann man zunächst eine Reihe verschiedener Messmethoden bzw. Präsentationsformen feststellen. Eine US amerikanische Studie, deren Basis eine fünfteilige Stated Preference Befragung mit 564 Personen war, hat das Routenwahlverhalten bei variierenden Reisezeiten und variierender Fahrtinformation untersucht, vgl. Abdel-Aty, Kitamura und Jovanis (1995). Ähnlich wie Jackson und Jucker (1981) zuvor hat man für die Wahlentscheidung einer zuverlässigen Route eine im unbelasteten Zustand schnellere, aber unzuverlässige Route mit möglichen Verspätungen bis zu 20 Minuten gegenübergestellt. In die Entscheidungsmodellierung sind zusätzlich berichtete Revealed Preference Daten eingeflossen. Die Studie belegt, dass die Methode in diesem Kontext vollkommen ausreichend ist. Die Untersuchung zeigt ebenfalls das hohe Gewicht der Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable bei der Routenwahl.

Weitere Studien basieren fast ausschliesslich auf SP-Befragungen, die zur Präsentation und Messung des Wertes der Verlässlichkeit herangezogen werden, wie zum Beispiel auch in jüngster Zeit mehrere englische Studien. Die Verlässlichkeit stand hier direkt im Mittelpunkt der Untersuchung, vgl. Bates (2000) und Cook, Jones, Bates und Haight (2000).

Bates (2000) schlägt zur weiteren Evaluation der Verlässlichkeit und für deren Berücksichtigung in Entscheidungsmodellen die folgenden drei Punkte vor:

- Eine klare Situationsbeschreibung in SP-Befragungen, insbesondere Erklärung der Reisezeitvariationen und wie sie in der jeweiligen Situation zustande kommen.
- Die Verteilung der Variablenausprägungen soll möglichst gleichförmig sein und vorwiegend gleich wahrscheinliche Ausprägungen besitzen.
- Dargestellte Verspätungen sollen sich direkt auf die bevorzugte Ankunfts- bzw. Abfahrtszeit beziehen.

Cook *et al.* (2000) untersuchten in welcher Weise ÖV-Benutzer die Pünktlichkeit der Unternehmen wahrnehmen. Den Teilnehmern wurden dazu typische Verspätungsverteilungen präsentiert, aus denen die akzeptabelste auszuwählen war.

Abkowitz (1981) hat in einer Studie auf der Basis von Befragungsdaten aus der San Francisco Bay Area die Verlässlichkeit und deren Einfluss im Kontext von Arbeitswegen untersucht. Die nachgeführte Entscheidungsmodellierung belegte einen entscheidenden Einfluss entsprechender Variablen, insbesondere bei Modellen, die die Wahl der Abfahrtszeit beschreiben.

Eine weitere wichtige Erkenntnis ist, dass die auf die Verlässlichkeit bezogenen Abfahrtszeitvariablen nicht oder nur in geringem Masse mit anderen erklärenden Variablen herkömmlicher Modelle wie der Fahrzeit korrelieren. Bei einer Kombination von Verkehrsmittelwahlmodellen und Abfahrtszeitwahlmodellen konnten mit Nested Logit Modellen besonders hohe Modellgüten erzielt werden. Die Studie kommt letztlich zu dem Schluss, dass gerade bei Nichtarbeitswegen der Einfluss der Verlässlichkeitsvariablen auf die Modellgüte durch die Datenqualität bestimmt wird, d.h. der Wahl der Messmethode eine primäre Bedeutung zu kommt.

Neben der Wahl der Abfahrtszeit bildet die Routenwahl den grössten Schwerpunkt zur Bestimmung von Verlässlichkeitsparametern in der Entscheidungsmodellierung. Abdel-Aty *et al.* (1995) legten den Teilnehmern einer Stated Preference Befragung pro Experiment zwei Routen mit durchschnittlichen Reisezeiten und Abweichungen davon an einem Tag pro Woche vor. Die geschätzten Logit Modelle ergaben für die entsprechende Kombination der beiden Variablen, die Standardabweichung der Reisezeit, kleine, negative Parameterwerte, die aber durchweg signifikant waren.

Ein weiteres Beispiel liefert Noland (1999). Hier wurde die Verteilung der Reisen in einem Netz mit zwei Routen gemessen. Mit Zunahme der Reisezeitvariabilität konnten Verlagerungen im Netz und geänderte Abfahrtszeiten festgestellt werden. Lo (2001) hat ebenfalls ein Modell generiert, das ein gesamtes Netz und die Reisezeitvariationen darin berücksichtigt. Dabei wurde versucht, die Reisezeiten im Netz unter Beachtung einer minimierten Variabilität der Streckenkapazitäten so zu optimieren, dass sich ein stochastisches Nutzergleichgewicht bei einbezogenen Budgetrestriktionen einstellt.

Viele Studien haben versucht, die Verlässlichkeit auch zu monetarisieren. Für unerwartete Verspätungen wird bei Abkowitz (1981) ein Wert von etwa 40 Franken pro Stunde ermittelt.

Ähnliche Werte ergeben sich auch in einer schwedischen Studie von Hultkrantz (2001). Hier hat man allerdings auch festgestellt, dass der Wert unerwartet eingesparter Zeit nur etwa halb so hoch ist. Wichtige Einschränkungen solcher Zahlen macht aber auch diese Studie klar: Diese Zahlen hängen stark von der Gesamtreisezeit ab. Bei dem Bestreben nach Fahrzeitreduktionen und geringerer Variationen der Fahrzeit werden Veränderungen unter 10 Minuten durch die Verkehrsteilnehmer nur selten als relevant empfunden. Das heisst, sie werden in der Entscheidungsfindung nur untergeordnet berücksichtigt.

Eine noch junge Studie zur Evaluation eines Wertes für Verlässlichkeit wurde 1998 in Kalifornien durchgeführt, vgl. Small und Yan (2000). Auch hier wurden monetäre Werte in der selben Grössenordnung (ca. 37,- sFr) gefunden. Dabei wurde versucht, sowohl einen Value of Time (VoT) als auch einen Value of Reliability (VoR) zu schätzen. Dies geschah mittels Schätzung verschiedener Entscheidungsmodelle für die Verkehrsmittel und Routenwahl.

Ein von Noland, Small, Koskenoja und Chu (1998) entwickeltes Modell simuliert die Abhängigkeiten zwischen Reisezeitvariabilität, generalisierten Kosten und dem Verhalten der Verkehrsteilnehmer. Es zeigt sich, dass eine Verringerung der Störungswahrscheinlichkeit erwartungsgemäss zu niedrigeren relativen Kosten führt. Steigt diese Variabilität an, steigen die Kosten der erwarteten Reisezeit ebenso an wie die Kosten, die mit der verspäteten Ankunft zusammenhängen.

Man kann davon ausgehen, dass ein Grossteil europäischer Bahnunternehmen ebenfalls interne Untersuchungen zu dem Themenkomplex Pünktlichkeit und Verlässlichkeit in Auftrag gegeben haben. In der Fachliteratur sind allerdings kaum Veröffentlichungen zu finden, die über Pünktlichkeitsstatistiken hinaus gehen.

Die Relevanz der Verlässlichkeit als ein wirtschaftlicher Faktor unterstreichen Studien, die Verluste von Verkehrsdienstleistern untersuchen z.B. Ackermann (1998). Dabei konnten Erlösänderungen als eine Funktion der Pünktlichkeit im Verhältnis zur Fahr- bzw. Beförderungszeit ermittelt werden. Dies wurde durch umfangreiche Stated Preference Befragungen gemessen. Unter umfassender Berücksichtigung aller relevanter Kostenfaktoren wie den erhöhten Betriebskosten durch Verspätungen und der Kundenstruktur werden in der Studie für verschiedene Zuggattungen der Deutschen Bahn AG die folgenden Kostensätze für Verspätungen berechnet:

| | |
|--------|---|
| ICE: | 16.10 DM/Stunde Verspätung und beförderter Person |
| IC/EC: | 13.76 DM/Stunde Verspätung und beförderter Person |
| IR: | 12.59 DM/Stunde Verspätung und beförderter Person |
| D*: | 12.30 DM/Stunde Verspätung und beförderter Person |

* = ohne Nachtzüge

In diesem Zusammenhang sind auch Simulationsmodelle generiert worden, die bei verschiedenen Bedienungsstrategien ein Optimum zwischen den betriebswirtschaftlichen Kosten, die durch einen hohen Grad an Pünktlichkeit verursacht werden, und den fehlenden Einnahmen, die bei reduzierter Verlässlichkeit auftreten, berechnen, vgl. Kraft (1995) und auch Strathman, Dueker, Kimpel, Gerhart, Turner, Taylor, Callas und Griffin (2000).

Bates *et al.* (2001) haben in diesem Zusammenhang Routenwahlmodelle vorgestellt, die sowohl die Bedienhäufigkeit als auch einen Term für die Verspätungsdauer an Stelle einer durchschnittlichen Reisezeit und einer Verspätungswahrscheinlichkeit vorsehen. Die durchschnittliche Verspätungsdauer zeigt den höchsten Einfluss. Interessanterweise kann eine Signifikanz des Koeffizienten für den Takt in diesen Modellen nicht festgestellt werden.

Eine weitere Analyse von Bates, Jones, Polak und Han (1997) untersucht die unterschiedlichen Einschätzungen der Verlässlichkeit von Arbeits- und Freizeitverkehr. Die Schätzungen ergaben, dass die Verlässlichkeit in das Entscheidungsverhalten von Pendlern etwa doppelt so stark einfließt wie in die Entscheidungen der Freizeitreisenden.

Neben den beschriebenen Arbeiten aus dem Bereich öffentlicher Verkehr als findet man auch Studien die speziell das Entscheidungsverhalten von Automobilisten fokussieren. Fujii und Kitamura (2000) haben RP-Befragungen bei PW-Fahrern durchgeführt, die von der vorübergehenden Sperrung einer Autobahn betroffen waren. Dabei wurde auch der Begriff des Risk Management eingeführt. Es zeigen sich grosse Unterschiede im Entscheidungsverhalten zwischen verschiedenen und auch innerhalb von Personengruppen. Arbeitnehmern mit flexible Arbeitszeiten sind beispielsweise wesentlich risikofreudiger als ältere Arbeitnehmer.

Die Kombination aus RP und SP-Befragungen mit der Nutzung der entsprechenden Vorteile beider Typen wurde in dem Kontext Verlässlichkeit in der Entscheidungsmodellierung bislang nicht durchgeführt. Allerdings finden sich in anderen Themenbereichen entsprechende Anwendungen mit durchweg positiven Erfahrungen. Beispiele hierfür sind Polydoropoulou und Ben-Akiva (2001), Brownstone, Bunch und Train (2000), Bradley und Daly (1997) und auch Axhausen, Haupt, Fell und Heidl (2001)

3. Konzeption der Studie

Die bisherigen Studien machen deutlich, dass sich für die zu untersuchende Thematik die Methoden der Stated Preference besonders gut eignen. Bei der Analyse von tatsächlichem Verhalten, also bei RP-Daten, müsste entweder der Befragte seine Einschätzungen der Verlässlichkeit aller möglichen Alternativen angeben oder der Untersuchende die Varianzen aller relevanten Variablen messen. Die erste Alternative überfordert die Befragten und die zweite überfordert die traditionellen Datenquellen, die der Verkehrsplanung zur Verfügung stehen.

Befragungen mit hypothetischen Märkten/Situationen, also SP-Daten, können die Verlässlichkeit ohne prinzipielle Probleme berücksichtigen. Wie erwähnt, können Stated Preference Befragungen kleiner angelegt werden. Der Entscheidungsraum kann gezielt und systematisch abgefragt werden. Insbesondere wichtige Grössen wie Zeit und Preis können getrennt von einander variiert und dann auch modelliert werden.

Die Konzeption der Befragung basiert vorwiegend auf den von Bates (2000) vorgeschlagenen Punkten zur weiteren Evaluation der Verlässlichkeit (vgl. Kap. 2.2). Die Schwierigkeit bei SP-Befragungen liegt im Detail der Präsentation der Variablen, die für die Befragten verständlich dargestellt werden müssen. Hier wurde versucht, unter anderem durch die Abstraktion der Szenarien, die Befragten auf die Entscheidungsvariablen zu fokussieren. Besonderer Wert wurde auf die sorgfältige Beschreibung von Reisezeitvariationen und deren zustände kommen gelegt.

Die Verteilung der Variablenausprägungen ist gleichförmig. Die jeweiligen Versuchspläne wurden entsprechend entworfen und überprüft.

Zusätzlich wurde die Befragung so angelegt, dass zwei verschiedene Aspekte Berücksichtigung finden. Einerseits variieren die SPs methodisch, indem verschiedene Arten von SP-Experimenten verwendet wurden. Und andererseits wurden unterschiedliche Inhalte, Verkehrsmittelwahl und Routenwahl, erfragt. Weiterhin war eine grafische Darstellung der Situation Bestandteil der Befragung. So konnte ein möglichst breites Spektrum der Präsentation der Verlässlichkeit abgedeckt werden.

4. Erhebung

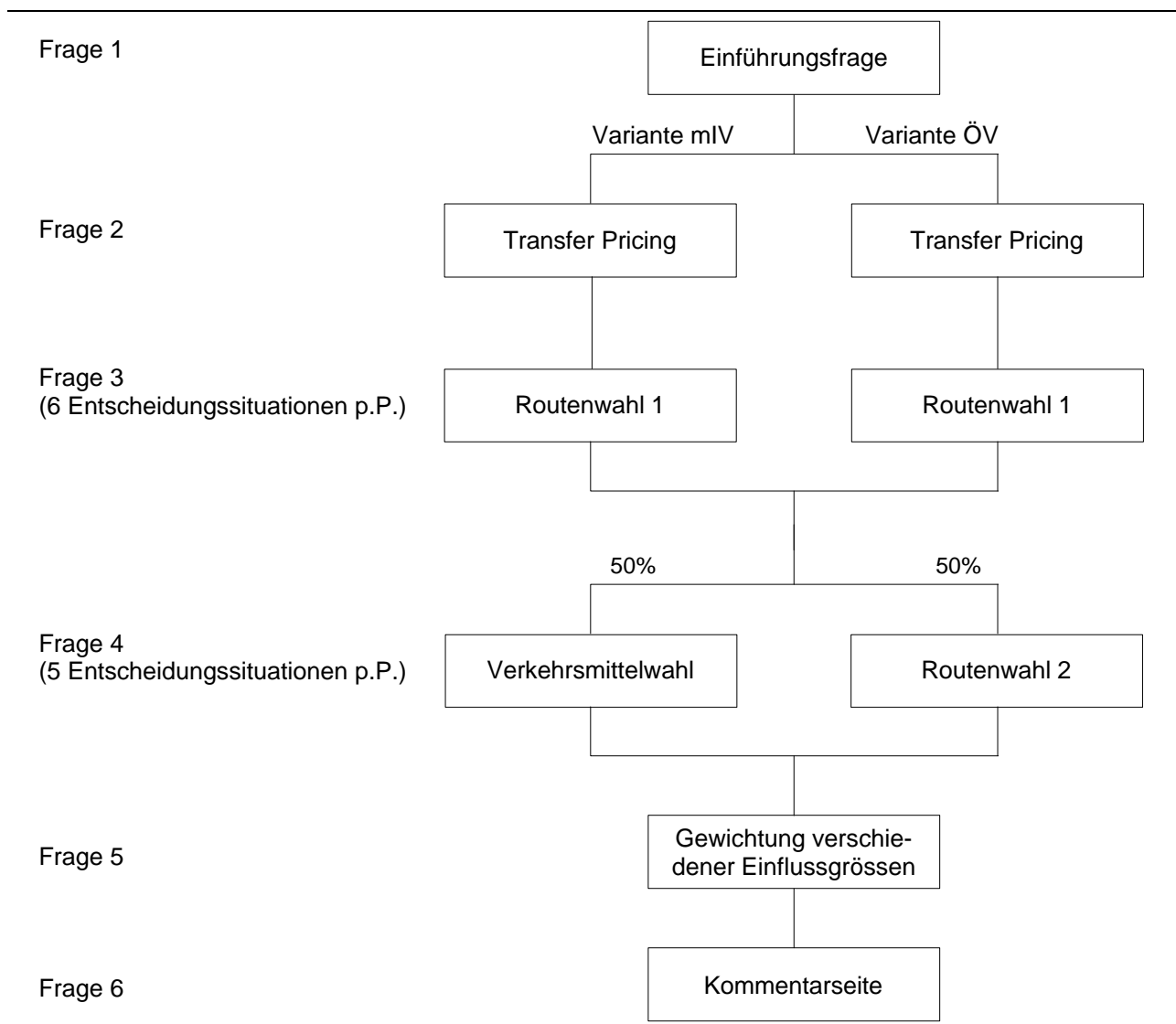
4.1 Struktur der Befragung

Der Fragebogen besteht aus sechs verschiedenen Teilen. Die Teile 1, 2 und 5 sind als Einzelfragen konzipiert, während die Teile 3 und 4 Stated Preference Experimente sind, bei denen sechs- bzw. fünf Entscheidungssituationen präsentiert werden. Dabei variieren jeweils die Ausprägungen der Entscheidungsvariablen. Diese Variationen sind durch die entsprechenden Versuchspläne vorgegeben. Diese orthogonalen Versuchspläne wurden mit der Statistiksoftware SPSS 10.0 erstellt.

Die Rekrutierung der Teilnehmer erfolgte durch die kontinuierliche Erhebung im Personenverkehr der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB). Diese Befragung wird als Telefoninterview (CATI) im deutschen und französischen Sprachraum der Schweiz durchgeführt. Die Befragten werden zufällig ausgewählt. Inhalt der Befragung sind neben der Erfassung soziodemographischer Daten Fragen zum täglichen Verkehrsverhalten und dem der zurückliegenden Woche des Befragungstages. Das Interview wurde jeweils um eine Frage zur Bereitschaft an der Teilnahme an dieser Studie ergänzt.

Die erfassten soziodemografischen Daten erlaubten es, die Befragten in primäre Autofahrer und primäre ÖV-Benützer gliedern zu können. Die Frage 2 und die Fragegruppe 3 sind aus diesem Grund für beide Personengruppen unterschiedlich formuliert. Die Variablen und deren mögliche Ausprägungen sind jedoch identisch. In der Stichprobe sind beide Gruppen etwa gleich stark vertreten (vgl. Kap. 5.1). Die Abbildung 2 zeigt den schematischen Aufbau der Befragung für die Teilnehmer.

Abbildung 2: Struktur der Befragung



4.2 Inhalte der Fragen

Die erste Frage diente als Einstieg in das Thema Verlässlichkeit des Verkehrssystems. Hier sollte das Bewusstsein des Befragten über sein eigenes derzeitiges Verkehrsverhalten, bzw. den persönlichen Umgang mit der Verlässlichkeit und deren Einschätzung geweckt werden.

Der Befragte sollte unter Berücksichtigung der heutigen Verkehrssituation für die beiden Verkehrsmittel Auto bzw. öffentlicher Verkehr seine persönlich einkalkulierte Pufferzeit angeben, um einen wichtigen Termin pünktlich zu erreichen. Die Tabelle 2 zeigt die Eckdaten der Frage.

Tabelle 2: Variablen und Ausprägungen, Frage 1

| Entscheidungsvariable | Ausprägungen | Schlüssel im Versuchsplan |
|--|---|---------------------------|
| Wegezweck | „Wichtiger Termin, z.B. Vorstellungsgespräch“ | entfällt |
| Antworttyp | freie Eingabe | |
| Anzahl Entscheidungssituationen pro Person | 1 | |

Die Frage 2 erfragte für verschiedene Szenarien den Grenzwert der gerade noch akzeptierten Unzuverlässigkeit. Antwortform ist hier Transfer Pricing.

Dem Befragten wurde eine unumgängliche Verzögerung einer Fahrt und zusätzlich der Fahrtzweck beschrieben. Aufgabe des Befragten war es, seinen persönlichen Schwellenwert zur Absage der Fahrt anzugeben. Bei Fahrtzwecken, die hinsichtlich ihres Zielortes wahlfrei sind, hatte er zusätzlich die Möglichkeit, auf ein anderes Ziel auszuweichen (s.a. Tabelle 3).

Tabelle 3: Variablen und Ausprägungen, Frage 2

| Entscheidungsvariable | Ausprägungen | Schlüssel im Versuchsplan |
|--|---|---------------------------|
| Fahrtzweck | für einen beruflichen Termin | 1 |
| | für einen privaten Termin | 2 |
| | zum Shopping am Samstag | 3 |
| | für einen Ausflug am Sonntag | 4 |
| Antworttyp | freie Eingabe, bei Schlüssel 3 und 4 zusätzliche Option „anderes Ziel“ | |
| Anzahl Entscheidungssituationen pro Person | 1 | |

Die Fragegruppe 3 hat eine kompliziertere Struktur. Hier wurde versucht, durch den Befragten eine Bewertung einer vollen (100%igen) Zuverlässigkeit vornehmen zu lassen. Antwortform ist Stated Choice.

Dem Befragten wurde die durchschnittliche Verzögerung auf seinem täglichen Arbeitsweg beschrieben und zusätzlich eine gebührenpflichtige Angebotserweiterung (neuer Zug, bzw. neue Strasse) mit garantierter Pünktlichkeit. Der Befragte musste dabei zwischen der Inkauf-

nahme einer unsicheren Fahrtdauer und dem monetären Preis für die verzögerungslose Ankunft abwägen. Tabelle 4 zeigt die Eckdaten dieses Befragungsteils, Tabelle 19 im Anhang den Versuchsplan.

Tabelle 4: Variablen und Ausprägungen, Fragegruppe 3

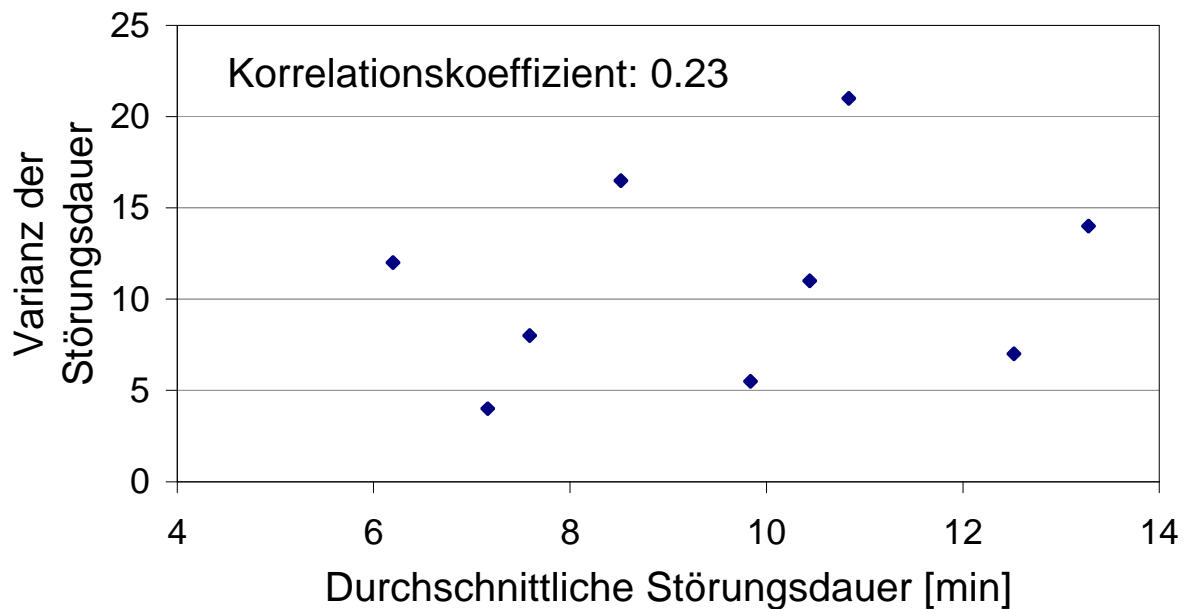
| Entscheidungsvariable | Ausprägungen | Schlüssel im Versuchsplan |
|--|---------------------------|---------------------------|
| Anzahl Störungstage | 1 Tag | 1 |
| | 2 Tage | 2 |
| | 3 Tage | 3 |
| Störungsdauer | 15 Minuten | 1 |
| | 30 Minuten | 2 |
| | 45 Minuten | 3 |
| Maut bzw. Zuschlag | CHF 10,- | 1 |
| | CHF 30,- | 2 |
| | CHF 50,- | 3 |
| Entscheidungskontext | Routenwahl | |
| Antworttyp | Stated Choice, 2 Optionen | |
| Anzahl Entscheidungssituationen pro Person | 5 | |

Bei der Konstruktion derartiger Experimente ist insbesondere auf eine möglichst geringe Korrelation der Entscheidungsgrößen zu achten. Für die vorliegende Fragestellung betrifft dies die Variablen, die die Verlässlichkeit beschreiben. Dies sind die Anzahl Störungstage, die die Wahrscheinlichkeit der Verlässlichkeit darstellt, und die Störungsdauer. Für differenzierte Ergebnisse und eindeutige Aussagen zu den Einflüssen der Variablen müssen diese weitestgehend unabhängig von einander sein.

Die Variablen können dann als unabhängig angesehen werden, wenn die Verteilung der Kombinationen aus der Streuung der Ausprägungen der einen Variablen und den Mittelwerten der anderen Variablen möglichst gleichmässig verteilt sind.

Die Abbildung 3 zeigt die Kombinationen von Varianzen der Störungsdauer und den dazugehörigen mittleren Verspätungen pro Woche. Diese Mittelwerte ergeben sich durch die in der Frage beschriebene Verspätungsdauer und deren Wahrscheinlichkeit. Die Grafik veranschaulicht eine relativ gleichmässige Verteilung und der niedrige Korrelationskoeffizient belegt die hohe Unabhängigkeit.

Abbildung 3: Korrelation zwischen Varianz der Störungsdauer und der durchschnittlichen Störungsdauer pro Befragtem, Fragegruppe 3



Für die vierte Frage wurde die Stichprobe zu gleichen Teilen gesplittet. Eine Hälfte der Befragten erhielt ein SP zur Verkehrsmittelwahl. Der anderen Hälfte wurden SP-Experimente zur Routenwahl präsentiert.

Für die Verkehrsmittelwahl wurde eine Situation dargestellt, in der der Befragte zwischen zwei Varianten, Bahn und Auto, mit relativ grosser Fahrtdauer aber sicherer Ankunftszeit und einer weiteren PW-Alternative entscheiden musste, die im Normalfall (entspricht geringer Verkehrsbelastung) eine kürzere Dauer aufweist. Auf dieser Strecke ist allerdings nur eine geringe Verlässlichkeit gegeben und eine Fahrtzeitverzögerung vergrössert die Dauer entsprechend gegenüber den beiden anderen Varianten. Tabelle 5 zeigt die Eckdaten dieses Befragungsteils, Tabelle 20 im Anhang den entsprechenden Versuchsplan.

Bei der zweiten Variante des Teils 4 des Fragebogens, das SP zur Routenwahl, hatte der Befragte die Wahl zwischen einer Route mit hoher Verlässlichkeit und einer zeitlich kürzeren Alternative. Bei Eintritt einer Verzögerung auf dieser Route verschob sich die Ankunftszeit hinter die der verlässlichen Route. Diese SP-Experimente wurde grafisch unterstützt. Die Grafik zeigte schematisch die beiden Routenführungen. Die Ausprägungen der Entscheidungsvariablen (Tabelle 6) waren jeweils dazu aufgeführt. Den Versuchsplan zeigt Tabelle 21 im Anhang.

Tabelle 5: Variablen und Ausprägungen, Fragegruppe 4 (Variante Verkehrsmittelwahl)

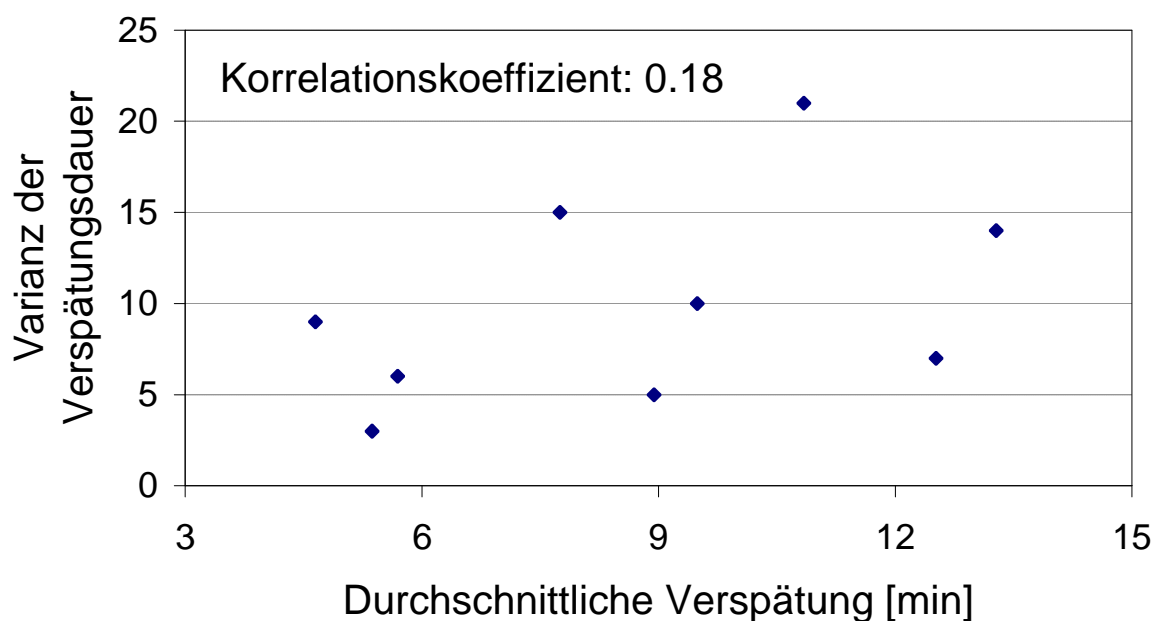
| Entscheidungsvariable | Ausprägungen | Schlüssel im Versuchsplan |
|--|---------------------------|---------------------------|
| Dauer Bahn / PW mit Umweg | 60 Minuten | 1 |
| | 90 Minuten | 2 |
| | 120 Minuten | 3 |
| Dauer PW normale Strecke | 15 Minuten | 1 |
| | 30 Minuten | 2 |
| | 45 Minuten | 3 |
| Pünktlichkeit PW normale Strecke | 30 % | 1 |
| | 40 % | 2 |
| | 50 % | 3 |
| | 60 % | 4 |
| | 70 % | 5 |
| Entscheidungskontext | Verkehrsmittelwahl | |
| Antworttyp | Stated Choice, 3 Optionen | |
| Anzahl Entscheidungssituationen pro Person | 5 | |

Tabelle 6: Variablen und Ausprägungen, Fragegruppe 4 (Variante Routenwahl)

| Entscheidungsvariable | Ausprägungen | Schlüssel im Versuchsplan |
|--|---------------------------|---------------------------|
| Fahrzeit Route A | 60 Minuten | 1 |
| | 90 Minuten | 2 |
| | 120 Minuten | 3 |
| Fahrzeit Route B | 15 Minuten | 1 |
| | 30 Minuten | 2 |
| | 45 Minuten | 3 |
| Anzahl Verspätungstage auf Route B | 1 Tag | 2 |
| | 2 Tage | 2 |
| | 3 Tage | 3 |
| Verspätungsdauer auf Route B | 30 Minuten | 1 |
| | 40 Minuten | 2 |
| | 50 Minuten | 3 |
| Entscheidungskontext | Routenwahl | |
| Antworttyp | Stated Choice, 2 Optionen | |
| Anzahl Entscheidungssituationen pro Person | 5 | |

Analog zu Fragegruppe 3 (vgl. Abbildung 3) ist auch bei den SP-Experimenten der Fragegruppe 4 auf eine geringe Korrelation zwischen den Verteilungen der Ausprägungen der die Verlässlichkeit beschriebenen Entscheidungsgrößen zu achten. Die Abbildung 4 zeigt die entsprechenden Abhängigkeiten zwischen den Ausprägungen Anzahl Störungstage und Störungsdauer.

Abbildung 4: Korrelation zwischen Varianz der Störungsdauer und der durchschnittlichen Störungsdauer pro Befragtem, Fragegruppe 4



Die letzte Frage sollte den Wert der Verlässlichkeit im Vergleich mit anderen Einflussgrößen erfragen. Der Befragte sollte die aufgeführten Variablen einzeln nach ihrer Bedeutung für ihn gewichten. Diese Frage diente ebenfalls als thematischer Abschluss der Befragung (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Variablen und Ausprägungen, Frage 5

| Entscheidungsvariable | Ausprägungen | Schlüssel im Versuchsplan |
|---|--|------------------------------|
| Fahrtzwecke | zur Arbeit zum Einkauf zum Sport einen Freund besuchen in die Ferien | entfällt |
| Antworttyp | Skala von sehr wichtig (1) bis ganz unwichtig (5) | |
| Anzahl Entscheidungssituationen pro Person | 1 | |

Danach wurde den Teilnehmern die Möglichkeit zu einem Kommentar auf einer separaten Seite geboten. Im Anhang sind die einzelnen Fragetypen beispielhaft aufgeführt.

5. Erhebungsstatistik

5.1 Versand und Rücklauf

Die Schweizerischen Bundesbahnen lassen durch die Firma Link AG, Luzern telefonisch kontinuierliche Erhebungen im Personenverkehr (KEP) durchführen. Diese Befragung wurde 2001 als Telefoninterview (CATI) im deutschen und französischen Sprachraum der Schweiz durchgeführt. Die Befragten werden zufällig ausgewählt. Dabei wurde 2001 in unserem Auftrag auch die Bereitschaft zu einer weiterführenden schriftlichen Befragung erfragt. Der Rekrutierungszeitraum für die vorliegende Untersuchung umfasste die Kalenderwochen 02 bis 07/2001. In dieser Zeit wurden 2017 Personen telefonisch befragt, von denen sich 1596 zu der Teilnahme an einer schriftlichen Befragung bereit erklärten.

Es muss angenommen werden, dass die Verlässlichkeit des Verkehrssystems eine zentrale Rolle im Entscheidungsverhalten von Menschen darstellt, deren Tagesplanung aufgrund täglicher verpflichtender Termine nur bedingt flexibel ist. Deshalb wurden in einer Vorselektion die über 70-jährigen aus der Adressenliste heraus gefiltert. Insgesamt wurden 1116 Deutsch und 300 Französisch sprechende Personen angeschrieben.

Der Fragebogen ist für Autofahrer und Bahnfahrer unterschiedlich formuliert (vgl. Abbildung 2). Die Trennung der Stichprobe in diese beiden Gruppen ergibt sich aus den folgenden Bedingungen:

- Alle Personen unter 18 Jahren werden als Bahnfahrer definiert.
- Alle Personen, die immer ein PW zur Verfügung haben und nicht an jedem Werktag mit der Bahn fahren, werden als Autofahrer eingestuft.
- Alle übrigen Personen erhalten den Bahnfragebogen.

Aus diesen Bedingungen ergibt sich für die Stichprobe eine Anzahl von 723 PW-Fahrern (553 deutschsprachige und 170 französische) sowie 693 ÖV-Benützern (564 Deutsch- und 129 Westschweizer).

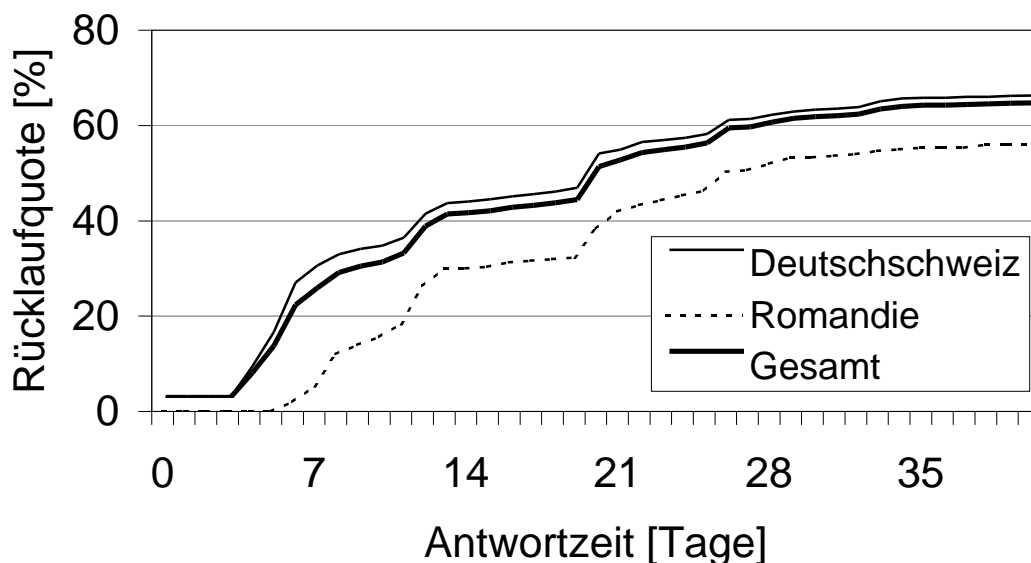
Die Varianten der Frage 4 (Verkehrsmittelwahl bzw. Routenwahl) wurden diesen Gruppen zu gleichen Teilen gestellt.

Jede Sendung beinhaltete ein einseitiges Anschreiben, den 20-seitigen Fragebogen sowie ein für B-Post frankiertes Rücksendekuvert. In dem Anschreiben wurden Sinn und Zweck der Befragung erläutert und für etwaige Rückfragen eine Kontaktadresse bzw. eine Telefonnummer angegeben.

Die deutschen Fragebögen wurden am Donnerstag, dem 26.04.01 und Freitag, dem 27.04.01 mit B-Post-Frankatur versandt, die französischen am Mittwoch, dem 02.05.01. Der erste Rücklauf tag war der entsprechend für die Deutschschweiz der 30.04.01 und für die Romandie der 04.05.01. 20 Briefe kamen aufgrund falscher Adressen retour.

An die Adressen der ausstehenden Antworten beider Stichproben wurde am 9. Tag nach dem Erstversand ein Erinnerungsschreiben versandt. Dieses Schreiben hat zu einer Erhöhung der Rücklaufquote von etwa 15% geführt. Die Abbildung 5 zeigt die Verteilung des Rücklaufs über die ersten 5 Wochen.

Abbildung 5: Rücklauf der Befragung



Insgesamt ist die Rücklaufquote von 62.1% als zufriedenstellend einzustufen. Dies entspricht einer Gesamtzahl von 875 Personen. Der recht komplexe Inhalt des Fragebogens bedarf einer hohen Motivation. Weiterhin ist der eher ungünstige Zeitraum der Befragung kurz nach Ostern bzw. zwischen den längeren Wochenenden im Mai zu berücksichtigen. Hier konnten offensichtlich viele Personen nicht erreicht oder motiviert werden. Der insgesamt schleppende und unetstetige Rücklauf ist aber auch auf den Versand mit der B-Post zurückzuführen.

5.2 Soziodemographie der Stichprobe

Die Soziodemographie der Stichprobe wurde während des Telefoninterviews aufgenommen, so dass in der schriftlichen Befragung keine weiteren derartigen Daten erhoben wurden. Die folgenden Variablen stehen zur Verfügung: Geschlecht, Alter, Erwerbstätigkeit, Grad der Beschäftigung, Bildung, Autoverfügbarkeit, Jahresfahrleistung, ÖV-Abonnementbesitz, Bahnreisehäufigkeit

Von den 875 Befragten (440 Männer und 435 Frauen) gaben etwa 11% an, sie lebten allein. 38% wohnen in einem Zweipersonenhaushalt, 14% in einem Drei- und 24% in einem Vierpersonenhaushalt. Über 10% leben in grösseren Haushalten.. Die Abbildung 6 zeigt die Altersverteilung der Befragten. Die Abbildung 7 zeigt die Beschäftigungsstruktur innerhalb der Stichprobe.

Abbildung 6: Altersstruktur

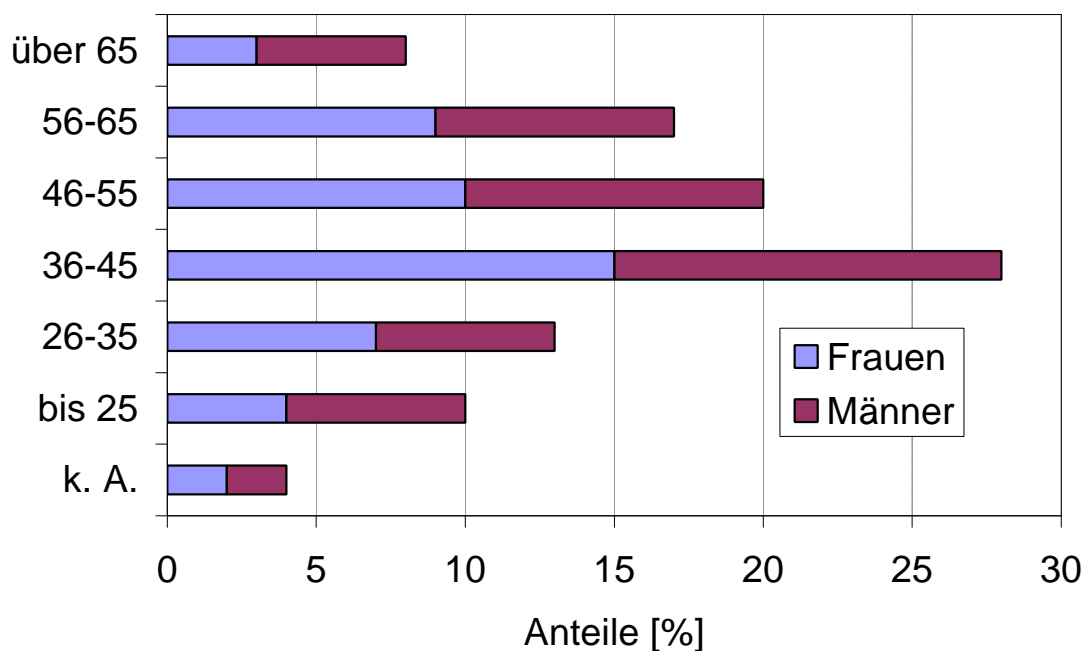
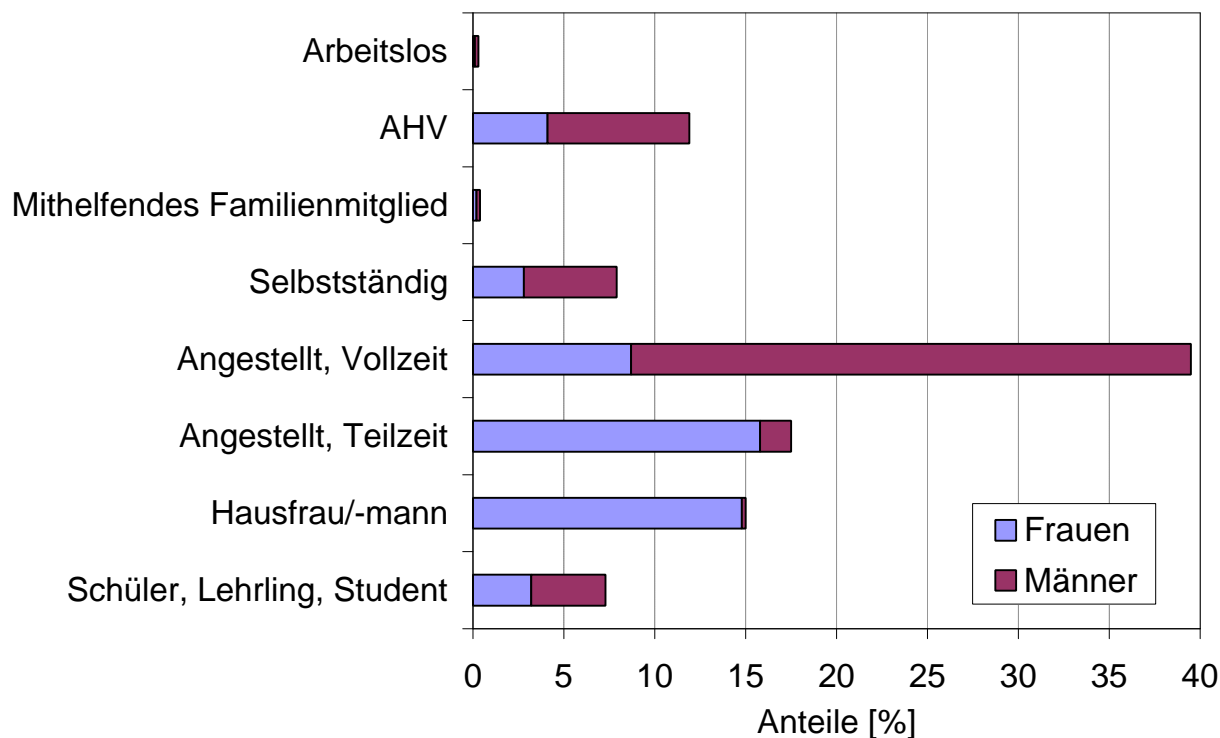


Abbildung 7: Beschäftigungsstruktur



Bei dieser Untersuchung sind verkehrliche Eckdaten innerhalb der Soziodemographie wie zum Beispiel der PW-Besitz von zentraler Bedeutung. 10% der Befragten gaben an, kein Auto zu besitzen. In 55% der Fälle ist ein PW im Haushalt vorhanden, 27% aller Haushalte besitzen zwei Autos und 7% drei und mehr. Der Fahrzeugbesitz an sich stellt aber für die Verkehrsmittelwahlentscheidung lediglich eine Randbedingung dar. Die folgenden Tabellen zeigen die Anteile für die Variablen Verfügbarkeit und Abonnementbesitz. Tabelle 8 schlüsselt die Charakteristika innerhalb der Stichprobe nach Geschlecht auf.

Tabelle 9 zeigt einen Vergleich zwischen der vorliegenden Studie, der kontinuierlichen Erhebung im Personenverkehr (KEP) und dem Mikrozensus 2000. Woher die geringere Autoverfügbarkeit der Stichproben SVI und KEP rühren, kann hier nicht abschliessend geklärt werden.

Tabelle 8: Verkehrsmittelverfügbarkeit und Abonnementbesitz in der Stichprobe

| | Gesamt [%] | Frauen [%] | Männer [%] |
|--------------------|------------|------------|------------|
| Autoverfügbarkeit: | | | |
| Immer | 55.2 | 47.3 | 63.0 |
| gelegentlich | 29.0 | 33.8 | 24.3 |
| nie | 15.8 | 18.9 | 12.7 |
| ÖV-Abonnement: | | | |
| GA | 7.8 | 5.3 | 10.6 |
| nur Halbtax | 38.6 | 41.4 | 35.7 |
| Halbtax+Zeitkarte | 5.6 | 4.6 | 6.6 |
| nur Zeitkarte | 3.6 | 3.0 | 4.2 |
| sonstige | 0.8 | 0.4 | 1.2 |
| kein Abonnement | 43.5 | 41.2 | 45.9 |

Tabelle 9: Verkehrsmittelverfügbarkeit und Abonnementbesitz im Vergleich

| | SVI 44/00 [%] | KEP 2000 [%] | MZ 2000 [%] |
|--------------------|---------------|--------------|-------------|
| Autoverfügbarkeit: | | | |
| Immer | 55.2 | 58.3 | 77.3 |
| gelegentlich | 29.0 | 23.3 | 13.9 |
| nie | 15.8 | 18.4 | 7.1 |
| ÖV-Abonnement: | | | |
| GA | 7.8 | 6.7 | 6.0 |
| nur Halbtax | 38.6 | 30.2 | 31.8 |
| Halbtax+Zeitkarte | 5.6 | 7.4 | 6.4 |
| nur Zeitkarte | 3.6 | 5.4 | 4.0 |
| sonstige | 0.8 | 0.8 | 0.6 |
| kein Abonnement | 43.5 | 49.5 | 52.4 |

6. Ergebnisse

6.1 Sicherung der Datenqualität

Bei der Datenaufbereitung stand vor allem im Mittelpunkt, eine möglichst saubere Datengrundlage zu erhalten. Ein bekanntes Problem sind Inkonsistenzen der Antworten. Dabei handelt es sich einerseits um Personen, die vom Beginn des Ausfüllens an willkürlich antworten. Andererseits können im Laufe der Befragung ein Ermüdungseffekt eintreten. Diese Fehler in der Datengrundlage beeinflussen vor allem die Entscheidungsmodellierung.

Der Grad an Komplexität und der Umfang einer Befragung kann ebenfalls zu bewussten und unbewussten Falschaussagen führen.

Saelensminde (2001) hat dazu ein Selektions- bzw. Testverfahren entwickelt, mit dem derartige Phänomene erkannt werden können. Allerdings muss man sich dessen bewusst sein, dass ein gewisser Fehler immer bleiben wird. Neben komplexen Methoden lassen sich auch durch einfache Annahmen Überprüfungen der Datenqualität treffen.

So sind Antworten mit Entscheidungen aufgrund eines einzigen Kriteriums ausgeschlossen worden. Dies betrifft zum Beispiel die Verkehrsmittelwahl. Antworten von Personen, die grundsätzlich durch ihre Einstellung oder ihre persönliche Situation unabhängig von den präsentierten Entscheidungsvariablen bzw. deren Ausprägungen immer dasselbe Verkehrsmittel wählen, können in diesem Fall zur Modellierung nicht herangezogen werden.

Eine weitere Prüfmöglichkeit gibt die letzte Frage (Frage 5) der Erhebung. In wenigen Fällen wurden jeweils alle aufgeführten Merkmale der Verkehrsmittel als sehr unwichtig eingeschätzt. Dies kann als ein Indiz für mögliche Falschaussagen im SP-Teil der Erhebung gewertet werden.

6.2 Allgemeine Einschätzung der Verlässlichkeit

Der Hauptteil der Analyse besteht in der weiter unten beschriebenen Entscheidungsmodellierung. Sie basiert auf den Daten der drei Stated Preference Teile (Fragegruppen 3 und 4). Die

Befragung beinhaltet aber daneben auch Fragen, die zum Teil ebenfalls hypothetischen Charakter besitzen, aber per Definition nicht zur Gruppe der Stated Preference Befragungen zählen.

Die Fragen 1, 2 und 5 haben eine allgemeine Ausrichtung und stellen, wie in Kapitel 4.1 beschrieben, den Rahmen der Befragung dar. Aber auch wenn die Personen damit auf den Kern der Befragung erst vorbereitet werden, lassen sich doch einige vorsichtige Analysen anstellen. Nachteil dieser Fragen ist die Tatsache, dass die Personen sich zunächst an die hypothetische Form der Fragen gewöhnen müssen. Hierzu besteht mit der Frage 1 die Möglichkeit. Tabelle 10 zeigt die Eckwerte der Verteilung der angegebenen Werte in Minuten für die Frage 1. Gefragt war nach der persönlich eingeplanten Pufferzeit für einen wichtigen Termin in eine 50 km entfernte Grossstadt. Dies sollte notiert werden für eine Fahrt mit dem PW und mit der Bahn. Die Werte sind homogen für beide Nutzergruppen. Die Standardabweichungen zeigen einen substantiellen Unterschied, der offensichtlich auf den Erfahrungswerten der Autofahrer und Bahnfahrer mit ihrem Hauptverkehrsmittel bzw. dem unbekannteren Verkehrsmittel beruht. Die grössere Erfahrung mit dem Hauptverkehrsmittel führt hier zu einer breiteren Verteilung der Einschätzung der Verlässlichkeit für dieses Verkehrsmittel.

Tabelle 10: Eingeplante Pufferzeiten der Befragten (Frage 1) [min]

| | min | max | \bar{x} | Median | Std |
|--------------------------------|-----|-----|-----------|--------|-----|
| Autofahrer: | | | | | |
| wenn ich mit dem Auto fahre... | 0 | 160 | 22 | 20 | 28 |
| wenn ich mit der Bahn fahre... | 0 | 240 | 20 | 15 | 26 |
| Bahnfahrer: | | | | | |
| wenn ich mit dem Auto fahre... | 0 | 120 | 23 | 15 | 24 |
| wenn ich mit der Bahn fahre... | 0 | 190 | 21 | 15 | 28 |

Tabelle 11 zeigt die Zusammenfassung der Antworten zu Frage 2 in ähnlicher Weise wie zuvor. Gefragt war nach der gerade noch akzeptierten Verspätung in Minuten, bevor die Fahrt abgesagt wird, bzw. ein anderes Ziel gewählt wird. Die Möglichkeit der Zielwahl (= Zielwechsel) wurde allerdings nur bei den Zwecken gegeben, die nicht ortsgebunden sind.

Tabelle 11: Schwellenwerte (Frage 2) [min]

| Wegezwecke | min | max | \bar{x} | Median | Std | Zielwechsel |
|--------------------|-----|-----|-----------|--------|-----|-------------|
| Beruflicher Termin | 0 | 120 | 14 | 15 | 18 | - |
| Privater Termin | 0 | 90 | 19 | 20 | 20 | - |
| Shopping | 0 | 120 | 27 | 30 | 14 | 32 % |
| Ausflug | 0 | 60 | 32 | 30 | 18 | 27 % |

Überraschend ist die niedrige Akzeptanz der Verspätungsdauer, besonders für die ortsgebundenen Zwecke ohne Zielwahloption, obwohl diese als wichtige Termine gekennzeichnet waren. Mögliche Begründungen hierfür sind eher spekulativ.

Festzuhalten bleibt, dass beide Fragen 1 und 2 als Einführungsfragen verstanden werden müssen und deren Erklärungsgehalt deshalb gering ist.

Die Frage 5 stellt die Verlässlichkeit des Verkehrsmittels noch einmal in einen generellen Kontext mit anderen Eigenschaften. Die Tabelle 12 zeigt wieder Mittelwert und Streuung der Verteilung auf der Antwortskala. Die Skala verläuft von sehr wichtig (=1) bis ganz unwichtig (=5). In der Tabelle sind Werte grafisch unterstützt. Je dunkler die Zellen sind, um so wichtiger wird das Attribut eingeschätzt.

Deutlich wird die starke Bedeutung der Verlässlichkeit, die sich als Eigenschaft eines Verkehrsmittels in dessen Pünktlichkeit äussert. Neben der Sicherheit erscheint die Pünktlichkeit als wichtigste Komponente. Besonders ausgeprägt ist diese Bedeutung erwartungsgemäss bei Wegezwecken, die mit einem Termin bzw. einem fixen Zeitpunkt verknüpft sind.

Tabelle 12: Einordnung verschiedener Verkehrsmittelmerkmale (Frage 5)

| Wegezwecke | Klima | | Preis | | Pünktlichkeit | | Umwelt | | Schnelligkeit | | Gepäck | | Sicherheit | |
|------------|-----------|-----|-----------|-----|---------------|-----|-----------|-----|---------------|-----|-----------|-----|------------|-----|
| | \bar{x} | Std | \bar{x} | Std | \bar{x} | Std | \bar{x} | Std | \bar{x} | Std | \bar{x} | Std | \bar{x} | Std |
| Gesamt | 1.9 | 1.9 | 1.7 | 1.7 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.4 | 1.6 |
| Arbeit | 1.8 | 1.9 | 1.5 | 1.6 | 1.0 | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 1.4 | 1.5 | 2.0 | 2.0 | 1.4 | 1.6 |
| Einkauf | 2.2 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.7 | 1.7 |
| Ferien | 1.5 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.8 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 1.8 | 1.8 | 1.7 | 1.7 | 1.3 | 1.5 |
| Besuch | 1.9 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 1.2 | 1.3 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.9 | 1.8 | 1.5 | 1.5 |
| Sport | 1.9 | 1.9 | 1.5 | 1.6 | 1.1 | 1.2 | 1.6 | 1.6 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.3 | 1.5 |

6.3 Entscheidungsmodellierung

6.3.1 Modellentwicklung

Die Suche nach dem besten Modell ist ein Prozess, der iterative und teilweise auch unstrukturierte Schritte beinhaltet. Die Zielsetzung ist dabei problematisch, denn die Erklärungskraft des gesamten Modells (Goodness of fit) ist beispielsweise nicht abhängig von der Signifikanz der einzelnen Parameter. Es handelt sich aber immer um einen langwierigen Rückkopplungsprozess, mit zahlreichen verworfenen Hypothesen (siehe auch Kap. 2.1).

Als Masszahlen für den Modellfortschritt dienen die folgenden Grössen: $L(0)$ stellt den Ausgangswert der Log-Likelihood-Funktion vor Einführung der Konstanten und Parameter dar. Die Koeffizienten sind die Faktoren mit denen die unabhängigen Variablen in die Modellgleichung eingehen. Der Wert des t-Tests dient bei der Modellschätzung zur Überprüfung der Signifikanz der geschätzten Koeffizienten. Er berechnet sich aus der Division des Schätzwertes durch dessen Standardabweichung. Erreicht die t-Statistik einen Betrag grösser 1.96, so ist das allgemein etablierte 5%ige Signifikanzniveau erreicht. Die Masszahl ρ^2 oder Pseudo ρ^2 gibt die Höhe der Verbesserung der Schätzung gegenüber dem Nullmodell, also dem parameterlosen Ausgangsmodell der Schätzung an. Sie berechnet sich aus

$$1 - \frac{\text{LL - Wert des geschätzten Modells}}{\text{LL - Wert des Nullmodells}}$$

Pseudo ρ^2 nimmt dementsprechend Werte zwischen 0 und 1 an. Je grösser der Wert wird, desto höher ist die relative Modellgüte. Der Wert 0 bedeutet, dass das gesamte Logit Modell durch die Einführung von Variablen gegenüber dem Nullmodell keine höhere Modellgüte aufweist. Würde der theoretische Wert 1 erreicht, dann hat das Modell die höchste Modellgüte und den maximal möglichen LL-Wert 0 erreicht. Im allgemeinen bedeutet ein Wert von Pseudo $\rho^2 > 0.3$ in der Modellierung bereits eine genügend hohe Erklärungskraft des Gesamtmodells.

Es wurden insgesamt vier Modellreihen geschätzt, d.h. jeweils eine für die drei SP-Blöcke (Fragegruppe 3, 4/Routenwahl und 4/Verkehrsmittelwahl) sowie eine Kombination aus den Routenwahl-SPs (Fragegruppen 3 und 4/Routenwahl). Als Instrument für die Schätzung ist die Software Limdep 7.0 eingesetzt worden, s.a. Greene (1995). Das kombinierte Modell ist ein Nested Logit Modell mit zwei Nestern. Das eine Nest besteht aus den Alternativen der Frage 3. Im zweiten Nest jeweils die Alternativen der Routenwahlfrage 4 angeschlossen.

Die Tabelle 13, die Tabelle 14 und die Tabelle 15 zeigen die wichtigsten Modellfortschritte der 3 Modelllinien für die Routenwahlexperimente. Darin fliessen die folgenden Variablen ein:

- Fahrzeit: Herkömmliche Reisezeit in Minuten der beschriebenen Routen
- Verspätungswahrscheinlichkeit: Anzahl an Tagen pro Woche, an denen auf einer Route eine Störung auftritt
- Verspätungsdauer: Durchschnittliche Verzögerung in Minuten bei Eintritt einer Störung auf der Route
- Zuschlägliche Kosten (Maut): Gebühren bzw. Fahrpreisaufschläge in CHF für volle Verlässlichkeit
- Sprache: Sprache, in der das Telefoninterview der KEP geführt wurde. Codierung: Deutsch (0), Französisch (1)

Abweichend davon sind in einem Modell Grundlage nicht die Originalwerte der Variablen Verspätungswahrscheinlichkeit, Verspätungsdauer sowie Zuschlägliche Kosten eingesetzt worden, sondern deren Mittelwert und Standardabweichung über die einzelnen Personen.

Tabelle 13: Modellfortschritt Routenwahlmodell, Fragegruppe 3

| Variablen | Konstantenmodell | | Lineares Modell | | Quadratisches Modell | | Modell mit \bar{x} und Std. | |
|--|------------------|--------|-----------------|--------|----------------------|--------|-------------------------------|--------|
| | Koeff. | t-Test | Koeff. | t-Test | Koeff. | t-Test | Koeff. | t-Test |
| Konstante unzuverlässige Route | 0.304 | 10.62 | 1.471 | 12.27 | 3.507 | 8.334 | 4.866 | 3.089 |
| Verspätungswahrscheinlichkeit | | | -0.839 | -16.61 | -2.577 | -7.675 | -2.522 | -5.806 |
| Verspätungswahrscheinlichkeit ² | | | | | 0.477 | 5.353 | 0.812 | 6.279 |
| Verspätungsdauer | | | -0.053 | -17.48 | -0.135 | -6.273 | -0.027 | -1.165 |
| Verspätungsdauer ² | | | | | 0.001 | 3.771 | 0.001 | -20.61 |
| Zuschl. Kosten | | | -0.067 | -28.17 | -0.105 | -8.335 | -0.869 | -8.129 |
| Zuschl. Kosten ² | | | | | 0.006 | 3.171 | 0.001 | 1.965 |
| L(0) | -3469 | | -3469 | | -3469 | | -3469 | |
| L | -3468 | | -2564 | | -2547 | | -2688 | |
| ρ^2 | 0.016 | | 0.259 | | 0.264 | | 0.224 | |

Tabelle 14: Modellfortschritt Routenwahlmodell, Fragegruppe 4/2

| Variablen | Konstantenmodell | | Lineares Modell | | Quadratisches Modell | |
|--|------------------|--------|-----------------|--------|----------------------|--------|
| | Koeff. | t-Test | Koeff. | t-Test | Koeff. | t-Test |
| Konstante für verlässliche Route | 0.2783 | 5.109 | 2.3127 | 3.944 | -15.5434 | -2.330 |
| Fahrzeit | | | -0.0603 | -5.501 | 0.2422 | 0.994 |
| Fahrzeit ² | | | | | -0.0031 | -1.287 |
| Verspätungswahrscheinlichkeit | | | 0.0472 | 9.868 | -0.1759 | -2.581 |
| Verspätungswahrscheinlichkeit ² | | | | | 0.0187 | 3.547 |
| Verspätungsdauer | | | -0.0723 | -7.530 | -0.1375 | -2.832 |
| Verspätungsdauer ² | | | | | 0.0179 | 2.235 |
| L(0) | -952 | | -952 | | -952 | |
| L | -939 | | -718 | | -695 | |
| ρ^2 | 0.0131 | | 0.2425 | | 0.2654 | |

Während der Schätzung der Modellreihen wurden zunächst Konstanten eingeführt. In weiteren Schritten sind sukzessive Entscheidungsgrößen eingeführt worden. Variationen davon

waren die Einführung generischer Variablen, spezifischer, sowie quadratischer und logarithmierter Terme. Zuletzt wurden soziodemographische Parameter eingeführt. So konnten teilweise Fortschritte in der Modellgüte erreicht werden. Variablen, für die in der Schätzung nicht signifikante Parameter ermittelt wurden, sind in der Entwicklung nicht weitergeführt worden. Die Einführung von statischen Grössen wie Mittelwert und Streuung zur Abbildung der Verlässlichkeitsparameter brachte wider Erwarten keine Steigerung der Modellgüte. Die Tabelle 13 zeigt sowohl ein Modell mit linearen, sowie quadrierten Variablen als auch ein Modell, in dem Mittelwert und Standardabweichung der Variablen Verspätungswahrscheinlichkeit, Verspätungsdauer sowie Zuschlägliche Kosten über die einzelnen Personen eingesetzt wurde. Ein derartiges Modell liess sich allerdings ausschliesslich für die Fragegruppe 3 schätzen. Komplexere Modelle mit diesen Variablen führten wiederum zu schlechteren Ergebnissen.

Tabelle 15: Modellfortschritt kombiniertes Routenwahlmodell, Fragegruppen 3 und 4/2

| Variablen | Konstantenmodell | | Lineares Modell | | Quadratisches Modell | |
|--|------------------|--------|-----------------|---------|----------------------|--------|
| | Koeff. | t-Test | Koeff. | t-Test | Koeff. | t-Test |
| Konstante für die unzuverlässige Route | -0.2783 | -0.126 | -2.4083 | -3.980 | -32.7124 | -5.771 |
| Konstante für verlässliche Route | -0.1518 | -0.215 | -3.0702 | -16.564 | -8.7597 | -6.645 |
| Fahrzeit | | | -0.2141 | -12.871 | -0.1751 | -1.302 |
| Fahrzeit ² | | | | | 0.0037 | 0.219 |
| Verspätungswahrscheinlichkeit | | | -0.9442 | -9.868 | -7.6054 | -4.803 |
| Verspätungswahrscheinlichkeit ² | | | | | 1.7506 | 4.372 |
| Verspätungsdauer | | | -0.1418 | -13.851 | -0.0837 | -3.985 |
| Verspätungsdauer ² | | | | | 0.0032 | 2.002 |
| Zuschlägliche Kosten (Maut) | | | -0.0677 | -16.608 | -0.1051 | -8.335 |
| Zuschlägliche Kosten ² | | | | | 0.0067 | 3.171 |
| L(0) | -8848 | | -8848 | | -8848 | |
| L | -4350 | | -3283 | | -3242 | |
| ρ^2 | 0.5077 | | 0.6281 | | 0.6333 | |

Neben den gezeigten Schritten wurden noch weitere Modellschätzungen durchgeführt und verschiedene Ansätze ausprobiert. Hierbei trat immer wieder das Problem auf, dass sich viele

Parameter nicht eindeutig schätzen liessen. Eine Erhöhung der Modellgüte konnte nicht verzeichnet werden, so dass eine entsprechende Modellentwicklung nicht weitergeführt wurde.

6.3.2 Modellabschluss

Tabelle 16 zeigt die Modellcharakteristik der drei Routenwahlmodelle, die für die einzelnen Linien einen möglichen Endstand darstellen. Ausgangspunkt der Schätzung war jeweils ein koeffizientloses Modell, dessen Wert $L(0)$ der Log-Likelihood-Funktion in den weiter entwickelten Modellen in allen Fällen vergrössert werden konnte. Die LL-Funktion stellt einen wichtigen Indikator der Modellgüte dar (s.a. Kap. 2.1). Es zeigt sich, dass besonders in dem kombinierten Modell eine starke Verbesserung erreicht werden konnte. Dies spiegelt sich vor allem im Pseudo ρ^2 wieder, die mit 0.633 eine sehr hohe relative Modellgüte bescheinigt. Weiterhin sind praktisch alle Parameter hoch signifikant und fliessen mit den erwarteten Vorzeichen ein. Eine Ausnahme stellt die quadrierte Verspätungsdauer dar. Diese Variable wurde aus Gründen der Kontinuität trotz fehlender Signifikanz beibehalten. Die einfache Struktur der Modelle ist letztlich ein weiterer Aspekt, der für einen Abschluss der Modellschätzungen mit den vorgeschlagenen Modellen spricht. Die Inklusivwerte der Nester des kombinierten Modells liegen jeweils bei 1.000, wobei dieser Wert für das erste Netz vordefiniert wurde. Die Inklusivwerte können als erklärende Variable des anderen Nests angesehen werden und geben hier Auskunft über die relative Streuung der Residuen.

Die dargestellten Modelle zeigen die Einordnung der Verlässlichkeitsparameter in eine Reihe etablierter Grössen bei Routenwahlentscheidungen wie zeitliche und monetäre Kosten. Auffällig ist vor allem, dass die zeitliche Varianz an sich (durch die Verspätungswahrscheinlichkeit verkörpert) einen wesentlich höheren Einfluss hat als deren zeitliche Dauer.

Die Variablen des kombinierten Modells im einzelnen: Die Fahrzeit ist die herkömmliche Reisezeit in Minuten der beschriebenen Routen. Der negative Einfluss der Grösse auf die Wahl der Route ist erwartungsgemäss hoch.

Die Verspätungswahrscheinlichkeit wird in der Befragung mit der Anzahl an Tagen pro Woche beschrieben, an denen auf einer Route eine Störung auftritt. Diese Route ist bei störungsfreiem Betrieb schneller als die Route mit garantierter Ankunftszeit. Im Modell ist diese Wahrscheinlichkeit prozentual beschrieben. Die Skalierung hat entsprechend eine sehr ähnliche Grössenordnung wie die der Reisezeit. Um so stärker ist der negative Einfluss einzuschätzen, den diese Variable auf das Entscheidungsverhalten besitzt.

Die Verspätungsdauer ist definiert als durchschnittliche Verzögerung in Minuten bei Eintritt einer Störung auf der schnelleren, aber unzuverlässigen Route. Der Einfluss ist geringer einzustufen, auch wenn der Parameter hoch signifikant ist. Offensichtlich ist die Verspätung als solche bzw. deren Häufigkeit wesentlich entscheidender.

Die Variable Zusätzliche Kosten (Maut) beschreibt die neben den herkömmlichen Fahrtkosten entstehenden Gebühren bzw. Fahrpreisaufschläge in CHF. Diese würden für die Befragten zu einer vollen Zuverlässigkeit führen. Die Parameter zeigen den erwarteten, negativen Einfluss, den Kostenparameter im allgemeinen besitzen. Allerdings ist dieser Faktor nur schwach ausgeprägt.

Tabelle 16: Modellcharakteristik Routenwahlmodelle

| Variablen | Routenwahl monetär Frage 3 | | Routenwahl zeitlich Frage 4/2 | | Kombiniertes Routenwahlmodell | |
|--|-------------------------------|--------|----------------------------------|--------|----------------------------------|---------|
| | Koeff. | t-Test | Koeff. | t-Test | Koeff. | t-Test |
| Konstante für die unzuverlässige Route | 3.267 | 7.348 | | | -21.876 | -5.700 |
| Konstante für verlässliche Route | | | -24.587 | -4.772 | -11.532 | -13.685 |
| Fahrzeit | | | 0.654 | 3.782 | -0.306 | -11.385 |
| Fahrzeit ² | | | -0.073 | -4.153 | 0.002 | 9.124 |
| Verspätungswahrscheinlichkeit | -2.603 | -7.733 | -0.274 | -4.938 | -3.125 | -10.097 |
| Verspätungswahrscheinlichkeit ² | 0.483 | 5.399 | 0.003 | 5.668 | 0.626 | 7.824 |
| Verspätungsdauer | -0.137 | -6.318 | -0.033 | -2.966 | 0.122 | 10.078 |
| Verspätungsdauer ² | 0.013 | 3.810 | | | -0.001 | -1.142 |
| Zuschlägliche Kosten (Maut) | -0.106 | -8.376 | | | -0.117 | -9.392 |
| Zuschlägliche Kosten ² | 0.007 | 3.201 | | | 0.001 | 4.132 |
| Wegzweck Arbeit | -0.070 | -4.689 | | | -0.071 | -4.697 |
| Sprache: Französisch | -0.144 | -1.635 | | | -0.207 | 2.646 |
| N | 5004 | | 1374 | | 6378 | |
| L (0) | -3469 | | -952 | | -8841 | |
| L (C) | -3411 | | -939 | | -4350 | |
| L (β) | -2535 | | -695 | | -3235 | |
| ρ ² | 0.267 | | 0.266 | | 0.633 | |

Soziodemografische Parameter hatten in keinem Modell signifikante Einflüsse. Lediglich die Sprache hat einen signifikanten Anteil in der Entscheidungsfindung. Die Sprache (Deutsch = 0, Französisch = 1), in der das rekrutierende Interview geführt wurde und in der entsprechend die Fragebögen versandt wurden, ist nicht direkt mit dem Wohnort in einem der Landesteile verknüpft. Sie kann aber durchaus als ein Indikator für unterschiedliche Werthaltungen und Einstellungen angesehen werden. Diese haben eine scheinbare Relevanz bei Verkehrsentscheidungen.

Tabelle 17: Modellcharakteristik Kombinierte Routenwahlmodelle nach Nutzergruppen

| Variablen | PW-Fahrer | | ÖV-Benützer | | Gesamt | |
|--|-----------|---------|-------------|--------|---------|---------|
| | Koeff. | t-Test | Koeff. | t-Test | Koeff. | t-Test |
| Konstante für die unzuverlässige Route | -0.261 | -0.547 | -1.902 | -4.982 | -21.876 | -5.700 |
| Konstante für verlässliche Route | -13.024 | -10.797 | -11.615 | -90916 | -11.532 | -13.685 |
| Fahrzeit | -0.354 | -9.399 | -0.292 | -7.694 | -0.306 | -11.385 |
| Fahrzeit ² | 0.003 | 7.511 | 0.002 | 6.116 | 0.002 | 9.124 |
| Verspätungswahrscheinlichkeit | -2.237 | -5.208 | -3.634 | -8.694 | -3.125 | -10.097 |
| Verspätungswahrscheinlichkeit ² | 0.389 | 3.529 | 0.757 | 7.057 | 0.626 | 7.824 |
| Verspätungsdauer | 0.128 | 9.353 | 0.011 | 7.580 | 0.122 | 10.078 |
| Verspätungsdauer ² | -0.012 | -1.891 | -0.004 | -0.611 | -0.001 | -1.142 |
| Zuschlägliche Kosten (Maut) | -0.095 | -5.470 | -0.130 | -7.552 | -0.117 | -9.392 |
| Zuschlägliche Kosten ² | 0.001 | 1.474 | 0.002 | 3.945 | 0.001 | 4.132 |
| Wegzweck Arbeit | -0.004 | -2.128 | -0.025 | -1.850 | -0.071 | -4.697 |
| Sprache: Französisch | -0.062 | -1.716 | -0.313 | -2.956 | -0.207 | 2.646 |
| N | 3286 | | 3092 | | 6378 | |
| L (0) | -4555 | | -4286 | | -8841 | |
| L (C) | -2208 | | -2130 | | -4350 | |
| L (β) | -1613 | | -1628 | | -3235 | |
| adj. ρ ² | 0.644 | | 0.619 | | 0.633 | |

Die Tabelle 17 zeigt noch einmal die Modelle im Vergleich für die Nutzergruppen IV und ÖV. Es lassen besonderen Unterschiede beim Einfluss der Entscheidungsvariablen erkennen. Hervorzuheben ist aber der höhere Einfluss der Verspätungswahrscheinlichkeit bei den ÖV-Benützern. Hier scheint die Verlässlichkeit, die bei öffentlichen Verkehrsmitteln durch die fest definierten Fahrzeiten anhand der Fahrpläne prognostiziert wird, einen höheren Stellenwert einzunehmen.

Die Fragegruppe 4 (Verkehrsmittelwahl) ist nicht als klassisches Verkehrsmittelwahl-SP aufgebaut. Die Geldkostenkomponente wurde nicht integriert, da dieser Befragungsteil aufgrund seiner Abstraktion ohnehin sehr kompliziert ist. Tabelle 18 zeigt das Endmodell. Die Erklärungskraft ist allerdings gering, wie Pseudo ρ² zeigt. Es liessen sich während der Schätzung wenig signifikante Parameter feststellen. Erweiterungen des Modells, wie oben beschrieben,

haben keine Verbesserung ergeben. Komplexere Modelle ergaben ausschliesslich nicht signifikante Koeffizienten. Auch das hier gezeigte Modell enthält nicht signifikante Faktoren. Die Variable Verspätungswahrscheinlichkeit stellt einen Teil des Untersuchungsgegenstandes dar und ist deshalb bei der Schätzung nicht entfernt worden. Erstaunlich ist der geringe negative Einfluss des Halbtaxbesitzes auf die Wahlentscheidung für Pw.

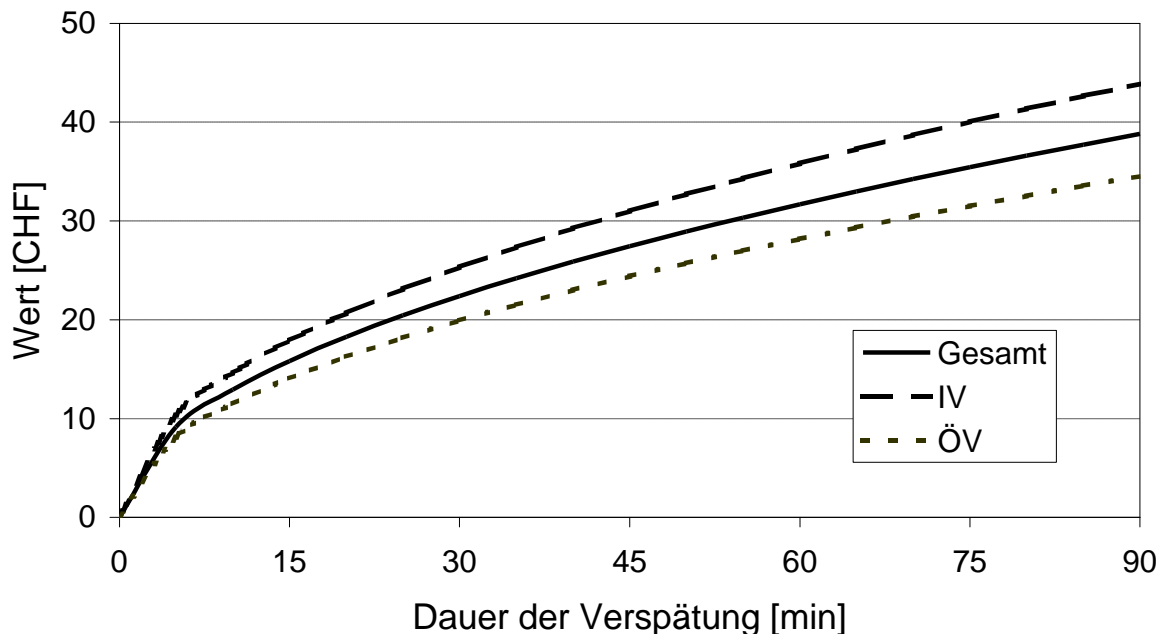
Tabelle 18: Modellcharakteristik Verkehrsmittelwahlmodell

| Variablen | Verkehrsmittelwahl Frage 4/1 | |
|---------------------------------------|------------------------------|---------|
| | Koeff. | t-Test |
| Konstante Bahn | 0.393 | 0.619 |
| Konstante PW, unzuverlässige Route | -0.217 | -0.313 |
| Fahrzeit Bahn | -0.035 | -10.873 |
| Fahrzeit PW verlässliche Route | -0.031 | -7.498 |
| Fahrzeit PW unzuverlässige Route | -0.060 | -9.987 |
| Verspätungs- wahrscheinlichkeit | -0.003 | -0.642 |
| Halbtax | -0.110 | -3.588 |
| Sprache: Französisch | -0.533 | -2.634 |
| Alter | 0.022 | 3.167 |
| N | 1251 | |
| L (0) | -1374 | |
| L (C) | -1269 | |
| L (β) | -1122 | |
| adj. ρ^2 | 0.173 | |

6.4 Wert der Verlässlichkeit

Ein Hauptziel verbunden mit den Modellschätzungen war die Ermittlung eines monetären Wertes für die Verlässlichkeit. Hierzu wurde das kombinierte Routenwahlmodell in seiner oben gezeigten Endform herangezogen. In diesem Modell gehen alle, die Verlässlichkeit beschreibenden Variablen bzw. deren Parameter in quadratischer Form ein. Anders als in linearen Modellen kann hier ein Wert für eine Zeiteinheit nicht ermittelt werden. Durch die quadratische Funktion ergibt sich ein Wert ja nach Ausprägung der Variablen.

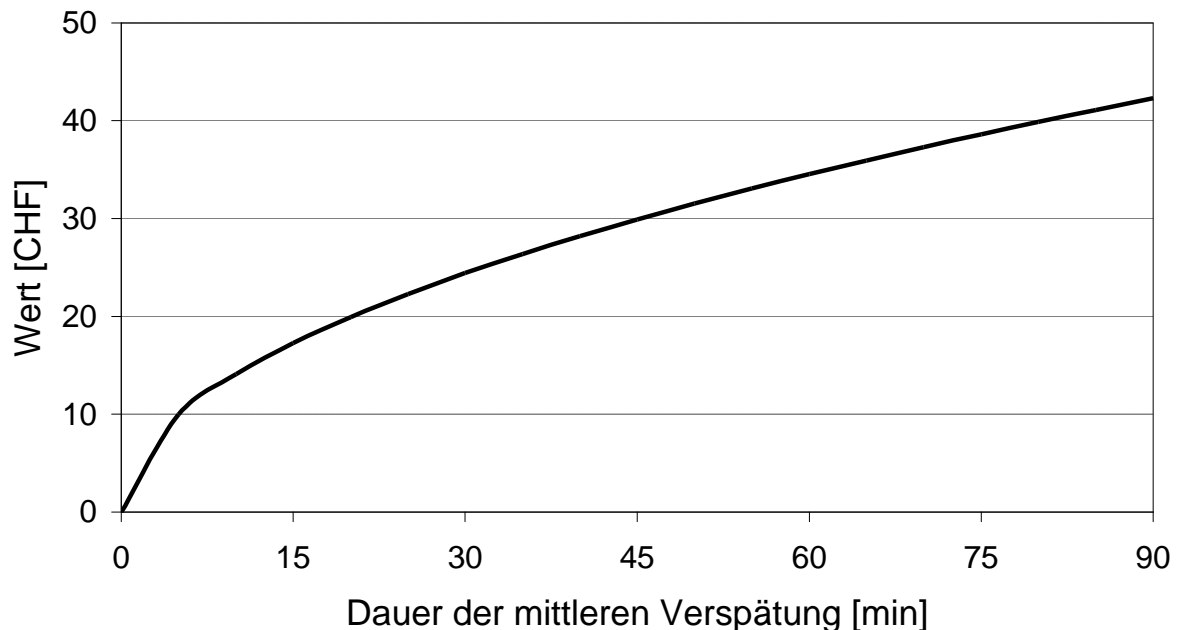
Abbildung 8: Funktion des Wertes für die Verspätungsdauer bei gegebener Verspätungswahrscheinlichkeit von durchschnittlich 41.7% an Werktagen (Kombiniertes Routenwahlmodell, Fragen 3 und 4/2)



Ein klassischer Wert für die Verlässlichkeit in der Einheit [Geldwert pro Zeiteinheit] nach dem Vorbild anderer Zeitkosten wie Arbeitszeit, Reisezeit usw. lässt sich aus der Bewertung einer unerwarteten Verspätung ableiten. Teil des kombinierten Routenwahlmodells ist eine Preisvariable (zuschlägliche Kosten für eine voll zuverlässige Route) und eine Zeitvariable für die Dauer der unerwarteten Verspätung. Beide Variablen fließen mit linearen und quadratischen Anteilen in die Modellgleichung ein (vgl. Kap. 6.3.2). Zur Berechnung eines Geldwertes betrachtet man ausschliesslich diese Parameter und löst die Gleichung nach den Kosten auf. So erhält man eine quadratische Funktion für die Höhe von in Kauf genommenen Kosten in Abhängigkeit von der Dauer der Verspätung (vgl. Abbildung 8). Für eine Verspätung von 60 Minuten ergibt sich ein Wert CHF 31,65. Die zu Grunde liegende Situation der Frage 3 bezieht sich auf einen hypothetischen, täglichen Weg zum Arbeitsplatz und auf entsprechende unerwartete Verspätungen auf einer Standardroute, sowie den eine zuschlagpflichtige Route mit garantierter also 100% verlässlicher Reisezeit. In diesem Sinne beschreibt die ermittelte Funktion den Wert der Verlässlichkeit für Arbeitswege. Betrachtet man die linearen Modelle, so ergibt sich ein ähnliches Bild. Das Verhältnis von Verspätungsdauer und Maut lässt die Berechnung von Zeitwerten zu. Analog zu den kombinierten quadrati-

schen Modellen erhält man Werte, die bei CHF 30,- pro Stunde liegen (z.B. Tabelle 15: 28,65 CHF/h). Die Werte unterstützen die also die Ergebnisse der quadratischen Funktionen.

Abbildung 9: Funktion des Wertes für mittlere Verspätungsdauer (monetäres Routenwahlmodell, Frage 3)

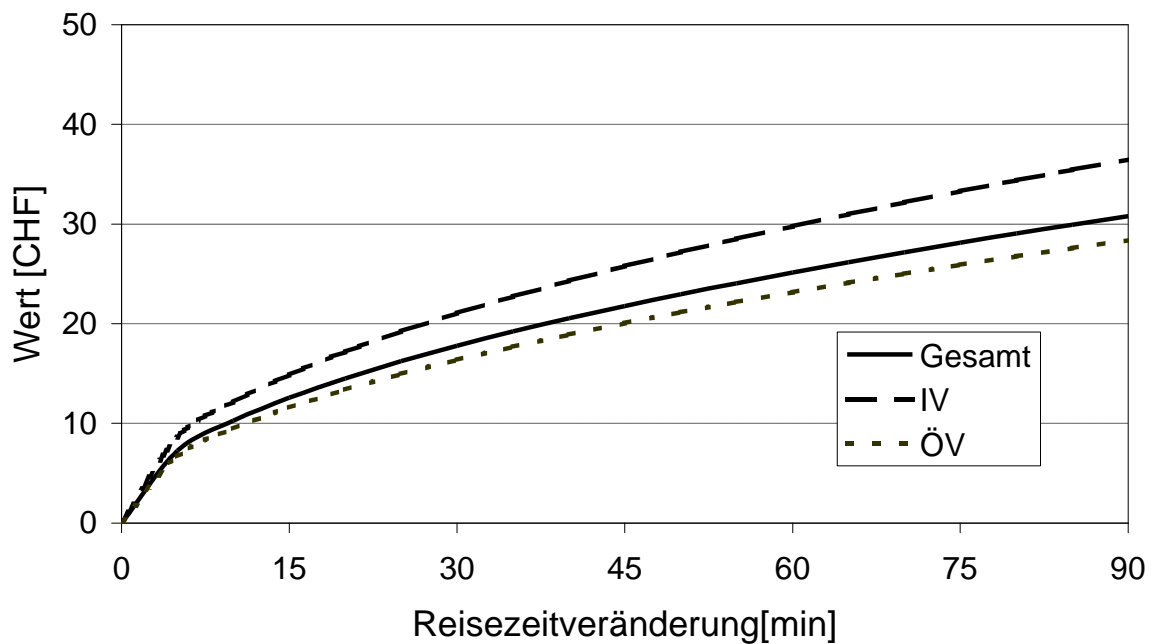


Betrachtet man statt der Werte, die den Befragten pro Szenario präsentiert werden, die mittlere Verspätung, so gibt dies ein homogeneres Bild des Entscheidungsverhaltens der jeweiligen Person. Abbildung 9 zeigt die entsprechende Funktion, die insgesamt einen ähnlichen allerdings etwas steileren Verlauf hat. Bei 60 Minuten ergibt sich ein Wert 34,53 CHF. Der Funktion liegen die Werte des Modell aus Tabelle 13 zu Grunde.

Dieser Wert der Verlässlichkeit ist unabhängig von anderen Zeitwerten wie dem Wert der Reisezeit zu sehen. Eine laufende Studie zu Zeitkostensätzen im schweizerischen Personenverkehr konzentriert sich auf die Schätzung solcher Kennzahlen (Forschungsauftrag 2001/534 der SVI). Hier werden mit verschiedenen linearen und auch mehrdimensionalen Ansätzen entsprechende Werte für den Schweizerischen Verkehrsmarkt ermittelt. Erste Anhaltspunkte können aber in der vorliegenden Studie gegeben werden. Die Abbildung 10 zeigt die Verläufe quadratischer Funktion für einen Wert der Reisezeit. Die Aussagekraft der Kurven muss unter der Einschränkung verstanden werden, dass die monetären Werte ausschliesslich die zusätzlichen Kosten für die erhöhte Pünktlichkeit berücksichtigen. Die in anderen Untersuchungen zu Grunde liegenden Kosten wie Kilometerpreise bzw. ÖV-Fahrpreise wurden in dieser Studie

nicht als Entscheidungsvariablen geführt und fliessen somit auch nicht in die Modellierung ein. Insgesamt zeigen die Kurven einen ähnlichen Verlauf, wie in Abbildung 8. Die Werte sind aber erwartungsgemäss niedriger als bei der Bewertung der Verlässlichkeit. Für eine Stunde Reisezeit ergibt sich ein Wert von 25.14 CHF. Die Werte aus den linearen Modellen bestätigen die Kurven der Funktion (z.B. Tabelle 15: 18,98 CHF/h), auch wenn diese etwas niedriger liegen.

Abbildung 10: Funktion des Wertes für Einsparungen bei der Reisezeit (Frage 3 und 4/2)



7. Schlussfolgerungen und Forschungsbedarf

Die Analyse der bisher geleisteten Forschungstätigkeit hat gezeigt, dass die Verlässlichkeit des Verkehrssystems als ein entscheidender Faktor im Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer anzusehen ist. Es gab in den vergangenen Jahren verschiedenste Ansätze, diesen Faktor als Variable in der Entscheidungsmodellierung zu berücksichtigen.

Ein Problem in diesem Zusammenhang ist bislang noch nicht ausreichend gelöst. Dies ist die empirische Messung des Einflusses der Verlässlichkeit. Die vorliegende Studie hat hier angesetzt. Es wurden verschiedene Arten der Darstellung von Verlässlichkeit präsentiert. Zusätzlich wurden die durchgeführten SP-Experimente nach der Art der Wahlentscheidung differenziert und aus den erhobenen Daten getrennte und kombinierte Entscheidungsmodelle geschätzt.

Die Ergebnisse bestätigen erneut das Gewicht der Verlässlichkeit innerhalb des Entscheidungsverhaltens der Verkehrsteilnehmer. Dazu wurden verschiedene Modelle geschätzt. Besonders hervorzuheben ist ein kombiniertes Routenwahlmodell, das sich durch eine hohe Modellgüte auszeichnet. Die Parameter der Variablen, die die Verlässlichkeit beschreiben, sind hoch signifikant. Die Verspätungswahrscheinlichkeit besitzt einen deutlichen Einfluss auf die Wahlentscheidung. Sie ist unabhängig von Höhe ihrer Dauer. Der Einfluss einer möglichen Unpünktlichkeit auf die Wahlentscheidung ist wesentlich grösser als die Dauer dieser Verspätung. Aus diesen Schätzungen konnte eine Funktion eines Wertes der Verlässlichkeit ermittelt werden. Für Arbeitswege ergab sich ein Wert von CHF 31,50 bei einer unerwarteten Verspätung von 60 Minuten. Dieser Wert ist unabhängig von anderen Zeitwerten wie einem Wert für die Reisezeit zu sehen. Hier kann auf eine laufende Studie zu Zeitkostensätzen im schweizerischen Personenverkehr verwiesen werden.

Nicht getestet wurde bislang, in wie weit die Wahl der Abfahrtszeit, mit der Variationen der Reisezeit kompensiert werden können, als Messkriterium genutzt werden kann. Hier hat der Verkehrsteilnehmer die Möglichkeit, durch eine zeitliche Verschiebung die Verlässlichkeit eines Verkehrsmittels auszugleichen. Weitere Studien sollten in diesem Zusammenhang auch klären, welche Restriktionen bei der Wahl der Abfahrtszeit auftreten. So könnte abschliessend geklärt werden, in welchem Masse Unzuverlässigkeiten für den Nutzer des Verkehrssystems durch zeitliche Verschiebungen reduziert werden können. Hierzu sind weitere Studien geplant.

8. Literatur

- Abdel-Aty, M.A., R. Kitamura und P.P. Jovanis (1995) Investigating the effect of travel time variability on route choice using repeated measurement stated preference data, *Transportation Research Record*, **1493**, 39-45.
- Abkowitz, M.D. (1981) Understanding the Effect of Transit Service Reliability on Work-Travel Behavior, *Transportation Research Record*, **794**, 33-41.
- Ackermann, T. (1998) Die Bewertung der Pünktlichkeit als Qualitätsparameter im Schienenpersonenverkehr auf Basis der direkten Nutzenmessung, *Forschungsarbeiten des Verkehrswissenschaftlichen Instituts an der Universität Stuttgart*, **21**, Universität Stuttgart, Stuttgart.
- Axhausen, K.W. (1989) Direkte Nutzenmessung - Ein Ansatz zur Schätzung von Entscheidungsmodellen - Zwei Anwendungen, *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*, **60** (4) 323-344.
- Axhausen, K.W., T. Haupt, B. Fell und U. Heidl (2001) Searching for the rail bonus. Results from a panel SP/RP study, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, **1** (4) 20-29.
- Axhausen, K.W., W. Bogner, M. Herry, H. Verron, H. Volkmar, W. Wichmann und D. Zumkeller (1996) Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences, FGSV, Köln.
- Bates, J.J. (2000) Reliability – The missing model variable, in D. Hensher (Hrsg.) *Travel Behavior Research - The Leading Edge*, 527-546, Elsevier, Oxford.
- Bates, J.J., P.M. Jones, J.W. Polak und X.-L. Han (1997) The investigation of punctuality and reliability: Re-analysis of some existing data sets, Transport Studies Group, University of Westminster, London.
- Bates, J.J., J.W. Polak, P.M. Jones und A.J. Cook (2001) The valuation of reliability for personal travel, *Transportation Research Part E*, **37** (2-3) 191-221.
- Ben-Akiva, M.E. und S.R. Lerman (1987) *Discrete Choice Analysis*, MIT Press, Cambridge.
- Bossel, H. (1994) *Modellbildung und Simulation*, Vieweg, Braunschweig.
- Bradley, M.A. und A.J. Daly (1997) Estimation of logit choice models using mixed stated-preference and revealed-preference Information, in M.L. Gosselin (Hrsg.) *Understanding Travel Behaviour in an Era of Chance*, 209-231, Pergamon, Oxford.
- Brownstone, D., D.S. Bunch und K. Train (2000) Joint mixed logit models of stated and revealed preferences for alternative-fuel vehicles, *Transportation Research B*, **34** (5) 315-338.
- Cook, A.J., P.M. Jones, J.J. Bates und M. Haight (2000) Improved methods of representing travel time reliability in SP experiments, Centre for Transportation Studies, Imperial College, London.
- Domencich, T.A. und D. McFadden (1975) *Urban Travel Demand - A Behavioral Analysis*, Nord Holland, Amsterdam.
- Fujii, S. und R. Kitamura (2000) Framing uncertain travel times: A re-examination of departure time choice, Vortrag bei 9th IATBR Conference, Gold Coast.
- Gaver, D.P. (1968) Headstart strategies for combating congestion, *Transportation Science*, **2** (2) 172-181.
- Giuliano, G. (1989) Incident characteristics, frequency and duration on a high volume urban freeway, *Transportation Research A*, **23** (5) 387-396.
- Greene, W.H. (1995) *Limdep version 7.0 User's Manual*, Econometric Software, Bellport.

- Hall, R.W. (1993) Travel outcome and performance: The effect of uncertainty on accessibility, *Transportation Research B*, **17** (4) 275-290.
- Hultkrantz, L. und R. Mortazavi (2001) Anomalies in the value of travel-time changes, *Journal of Transport Economics and Policy*, **35** (2) 285-300.
- Jackson, B.W. und J.V. Jucker (1981) An empirical study of travel time variability and travel choice behaviour, *Transportation Science*, **16** (4) 460-475.
- Kraft, E.R. (1995) The link between demand variability and railroad service reliability, *Transportation Research Forum*, **34** (2) 27-42.
- Lo, H.K. und Y.K. Tung (2001) Network design for improving trip time reliability, Vortrag bei 80th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Maier, G. und P. Weiss (1990) *Modelle diskreter Entscheidungen*, Springer-Verlag, Wien.
- Noland, R.B. (1999) Information in a two-route network with recurrent and nonrecurrent congestion, in P. Nijkamp (Hrsg.) *Behavioural and network impacts of driver information systems*, Ashgate Publishing, Aldershot.
- Noland, R.B. (2000) Simulated relationships between highway capacity, transit ridership and service frequency, *Journal of Public Transportation*, **3** (1) 2-15.
- Noland, R.B. und K.A. Small (1995) Travel time uncertainty, departure time choice and the cost of morning commutes, *Transportation Research Record*, **1493**, 150-158.
- Noland, R.B. und J.W. Polak (2001) Travel time variability: A review of theoretical and empirical Issues, Vortrag bei 80th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Noland, R.B., K.A. Small, P. Koskenoja und X. Chu (1998) Simulating travel reliability, *Regional Science and Urban Economics*, **28** (5) 535-564.
- Ortuzar, J.de und L.G. Willumsen (1994) *Modelling Transport*, John Wiley & Sons, Chichester.
- Polak, J.W. (1987) Travel time variability and departure time choice: A utility theoretic approach, Transportation Studies Group, Polytechnic of Central London, London.
- Polak, J.W. (1996) An overview of recent literature on modelling effects travel time variability, Centre for Transport Studies, Imperial College London, London.
- Polydoropoulou, A. und M.E. Ben-Akiva (2001) Combined RP/SP nested logit access/mode choice model for multiple mass transit technologies, Vortrag bei 80th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.
- Prashker, J.N. (1979) Mode choice models with perceived reliability measures, *Transportation Engineering Journal*, **49** (3) 251-262.
- Saelensminde, K. (2001) Inconsistent choices in Stated Choice data, *Transportation*, **28** (6) 269-296.
- Senna, L.A.D.S. (1994) The influence of travel time variability on the value of time, *Transportation*, **21** (2) 203-228.
- Small, K.A. (1982) The scheduling of consumer activities: Work trips, *American Economic Review*, **72** (3) 467-479.
- Small, K.A. und J. Yan (2000) Diversity in the valuation of travel time and reliability, University of California Transportation Center, Irvine.
- Steierwald, G. und H.D. Künne (1994) *Stadtverkehrsplanung*, Springer-Verlag, Berlin.
- Strathman, J.G., K.J. Dueker, T. Kimpel, R.L. Gerhart, K. Turner, P. Taylor, S. Callas und D. Griffin (2000) Service Reliability Impacts of Computer-Aided Dispatching and Automatic Vehicle Location Technology: A Tri-Met Case Study, *Transportation Quarterly*, **54** (3) 85-102.

Anhang A: Versuchspläne

Tabelle 19: Versuchsplan, Fragegruppe 3

| Entscheidungssituation | Anzahl Störungstage | Störungsdauer | Maut |
|------------------------|---------------------|---------------|------|
| 1 | 3 | 1 | 2 |
| 2 | 2 | 3 | 2 |
| 3 | 1 | 3 | 3 |
| 4 | 1 | 2 | 2 |
| 5 | 3 | 3 | 1 |
| 6 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 3 | 2 | 3 |
| 8 | 2 | 1 | 3 |
| 9 | 2 | 2 | 1 |
| 10 | 2 | 2 | 2 |
| 11 | 2 | 3 | 1 |
| 12 | 1 | 1 | 3 |
| 13 | 1 | 3 | 2 |
| 14 | 3 | 3 | 1 |
| 15 | 1 | 1 | 1 |
| 16 | 3 | 1 | 3 |
| 17 | 2 | 1 | 1 |

Tabelle 20: Versuchsplan Fragegruppe 4 (Variante Verkehrsmittelwahl)

| Entscheidungssituation | Dauer Bahn / PW mit Umweg | Dauer PW normale Strecke | Pünktlichkeit PW normale Strecke |
|------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 3 |
| 2 | 2 | 1 | 1 |
| 3 | 1 | 2 | 3 |
| 4 | 1 | 1 | 2 |
| 5 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | 3 | 3 | 5 |
| 7 | 1 | 2 | 5 |
| 8 | 2 | 2 | 4 |
| 9 | 3 | 2 | 2 |
| 10 | 1 | 3 | 2 |
| 11 | 2 | 1 | 4 |
| 12 | 2 | 1 | 5 |
| 13 | 3 | 1 | 3 |
| 14 | 1 | 2 | 4 |
| 15 | 1 | 2 | 1 |
| 16 | 1 | 1 | 5 |
| 17 | 2 | 1 | 2 |
| 18 | 2 | 2 | 3 |
| 19 | 1 | 3 | 4 |
| 20 | 2 | 2 | 5 |
| 21 | 2 | 3 | 1 |
| 22 | 1 | 1 | 3 |
| 23 | 1 | 1 | 1 |
| 24 | 3 | 2 | 1 |
| 25 | 3 | 1 | 4 |

Tabelle 21: Versuchsplan Fragegruppe 4 (Variante Routenwahl)

| Entscheidungssituation | Fahrzeit Route A | Fahrzeit Route B | Verspätungstage | Verspätungsdauer |
|------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 1 | 3 | 2 | 3 | 1 |
| 2 | 3 | 3 | 1 | 2 |
| 3 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 4 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| 5 | 2 | 2 | 1 | 3 |
| 6 | 1 | 3 | 5 | 3 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| 9 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 10 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 11 | 3 | 3 | 1 | 1 |
| 12 | 2 | 1 | 3 | 2 |
| 13 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 14 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 15 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 16 | 3 | 1 | 1 | 2 |
| 17 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 18 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 19 | 1 | 3 | 1 | 1 |
| 20 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| 21 | 3 | 2 | 1 | 1 |
| 22 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 23 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 24 | 1 | 2 | 3 | 1 |
| 25 | 1 | 1 | 2 | 1 |
| 26 | 3 | 2 | 3 | 1 |
| 27 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| 28 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 29 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 30 | 3 | 2 | 1 | 2 |

| Entscheidungs- situation | Fahrzeit Route A | Fahrzeit Route B | Verspätungstage | Verspätungsdauer |
|-----------------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| 31 | 3 | 1 | 3 | 1 |
| 32 | 3 | 1 | 3 | 3 |
| 33 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 34 | 3 | 3 | 1 | 3 |
| 35 | 1 | 3 | 3 | 1 |

Anhang B: Fragebögen Deutsch

Frage 1:

Stellen Sie sich vor, ...

... Sie haben am frühen Morgen einen wichtigen Termin z.B. ein Vorstellungsgespräch, zu dem Sie nicht zu spät kommen wollen. Ihr Ziel ist eine etwa 50 km entfernte Grossstadt. Wieviel Zeit planen Sie unter Berücksichtigung der heutigen Verkehrssituation und Ihrer Erfahrung ganz generell als Puffer ein?

Die eingeplante Pufferzeit ist möglicherweise auch vom Verkehrsmittel abhängig. Deshalb tragen Sie bitte für beide Verkehrsmittel getrennt Ihre persönliche Reserve ein.

Antwort:

Wenn ich mit dem **Auto** fahre, plane ich Minuten als Pufferzeit ein.

Wenn ich mit dem **öffentlichen Verkehr** fahre, plane ich Minuten als Pufferzeit ein.

Frage 2: (Variante IV)

Stellen Sie sich vor, ...

... Sie wollen mit dem Auto *zum Einkauf* von zu Hause wieder in die 50 km entfernte Grossstadt fahren. Kurz vor der Abreise erfahren Sie im Radio von einem Stau auf Ihrer normalen Route. Die Ausweichroute ist genauso überlastet. Welche Verspätung würden Sie gerade noch akzeptieren, bevor Sie die Fahrt absagen?

Antwort:

Ich akzeptiere gerade noch Minuten Verspätung.

Ich wähle ein anderes Ziel.

Frage 2: (Variante ÖV)

Stellen Sie sich vor, ...

... Sie wollen mit der Bahn *für einen beruflichen Termin* von zu Hause wieder in die 50 km entfernte Grossstadt fahren. Kurz vor der Abreise erfahren Sie auf dem Perron von einer Verspätung. Die Ausweichroute ist genauso überlastet. Welche Verspätung würden Sie gerade noch akzeptieren bevor Sie die Fahrt absagen?

Antwort:

Ich akzeptiere gerade noch Minuten Verspätung.

Frage 3:

Wenn Sie nun die nächsten Seiten beantworten, werden Sie feststellen, dass Ihnen die Frage 3 immer wieder neu gestellt wird. Allerdings unterscheiden sich die beschriebenen Situationen in den Details. Diese Unterschiede könnten für Ihre Entscheidung wichtig sind.

Schauen Sie sich deshalb bitte diese Details genau an und fällen Sie Ihre Entscheidung von Fall zu Fall.

Frage 3.1: (Variante IV)

Stellen Sie sich vor, ...

... Sie pendeln täglich zu Ihrer etwa 20 Kilometer entfernten Arbeitsstätte. Mit dem Auto benötigen Sie normalerweise 30 Minuten für den Weg. Die Strasse ist aber morgens stark befahren. Es kommt häufig zu Störungen auf der Strecke.

Es gibt aber auch eine neue, ebenso schnelle Strasse, deren Benützung gebührenpflichtig ist. Sie würden als Benützer dieser Strasse aber in jedem Fall pünktlich zu Ihrem Arbeitsplatz gelangen. Wie würden Sie sich unter den folgenden Umständen entscheiden?

- Sie stehen in der heutigen Situation an **2 Tagen pro Woche im Stau**.
- Ein Stau verzögert Ihre Fahrt um **durchschnittlich 15 Minuten**.
- Die **Benützungsgebühr** für die neue Strasse beträgt **30,- CHF pro Woche**.

Antwort:

Ich fahre weiterhin die herkömmliche Route.

Ich fahre die gebührenpflichtige Strasse.

Frage 3.1: (Variante ÖV)

Stellen Sie sich vor, ...

... Sie pendeln täglich zu Ihrer etwa 20 Kilometer entfernten Arbeitsstätte. Mit der Bahn benötigen Sie normalerweise 30 Minuten für den Weg. Der Zug kommt fahrplanmässig knapp vor Ihrem gewünschten Arbeitsbeginn an. Er muss allerdings unterwegs auf Anschlussreisende warten und ist deshalb oft verspätet.

Es wird nun geplant, einen ebenso schnellen Direktzug einzusetzen, der immer pünktlich ist. Die Benützung des Zuges würde allerdings einen Fahrpreiszuschlag erfordern. Sie würden als Benützer aber auf jeden Fall pünktlich zu Ihrem Arbeitsplatz gelangen. Wie würden Sie sich unter den folgenden Umständen entscheiden?

- Der normale Zug ist an **2 Tagen pro Woche verspätet**.
- Wenn der Zug verspätet ist, dann um **durchschnittlich 15 Minuten**.
- Der **Zuschlag** für den Direktzug beträgt **30,- CHF pro Woche**.

Antwort:

Ich nehme den bisherigen Zug.

Ich nehme den zuschlagspflichtigen Zug.

Frage 4: (Variante Verkehrsmittelwahl)

Jetzt wird es etwas komplizierter, aber genau wie bei der vorgehenden Frage 3 wird Ihnen auf den folgenden Seiten die Frage 4 mehrmals nacheinander gestellt.

Und auch hier achten Sie bitte auf die Details, die von Situation zu Situation unterschiedlich sind. Treffen Sie dann Ihre Entscheidung!

Frage 4.1: (Variante Verkehrsmittelwahl)

Stellen Sie sich vor, ...

... Sie wollen in die Stadt „Zetthausen“ fahren. Mit dem Zug, der immer pünktlich ist, benötigen Sie 90 Minuten. Mit dem Auto wären Sie auf der direkten Route 45 Minuten schneller. Die Staugefahr auf dieser Strecke liegt aber bei 50%. Bei Stau verzögert sich Ihre Ankunft um 1 Stunde. Eine weitere Route mit dem PW bedeutet einen sehr grossen Umweg. Hier benötigen Sie genauso lang wie mit der Bahn und kommen ebenfalls pünktlich an. Wie entscheiden Sie sich?

Antwort:

| | | | |
|---------------|-----------------------------------|-------------------|--------------------------|
| Ich fahre mit | der Bahn | | <input type="checkbox"/> |
| | Dauer: | 90 Minuten | |
| | Pünktlichkeit: | 100% | |
| Ich fahre mit | dem PW die normale Strecke | | <input type="checkbox"/> |
| | Dauer: | 45 Minuten | |
| | Pünktlichkeit: | 50% | |
| Ich fahre mit | dem PW den grossen Umweg | | <input type="checkbox"/> |
| | Dauer: | 90 Minuten | |
| | Pünktlichkeit: | 100% | |

Frage 4: (Variante Routenwahl)

Jetzt wird es etwas komplizierter. Aber genau wie bei der vorgehenden Frage 3 wird Ihnen auf den folgenden Seiten die Frage 4 mehrmals nacheinander gestellt.

Unten wird eine generelle Situation geschildert. Auf den nächsten Seiten wird diese Situation immer wieder mit unterschiedlichen Details beschrieben. Und auch hier achten Sie bitte auf diese Details. Treffen Sie dann Ihre Entscheidung!

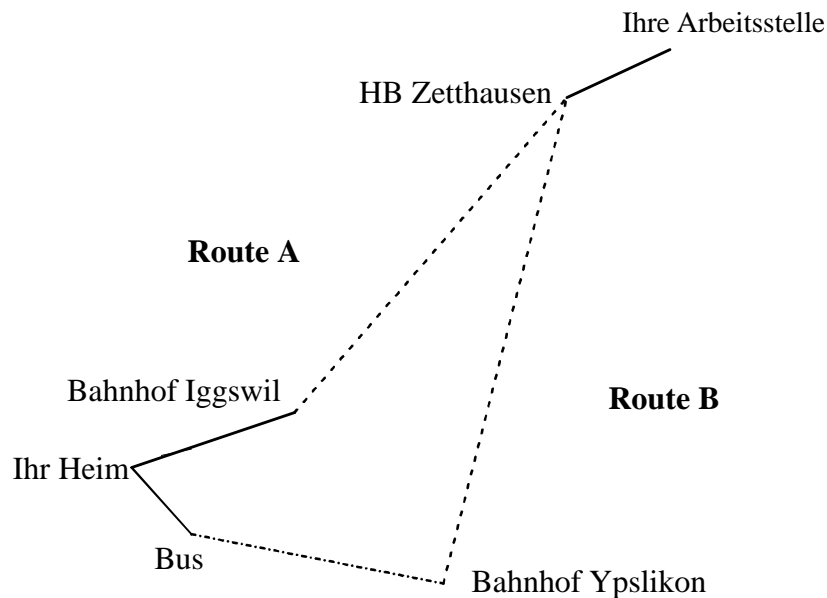
Stellen Sie sich vor, ...

... Sie fahren täglich mit der Bahn zur Arbeit nach „Zetthausen“. Sie haben dabei die Wahl zwischen den beiden folgenden Verbindungen:

- A:** Von zu Hause aus zu Fuss zum Bahnhof „Iggswil“, weiter mit der S-Bahn zum Hauptbahnhof „Zetthausen“ und zu Fuss zu Ihrer Arbeitsstelle.
- B:** Von zu Hause aus zu Fuss zur Bushaltestelle, mit dem Bus zum Bahnhof „Ypslikon“, umsteigen und mit dem Zug weiter zum Hauptbahnhof „Zetthausen“ und von dort aus zu Fuss zu Ihrer Arbeitsstelle. Diese Strecke ist schneller als die Route A.

Auf Grund Ihrer Erfahrung verpassen Sie aber an einigen Tagen der Woche den Anschluss, weil der Bus unpünktlich ist. Dann verzögert sich Ihre Ankunft in Grossstadt und Sie sind langsamer als auf der Route A. Aber das wissen Sie ja erst, wenn Sie bereits unterwegs sind.

Frage 4.1: (Variante Routenwahl)



Fahrzeit **Route A:** **50 Minuten**

Fahrzeit **Route B:** **45 Minuten**

Aufgrund Ihrer Erfahrung **verpassen Sie an 2 Tagen der Woche den Anschluss**, weil der Bus unpünktlich ist.

Dann benötigen Sie für die **Route B 75 Minuten**.

Aber das wissen Sie ja erst, wenn Sie bereits unterwegs sind. Welche Route wählen Sie für diesen täglichen Weg?

Antwort:

Ich wähle Route A.

Ich wähle Route B.

Frage 5:

Stellen Sie sich vor,...

...Sie fahren *zur täglichen Arbeit*. Bitte bewerten Sie für diese Fahrt die folgenden Aussagen.

Antwort:

Ist mir: sehr wichtig ganz unwichtig

Ich kann sitzen und das Fahrzeug ist klimatisiert.

Das Verkehrsmittel ist am günstigsten.

Ich komme pünktlich an.

Das Verkehrsmittel ist das umweltfreundlichste.

Ich bin so schnell wie möglich.

Ich kann viel Gepäck transportieren.

Das Verkehrsmittel ist das sicherste.

Anmerkungen und Kommentare von Ihnen:

Besten Dank nochmals für Ihre Mühen!

Anhang B: Fragebögen Französisch

Question 1:

Imaginez-vous, ...

vous avez un matin à la première heure un rendez-vous important, par exemple un entretien pour vous présenter, auquel vous ne voulez en aucun cas être en retard. Votre destination est une grande ville située à environ 50 km. Quelle marge de temps prévoyez-vous, compte tenu de la situation prévalant dans les transports et selon votre expérience en général?

La marge de temps retenue est peut-être dépendante du moyen de transport choisi. Par conséquent, il y a lieu d'introduire des marges distinctes pour les deux moyens de transport.

Réponse:

Si je me déplace **en auto**, je compte une marge de minutes.

Si je me déplace **en transport public**, je compte une marge de minutes.

Question 2 (voiture):

Imaginez-vous, ...

... vous voulez vous déplacer en auto de la maison à nouveau vers la grande ville située à environ 50 km *pour une sortie dominicale*. Juste avant de partir, vous apprenez par la radio qu'un "bouchon" s'est formé sur la route à emprunter normalement. L'itinéraire routier d'évitement est également saturé. Quelle retard seriez-vous prêt d'accepter, au-delà duquel vous renonceriez à vous mettre en route?

Réponse:

J'accepte encore tout juste minutes de retard.

Je choisis une autre destination.

Question 2: (Transport public)

Imaginez-vous, ...

... vous voulez vous déplacer en train de la maison à nouveau vers la grande ville située à environ 50 km *pour un rendez-vous privé* Juste avant de partir, vous êtes informé sur le quai d'un dérangement sur la ligne ferroviaire. Quel retard seriez-vous prêt d'accepter, au-delà duquel vous renonceriez à partir?

Réponse:

J'accepte encore tout juste minutes de retard.

Question 3:

Lorsque vous donnerez une réponse aux pages suivantes vous constaterez que la question 3 vous est toujours à nouveau posée. Toutefois les situations décrites se distinguent par des particularités. Ces particularités pourraient être importantes pour votre décision.

Examinez ces détails avec attention et prenez votre décision de cas en cas.

Question 3.1 (voiture):

Imaginez-vous, ...

... vous migrez tous les jours vers votre lieu de travail éloigné d'environ 20 km. Avec l'auto vous avez besoin de normalement 30 minutes pour le déplacement. La route est toutefois très fréquentée le matin et il arrive souvent qu'il y ait des encombrements.

Il y a cependant aussi une nouvelle voie routière rapide dont l'utilisation est soumise à un péage. Vous seriez comme utilisateur de cette route en tous cas à l'heure à votre place de travail. Quelle décision prendriez-vous dans les conditions suivantes?

- Vous vous retrouvez dans la situation **actuelle 2 fois par semaine dans un bouchon.**
- Le bouchon retarde votre parcours de **15 minutes en moyenne.**
- Le **péage** pour l'utilisation de la nouvelle route se monte à **30,- francs par semaine.**

Réponse:

Je continue de prendre la route actuelle.

Je préfère la route avec péage.

Question 3.1 (Transport public):

Imaginez-vous, ...

... vous migrez tous les jours vers votre lieu de travail éloigné d'environ 20 km. Avec le train vous avez besoin de normalement 30 minutes pour le déplacement. Le train arrive à destination selon l'horaire juste avant le début de travail souhaité pour vous. Cependant ce train doit prendre sur le trajet des voyageurs en correspondance et il est de ce fait souvent en retard.

Il est maintenant prévu de mettre en service un train direct aussi rapide et qui sera toujours ponctuel. L'utilisation du train impliquerait toutefois un supplément sur le prix du billet. Vous arriveriez comme usager en tous cas à l'heure à votre lieu de travail. Quelle décision prendriez-vous dans les conditions suivantes?

- Le train actuel est **en retard 1 jour par semaine**.
- Lorsque le train est en retard, il l'est **de 30 minutes en moyenne**.
- Le **supplément** pour le train direct se monte à **30,- francs par semaine**.

Réponse:

Je continue de prendre le train actuel.

Je préfère le train avec supplément sur le prix du billet.

Question 4 (Choix de moyens de transport):

Le tout se complique un peu, mais comme pour la question 3 précédente, la question 4 vous sera posée plusieurs fois de suite.

Examinez ici aussi les détails, différents de cas en cas. Et prenez alors votre décision!

Question 4.1: (Choix de moyens de transport)

Imaginez-vous, ...

... vous voulez vous déplacer vers la ville "Z". Avec le train, toujours ponctuel, vous avez besoin de 90 minutes. Avec l'auto vous y seriez 45 minutes plus tôt en empruntant la route directe. La probabilité d'un "bouchon" sur ce parcours est de l'ordre de 50%. En cas de "bouchon" l'arrivée est retardée de une heure. Une autre route avec l'auto constitue un détour important. Vous nécessitez alors autant de temps qu'avec le train et arrivez tout aussi à l'heure. Que décidez-vous?

Réponse:

Je prends

le train

Durée: **90 minutes**
Ponctualité: **100%**



Je prends

l'auto sur le parcours direct

Durée: **45 minutes**
Ponctualité: **50%**



Je prends

l'auto sur le parcours avec détour

Durée: **90 minutes**
Ponctualité: **100%**



Question 4 (Choix de route):

Le tout se complique un peu, mais comme pour la question 3 précédente, la question 4 vous sera posée plusieurs fois de suite.

Une situation générale va être décrite ci-après. Dans les pages suivantes, cette situation le sera avec des particularités. Prenez en compte chaque fois ces particularités. Prenez ensuite votre décision !

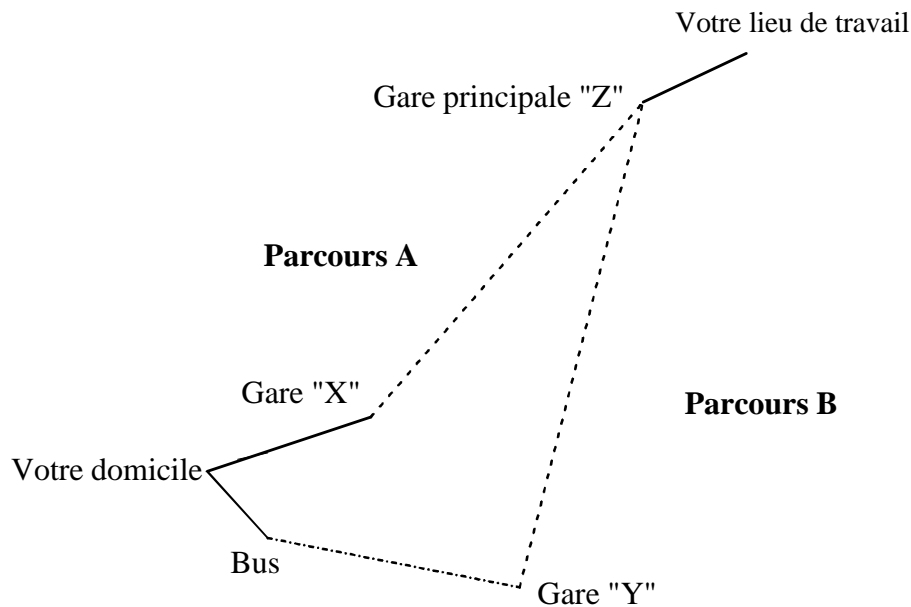
Imaginez-vous, ...

... vous vous déplacez tous les jours vers la ville "Z" pour le travail. Vous avez le choix entre les deux parcours suivants

- A:** Du domicile à pied jusqu'à la gare "X", puis avec le train régional jusqu'à la gare principale "Z" et de nouveau à pied jusqu'au lieu de travail.
- B:** du domicile à pied jusqu'à l'arrêt du bus, puis avec le bus jusqu'à la gare "Y", ensuite en train jusqu'à la gare principale "Z" et de là à pied jusqu'au lieu de travail. Ce parcours est plus rapide que la liaison A.

L'expérience vous a montré qu'il vous arrive de manquer la correspondance à la gare "Y" parce que le bus est en retard. Votre arrivée s'en trouve retardée en "Z" et le trajet aura alors duré plus longtemps que par le parcours A. Mais vous en avez conscience seulement lorsque vous êtes en chemin.

Question 4.1 (Choix de route):



Temps de **parcours A**: **40 Minuten**

Temps de **parcours B**: **35 Minuten**

Sur la base de votre expérience, **vous manquez la correspondance en "Y" 2 jours par semaine**, parce que le bus est en retard.

Le **parcours B** dure alors **75 minutes**.

Mais vous n'en avez conscience que lorsque vous êtes déjà en chemin.
Quel parcours choisiriez-vous pour ce déplacement quotidien?

Réponse:

Je choisis le parcours A.

Je choisis le parcours B.

Question Frage 5:

Imaginez-vous,...

...vous vous déplacez tous les jours vers votre lieu de travail. Nous vous prions d'évaluer les critères suivants:

Réponse:

| Cela m'est: | très important..... sans important | | | | |
|--|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Je peux m'asseoir et le véhicule est climatisé. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Le moyen de transport choisi est le moins cher. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| J'arrive à l'heure. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Le moyen de transport choisi est le plus écologique. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Je passe le moins de temps possible. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Je peux transporter beaucoup de choses. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Le moyen de transport choisi est le plus sûr. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Vos remarques et commentaires:

Nous vous remercions pour votre contribution!

Die *Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung* dienen der schnellen Verbreitung der Ergebnisse der Arbeit der Mitarbeitenden und Gäste des Instituts. Die Verantwortung für Inhalt und Gestaltung liegt alleine bei den Autor/innen.

The *Working Papers Traffic and Spatial Planning* are intended for the quick dissemination of the results of the members and guests of the Institute. Their content is the sole responsibility of the authors.

Eine vollständige Liste der Berichte kann vom Institut angefordert werden:

A complete catalogue of the papers can be obtained from:

IVT ETHZ
ETH Hönggerberg (HIL)
CH - 8093 Zürich

Telephon: +41 (0)1 633 31 05
Telefax: +41 (0)1 633 10 57
eMail: hotz@ivt.baug.ethz.ch
WWW: www.ivt.baug.ethz.ch

Der Katalog kann auch abgerufen werden von:

The catalogue can also be obtained from:

http://www.ivt.baug.ethz.ch/veroeffent_arbeitsbericht.html