

# Entwicklung von Verkehrsmittelwahlmodellen für komplexe Mitfahrverkehre

Von der Fakultät für Bau- und Umweltingenieurwissenschaften  
der Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde eines  
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von Dipl.-Ing. Torsten Funke aus Bremen

Hauptberichter: Prof. Dr. rer. nat. R. D. Kühne  
Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. K. W. Axhausen

Tag der mündlichen Prüfung: 8. Februar 2006

Institut für Strassen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart



# Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand auf Grundlage der Entwicklung neuer telematikgestützter Mobilitätsdienstleistungen im Rahmen des öffentlich-privaten Gemeinschaftsprojekts "M21 - neue Mobilitätsdienstleistungen für das 21. Jahrhundert", das von der Daimler-Chrysler AG in Zusammenarbeit mit dem Land Baden-Württemberg und weiteren Partnern zwischen 1998 und 2002 in der Region Stuttgart umgesetzt wurde.

Für die Betreuung der Arbeit danke ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. rer. nat. Reinhart D. Kühne. Er war es, der mir immer hilfreich zur Seite stand, mit seinen Ideen meine Arbeit bereicherte und mich stets konstruktiv unterstützte. Des Weiteren bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Kay W. Axhausen für die Übernahme des Mitberichts und die konstruktiven Ideen, insbesondere im Rahmen der Modellierung der Verkehrsmittelwahl.

Ein ganz besonderer Dank gilt auch Herrn Dr. Ralf Forcher und Herrn Andreas Mink, die mich während der Konzeptionsphase immer wieder tatkräftig unterstützt und gefördert haben. Darüber hinaus danke ich allen Mitarbeitern des Projektes "M21", die nicht nur das Projekt sondern auch meine Arbeit mit ihren Anregungen voran gebracht haben. Hier sind Karin Thiemann, Frank Schäfer, Simone Joukl, Jaan Beimers und Constanze Fath im Besonderen zu nennen.

Mein Dank gilt auch den Kollegen der Daimler-Chrysler AG, die mit ihrer Teilnahme an der durchgeführten Erhebung einen großen Anteil am Erfolg der vorliegenden Dissertation haben.

An dieser Stelle möchte ich bei meinen Freunden bedanken, die mir mit ihren Hinweisen und Anregungen sowie oft langen Diskussionen stets zur Seite gestanden haben. Ein besonderer Dank gilt dabei Dr. Uwe Thoms, Fred Kuhn, Thorsten Graf, Marcus Windhab und Maurice Oesselmann.

In ganz besonderem Maße danke ich meinen Eltern und meiner Freundin Susanne Greve, die mich mit großem Interesse sowie viel Verständnis und Geduld bei der Erstellung dieser Arbeit begleitet haben.

Torsten Funke

# Erklärung gemäß §5 (3) der Promotionsordnung der Universität Stuttgart

Stuttgart, 11. März 2006

Die vorliegende Dissertation wurde von mir, abgesehen von den ausdrücklich bezeichneten Hilfsmitteln und den Ratschlägen von jeweils namentlich aufgeführten Personen, selbständig verfasst.

Torsten Funke

# Zusammenfassung

Aufgrund steigender Verkehrsnachfrage sind die Belastungsgrenzen der Verkehrsinfrastruktur, insbesondere des Individualverkehrs, vielerorts erreicht bzw. zur Hauptverkehrszeit bereits überschritten. Im Rahmen des verkehrsmittelübergreifenden Verkehrsmanagements können telematikunterstützte Mobilitätsdienstleistungen sowohl einen Beitrag zur verbesserten Organisation des Verkehrsablaufes als auch zur optimierten Auslastung der Verkehrswege beitragen. Das Angebot dynamischer Fahrgemeinschaften, ausgerichtet an den Mobilitätswünschen der Verkehrsteilnehmer im Berufsverkehr, wird als ein wichtiger Bestandteil innovativer Dienstleistungen im Rahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements betrachtet. Im Gegensatz zu klassischen Formen von Mitfahrverkehren, die auf langfristigen Absprachen zwischen den Teilnehmern einer Fahrgemeinschaft beruhen, wurde mit der im Rahmen des öffentlich-privaten Gemeinschaftsprojektes “M21” konzipierten Mobilitätsdienstleistung “M21 FahrPLUS” eine flexible Form der Fahrgemeinschaftsvermittlung entwickelt und erprobt.

Auf Basis des Entscheidungsprozesses der Nutzung von Dienstleistungen wurden die Methoden der Stated Preferences als qualifiziertes Verfahren zur Untersuchung der Verkehrsmittelwahl unter Berücksichtigung des Mobilitätsdienstes “M21 FahrPLUS” identifiziert. Die Analysen der Stated Preferences beruhen auf systematisch aufgebauten Entscheidungssituationen, die den Respondenten im Zuge einer Erhebung präsentiert werden. Auf Basis der getroffenen Auswahlentscheidungen konnten die Einflüsse der im Vorfeld der Untersuchung spezifizierten Merkmale der Verkehrsmittelwahl unabhängig voneinander bestimmt werden. Im Zentrum der Untersuchungen standen die Analyse des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer, die Ermittlung der Akzeptanz der Dienstleistung und der Bestimmung ihrer optimalen Ausgestaltung sowie die Abbildung der aggregierten Verkehrsmittelwahl für differenzierte Spektren der Leistungen von “M21 FahrPLUS”. Die Grundgesamtheit der Untersuchungen bildeten die ca. 6000 Mitarbeiter Des Mercedes-Benz Technologie Centers, die anhand der Schlüsselkriterien der Pkw-Verfügbarkeit und des Arbeitszeitmodells in vier homogene Gruppen eingeteilt wurden.

Zur Gewährleistung von validen Antworten wurden die Entscheidungssituationen in der einfachen und natürlichen Antwortform Stated Choice präsentiert, die bei wechselnden Be-

dingungen die Auswahl einer der fünf definierten Alternativen Pkw-Alleinfahrer, ÖPNV, Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft sowie anderer Verkehrsteilnehmer verlangt. Die Erhebung wurde auf Basis eines erfahrungsabhängigen festen Versuchsplans als schriftliche und interaktive Befragung im DaimlerCrysler Intranet realisiert. Die zu analysierenden Einflussgrößen wurden aus einem umfangreichen Katalog an potenziellen Faktoren, die sich sowohl auf die Verkehrsmittelwahl im Allgemeinen als auch auf den spezifischen Dienst "M21 FahrPLUS" bezogen, ausgewählt.

Ausgehend von den 605 realisierten Antworten, die einem Rücklauf von 67% entsprechen, standen die Angaben von 467 Probanden für die Auswertungen zur Verfügung. Im Anschluss an die Aufbereitung der Stichprobe im Hinblick auf allgemeine Angaben, die aktuelle Verkehrsmittelwahl und die soziodemographischen Kennwerte, wurden die Zusammenhänge zwischen der Verkehrsmittelwahl und den soziodemographischen Merkmalen dargestellt sowie eine graphische Auswertung der Stated Preferences Situationen vorgenommen. Im folgenden Schritt der Modellierung der Verkehrsmittelwahl wurde im Rahmen eines iterativen Prozesses auf Basis von alternativenspezifischen Nutzenfunktionen und einer auf dem Prinzip des Maximum-Likelihood-Verfahrens basierenden Parameterschätzung eine optimale Modellstruktur bestimmt. Das finale Modell, bei dessen Schätzung 38 signifikant von null verschiedene Parameter identifiziert werden konnten, wurde anhand der Rekalibrierung der alternativenspezifischen Konstanten unter Beachtung der realen Verkehrsmittelwahl geeicht.

Für die Faktoren des Abholortes der Mitfahrer und der vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellten Fahrzeuge wurden die größten Potenziale zur Förderung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr ermittelt. Für die Merkmale der Suche von Fahrgemeinschaftspartnern, der Notstrategie für nicht zu vermittelnde Mitfahrer und des Vertrauens konnten geringere Einflüsse auf die Verkehrsmittelwahl bestimmt werden. Für die Attribute der Flexibilität und der reservierten Parkplätze am Werk konnten dagegen keine signifikanten Wirkungen nachgewiesen werden. Für die Situation vor der Einführung von "M21 FahrPLUS" wurde eine Verteilung des Modal-Splits ermittelt, der für die Alternative des motorisierten Individualverkehrs im Vergleich zur Umsetzung von "M21 FahrPLUS" einen um 0,42%-Punkte höheren Wert ergab. Die Umsetzung von Einzelmaßnahmen der Optimierung des Abholortes, der Steigerung des Vertrauens, der Bereitstellung von Fuhrparkfahrzeugen und der Verkürzung der Reisezeit resultierten in höheren Anteilen der Alternativen der Mitfahrer um bis zu 0,36%-Punkte und der Fahrer um bis zu 2,78%-Punkte. In dem abschließenden sowohl auf die Fahrer als auch auf die Mitfahrer abgestimmten Szenario S9 wurden Steigerungen der Verkehrsmittelwahlanteile von 3,95%-Punkten für die Fahrer und von 0,56%-Punkte für die Mitfahrer nachgewiesen.

# Abstract

As a result of the actual and the estimated traffic volume in passenger transport, especially of the amount of vehicles on the road network, the need for new solutions in transportation planning and traffic engineering is obvious. In the past, the most common approach to the increasing traffic congestion was the expansion of the transportation system. The key problems of this approach are the rapid growth of traffic demand, the enormous construction costs of new highways and railways and the impacts due to social and environmental concerns. An alternative to the strategy of expansion is the modification of travel behavior. The wide variety of single ideas and solutions can be summarized in the approach of transportation demand management, which includes the objectives of eliminate trips, shift trips from lower-occupancy to higher-occupancy modes and shift trips from more congested to less congested routes. As one part of transportation demand management, the development and implementation of telematics-supported mobility services can help to decrease road congestion and increase the average vehicle ridership.

Between 1998 and 2002 the state of Baden-Württemberg, DaimlerChrysler AG and other partner companies used features of an intelligent transportation system to develop and test new mobility services in the Stuttgart region. One important aim of the project “M21 - new telematics-based mobility services in traffic” was to construct mobility services for the growing number of employees with flexible working hours. The core of the public-private partnership is the dynamic, automated and up-to-date brokering of car pooling opportunities in commuter traffic, called “M21 FahrPLUS”. Other than conventional car pooling systems, “M21 FahrPLUS” allows a higher degree of flexibility by organising car pools for every trip with new combinations of drivers and passengers. Due to the individual requirements of participants concerning to departure times and places, passengers’ requests and drivers’ offers can be placed via Internet, Intranet (company intern) or telephone on a database at a Mobility Servicem Center. In addition to these very flexible loggings up to one hour before the required departure time, long-term bookings and standard arrangements are possible. With the help of a special matching software and the support of service hotline staff the offers and requests are pooled into groups every hour for the following 60 minutes. After the brokering procedure, the customers are informed

about participants, meeting points, departure times and routes via email, fax, SMS mobile phone messages or telephone. An additional feature of “M21 FahrPLUS” program is the guaranteed ride home service in the evening. In case the Mobility Service Center cannot find a suitable arrangement during the operation hours (3 pm to 7 pm), the customer may select between a trip by public transport free of charge and a cost-effective ride home by a vehicle from the company-owned car fleet.

The program “M21 FahrPLUS” was implemented in order to use cars more efficiently for commuter traffic. To make carpooling more attractive and economical for a wide community of employees, new technologies and organizational forms were used and developed. General objectives of enhancing classic car pooling services are to decrease traffic congestion, to reduce fuel consumption and air pollution and to lower the costs for the provision of parking facilities at the workplaces. Compared with Germany and its new approach of “M21 FahrPLUS”, company ride sharing programs have a long history in North America. As a result of the regulations of the Clean Air Act many trip reduction programs involving the support of car pooling were founded. The projects were characterized by traditional organizational forms of matching lists. With the help of these classic car pooling services shifts in modal split from single occupancy to high occupancy vehicles were achieved up to 12%.

The objective of this research is to examine the effects of the new mobility service “M21 FahrPLUS”. The analyses are focused on the travel behavior of commuters concerning to an enhanced car pooling service using flexible, automated and up-to-date brokering techniques to determine the existing acceptance and the optimal organization of the implemented service of “M21 FahrPLUS”. In addition to this the changes in mode choice for several designs of “M21 FahrPLUS” are investigated. Therefore one basic case, including the situation and conditions of “M21 FahrPLUS” at the time of conducting this study in 2001, and nine future cases, describing various predicted organizations of “M21 FahrPLUS”, are developed. The analysis is based on the approximately 6000 employees of DaimlerChrysler AG at the Mercedes-Benz Technologie Center in Sindelfingen, southwest of Stuttgart. In order to create groups of homogeneous behavior, the potential users of “M21 FahrPLUS” are divided into four sections. Employees with access to a motorized vehicle and flexible working hours belong to the first group. The second section consists of commuters who have fixed working hours and no option to use a car or motorcycle. Employees with fixed working hours but access to a car or motorcycle are members of group three. Commuters with flexible working hours who have access to a motorized vehicle belong to the last section.

In transportation planning there are various approaches to the investigation of impacts of new mobility services on changes in travel behavior and shifts in modal split. The analy-



sis of “M21 FahrPLUS” requires techniques to understand the individual travel patterns of participants and to calculate the shares of available traffic options in certain situations. To meet both requirements, the stated preference techniques using models based on utility maximisation obtain a suitable approach. Stated preference techniques offer an effective way of analysing customers’ reactions towards new items or completely non-existent transportation systems and services. A stated preference study is an experiment to construct a series of alternative imaginary situations. The respondents are then asked to indicate their hypothetical choices. Before conducting the survey, the researcher has to define exactly the presented relevant attributes (for example fare or travel time) and their levels. With an increasing number of factors and levels, the number of possible options also increases. To avoid too much information for the respondents, the number of situations presented to each respondent has to be limited. Appropriate experiments can be produced by using fractional experimental designs. The researcher has to decide how to present the options and the way in which the response is suitable for the aims of the study. For example it is possible to ask the respondents to rank options, to rate options on defined scales or to choose one option. Stated preference surveys can be administered by interviewers in face to face or telephone conversations or by self completion questionnaires written and returned by mail or as online-surveys. Often the combined use of stated preference and revealed preference data increases the quality of investigations.

In accordance with the objectives of this study and the actual and predicted conditions of “M21 FahrPLUS”, a stated preference experiment was designed and a corresponding survey was conducted. The most important goal in developing the stated preference analyses was to achieve realistic and at the same time easy situations for the respondents. With the service of “M21 FahrPLUS”, the option of using a car pool was enhanced for the employees of the Mercedes-Benz Technologie Center in Sindelfingen. As a result of the implementation, shifts in modal split were expected. To reflect the current travel behavior due to the respondents’ option to choose their mode anew every day, a choice based sample was the most suitable technique for this study. It was necessary to include all relevant traffic options in the experiment. Therefore the five alternatives of solo driving, public transport, driver of a carpool, passenger of a car pool and non-motorized options (walking and cycling) were considered. To simplify the stated preference experiment, the respondents had to report their personal commuting trips in a first step. Depending on the conditions of these individual trips, the amount of attribute-levels of stated preference situations were calculated and presented in step two. With this procedure the respondents can reflect their personal experience and realistic responses are achieved. In order to conduct an experiment with individual levels, a fractional experimental design depending on the experiences of the respondents was necessary. At the Mercedes-Benz Technologie

Center in 2001 every employee worked with his own computer or had at least access to a computer, in both cases with access to the company-internal Intranet. Therefore the survey was conducted as an interactive, computerised interview, using pages in the Intranet of DaimlerChrysler AG specially designed for this analysis.

Before conducting the survey the most important factors and levels describing the conditions for the use of the five alternatives in commuter traffic were identified. The option of solo driving was characterized by travel time and the costs for petrol. The factors of travel time, fare, the number of changes, the number of departures per hour and the distance from home to the next station were chosen for the alternative of public transport. There were no attributes defined for non-motorized options. Due to the objectives of this study the factors of solo driving and public transport were presented in individual levels for each respondent but constant in all situations. Only the levels of attributes describing the situation of drivers and passengers of car pools were varied in the different situations of the stated preference experiment. To identify the factors for both options of car pooling an extensive catalogue of potential characteristics was compiled. With the help of factor analysis the number of attributes was reduced. Finally the nine relevant factors with their corresponding 23 levels (five attributes with three and four factors with two levels) of travel time (100%, 120% and 140% of solo driver travel time), travel costs (6, 5  $\frac{\text{cent}}{\text{km}}$ , 9, 75  $\frac{\text{cent}}{\text{km}}$  and 13  $\frac{\text{cent}}{\text{km}}$ ), car pooling service (no service, notice board and online service), flexibility as the last possible time of booking before departure (one hour, three hours, one day), confidence (matching with only known or also unknown colleagues), reserved parking facilities (yes, no), used vehicles (private, company-owned), guaranteed ride home service (free of charge public transport or also cost-effective ride home by a vehicle from the company-owned car fleet) and place of departure for passengers (home, meeting points in walking distance and meeting points en route of drivers) were chosen to be implemented in this study. Obviously it is not possible to present all 3888 combinations of attribute-levels ( $3^5 * 2^4$ ) to every respondent. Therefore a fractional factorial design was used to reduce the combinations to the statistically necessary number of 324 situations. To obtain valid answers from the respondents the combinations were divided into blocks and every respondent was presented only twelve stated preference situations. After testing the questionnaire, the survey was conducted with a sample of 900 employees in the Mercedes-Benz Technologie Center in Sindelfingen.

Because the survey was conducted online, the respondents' answers could be saved directly in a database. 138 of the 605 completed questionnaires could not be used for further analysis because of incomplete and non realistic statements. From the remaining 467 respondents 199 chose only one traffic option in all presented situations. 32 respondents chose their alternative depending on only a small number of attributes. The situation

of modal split at the time of the survey in 2001 was characterized by a high number of employees using a single occupancy vehicle. 74,9% respectively 1,4% chose a car respectively a motorcycle as their preferred traffic option. The public transport was used by 5,8% of respondents, car pooling by 11,7%. The remaining 6,2% chose a non-motorized alternative. The analysis of socioeconomic factors and inertia variables showed that the individual choice of traffic alternatives depends significantly on the access to private and company-owned cars, ownership of season tickets in public transport, age, income, number of working hours and number of days without direct trips from work to home.

Following a first estimation of the effects of attributes based on the graphic presentation of their frequencies in case of choosing solo driving as preferred traffic option, the parameters were calculated with a logit model. At the beginning of the estimation, using the method of maximum likelihood, for the five traffic options utility functions, including generic parameters and alternative specific constants, were created. In the iterating procedure of modelling, the utility functions were expanded with socioeconomic and inertia variables and also varied in several forms. Interactions between travel time and the factors describing the conditions of car pooling were included. The attributes of travel time and costs were varied in terms that depend on income and trip distance. The factors of travel time were transformed into non-linear terms. Finally a model with 38 parameters, including the inertia variables of places of residence, ownership of season tickets in public transport, access to private and company-owned cars and number of days without direct trips from home to work and from work to home were estimated. The socioeconomic attributes of age, number of adults in household, family status and income, transformed in a logarithm term, were integrated. In the final model all estimated parameters were significant, the overall goodness of fit test resulted in satisfactory values. Before using the model, the alternative specific constants were recalibrated to meet the real choice in traffic options at the time of conducting the survey in 2001.

Due to the procedure of modelling the isolated effects of categoric attributes, influencing the conditions of car pooling, were compared. The signification of factors was calculated as relative importances, measured as highest differences between the levels, and in values of travel time and travel costs. The highest significations were showed for the attributes of place of departure for car pooling passengers and the used vehicles. The high importance of the factor of place of departure is a result of the rejection of meeting points en route of drivers. This alternative of car pooling is not well accepted because it is not very comfortable to take your own car first and then change to a car of the driver. The option of pick-up at home is more readily accepted than from meeting points in walking distance. As expected the respondents rated the possibility of using company-owned cars higher than the use of private cars. Lower potential influence was measured for the factors of car

pooling service, guaranteed ride home service and confidence in car pooling partners. The alternative of a notice board as car pooling service was not accepted by the respondents. The remaining options of an online service or no service at all were rated with almost the same signification. That means, the idea of an online service, as included in “M21 FahrPLUS”, would not be rated better than classic forms of car pooling, organized with the help of individual arrangements between colleagues. An optimized guaranteed ride home service with the choice of a free of charge trip with public transport or a cost-effective ride home in a vehicle of the company-owned car fleet reached a higher value of signification than the sole offer of public transport. The respondents rated increasing confidence by offering car pooling with only familiar colleagues higher than car pooling with also unfamiliar colleagues. On the other hand no effects could showed for the attributes of flexibility and reserved parking facilities. Comparing the attributes of travel time and travel costs, for solo drivers a saving of one hour is equal to 35,5 Euro. Using a car pool, the values of travel time savings are lower. In case of a driver the amount of saving of one hour is equal to 26,0 Euro, in case of a passenger a value of 23,3 Euro was measured. Respondents using the public transport are less sensitive in travel costs. One hour of travel time saving is equal to 14,1 Euro.

Following the representation of the separated effects of attributes, the modal split for the employees of DaimlerChrysler AG at the Mercedes-Benz Technologie Center in Sindelfingen was estimated for the nine defined future cases and compared with the modal split in the basic case, describing the situation and conditions of “M21 FahrPLUS” at the time of conducting the survey in 2001. The first case (S1) was developed to calculate differences between the situation of supporting car pooling with “M21 FahrPLUS” and the situation without any car pooling services. Without supporting car pooling, the modal split of solo driving was at a percentage of 0,42% higher than in the basic case. On the other hand the share of car pool passengers decreased at the same level but the number of car pool drivers stayed constant. This one-sided shift in modal split can be attributed to the importance of the guaranteed ride home service.

In the following five cases separated improvements were realized. To optimize the places of departure for car pooling passengers in the case S2, the option of pick-up at home was included in the services of “M21 FahrPLUS”. With the opportunity of a departure from home instead of meeting points in walking distance, the modal split of car pool passengers increased at a percentage of 0,32%. The case S3 was designed to show the impacts of reserved parking facilities for car pool users. However in the procedure of modelling no significant effect for the corresponding attribute of reserved parking facilities could be estimated. To improve the confidence in car pooling, in the case S4 the possibility of arranging drivers and passengers in different user groups with well-known participants

was implemented. In consequence the share of solo driving decreased at a percentage of 0,92%, increasing the alternatives of car pool drivers and passengers at a percentage of 0,67% respectively 0,32%. In the case S5 the conditions of car pooling were enhanced specifically for the drivers. With the offer of company-owned cars to use for commuting trips only for participants of "M21 FahrPLUS", the share of car pool drivers increased at a percentage of 2,78%. The effects of optimized travel times when using car pools, for example by implementing high occupancy vehicle-lanes, was analysed in case of S6. As result the share of solo driving decreased at a percentage of 1,09%. On the other hand that means a shift in modal split at percentages of 0,81% and 0,36% respectively for the traffic options of car pool drivers and passengers.

To combine the isolated improvements described in the cases S2 up to S5, three further cases, designed to meet the requirements of car pool passengers, car pool drivers and both groups, were defined. The optimization of travel time (S6) was not included in the following cases because of the problems in realizing shorter travel times by companies offering car pooling services. In the case S7 the effects of picking up car pool passengers at home and increasing confidence through groups of participants were combined to improve the conditions for car pool passengers. The loss of modal split in solo driving at a percentage of 1,26% resulted in an increasing share of car pool passengers at a percentage of 0,72%. At the same time the share of car pool drivers increased at a percentage of 0,64%. To optimize the conditions for car pool drivers, in the case S8 the possibilities of increasing confidence and the use of company-owned cars for participants of "M21 FahrPLUS" were integrated. As a result of the case S8 the share of car pool drivers increased at a high level at a percentage of 4,01%. The modal split of car pool passengers also increased at a percentage of 0,19%. The enhancement of car pooling users resulted mainly from a shift in solo driving at a percentage of 3,93% but also in small amounts in public transport and non-motorized traffic options at percentages of 0,14% and 0,13% respectively. Combining the effects of the cases S7 and S8 the last case was constructed to reach advantages for car pool passengers as well as car pool drivers. In the case S9 the shares of passengers and drivers increased at percentages of 3,95% and 0,56% respectively. As already showed in the case S8, shifts in modal split were not only achieved in solo driving at a percentage of 4,21%, but also in public transport and non-motorized traffic options at percentages of 0,15% in each case.

The results of the cases S1 up to S9 showed that the potential amount of employees of DaimlerChrysler AG at the Mercedes-Benz Technologie Center in Sindelfingen using a car pool as their preferred option in commuter traffic is very poor. By implementing "M21 FahrPLUS" in a period of three years between 1999 and 2002 only a shift in modal split for the benefit of car pooling at a percentage of 0,5% could be achieved. Also the high

improvements of the car pooling service described in case S9 only results in a further shift in mode choice at a percentage of 4,5%. One reason for these poor effects is the high amount of captive employees, who will use only the option of solo driving no matter how good the conditions of car pooling service are. To increase the number of participants to a higher number than the results of this study showed, various new ideas and approaches have to be developed and realized. To enhance the car pooling service “M21 FahrPLUS” it will be recommended to expand the level of services in the following points: One important strategy is the implementation of realizing two places of departure for the passengers of car pools. Depending on the travel time of drivers, limited to 120% of their solo driving travel times, passengers will be picked up at home or at a meeting point in walking distance. Relevant improvements of flexible car pooling services are the offering of company-owned cars to use only in the case of participating in “M21 FahrPLUS”, the extension of the guaranteed ride home service with the use of taxis, the increase of confidence in car pooling with implementing different user groups with well-known participants and the general enhancement of the service and comfort of “M21 FahrPLUS”. A further way of improving the use of car pooling is to match employees in general, as classic car pooling services work, and not for single trips. Both services, the dynamic and the classic one, will be combined to a package of mobility services.

In addition to the enhancements of the level of services of “M21 FahrPLUS” it is necessary to improve the communication and distribution at the Mercedes-Benz Technologie Center in Sindelfingen, at further locations of DaimlerChrysler AG and at other companies, to optimize the strategy of financing car pooling services, for example in transportation allowance for car pooling participants and disincentives for solo driving, and to develop new concepts for using car pools. A possible kind of car pooling service is the matching of drivers and passengers at a very high level of flexibility. To avoid the commitment of participation after the procedure of brokering at least one hour before the desired time of departure, a new service will match the participants directly at the time the offers of drivers and the requests of passengers come in. It is obvious that the single approach of promoting the use of car pools could not succeed in high shifts in modal split from solo driving to car pooling. To increase the effects of mode choice it is necessary to involve disincentives for solo driving too. One important approach to make solo commuter traffic less attractive is the implementation of parking fees in and outside of company areas and the reduction of parking facilities.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>15</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>21</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>23</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>25</b>
<b>1 Einleitung und Problemstellung</b>	<b>27</b>
1.1 Ausgangssituation . . . . .	27
1.2 Zielsetzung . . . . .	29
1.3 Aufbau . . . . .	30
<b>2 Verkehr und Mobilität</b>	<b>33</b>
2.1 Entwicklungen im Personenverkehr . . . . .	34
2.2 Integriertes Verkehrsmanagement . . . . .	37
2.3 Verkehrstelematik . . . . .	39
2.4 Mobilitätsdienstleistungen . . . . .	40
2.5 Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr . . . . .	45
2.6 Förderung von Fahrgemeinschaften in Nordamerika . . . . .	46
2.7 Die Dienstleistung “M21 FahrPLUS” . . . . .	52
2.8 Zusammenfassende Darstellung des Verkehrs und der Mobilität . . . . .	53

<b>3</b>	<b>Untersuchungsmethoden</b>	<b>55</b>
3.1	Verkehrsplanung und Verkehrsmittelwahl . . . . .	56
3.1.1	Das lineare Wahrscheinlichkeitsmodell . . . . .	59
3.1.2	Das Probit-Modell . . . . .	60
3.1.3	Das Logit-Modell . . . . .	60
3.1.4	Das Nested-Logit-Modell . . . . .	61
3.2	Entscheidungstheorie . . . . .	62
3.2.1	Nachfrageorientiertes Wahlverhalten . . . . .	63
3.2.2	Das Konstrukt der Präferenz . . . . .	65
3.3	Methoden zur Messung von Präferenzen . . . . .	67
3.3.1	Die mehrdimensionale Präferenz-Skalierung . . . . .	67
3.3.2	Die traditionelle Conjoint-Analyse . . . . .	68
3.3.3	Die adaptive Conjoint-Analyse . . . . .	70
3.3.4	Die Choice-Based-Conjont-Analyse . . . . .	71
3.3.5	Präferenzen in der Verkehrsplanung . . . . .	72
3.4	Zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsmethoden . . . . .	74
<b>4</b>	<b>Methoden der Stated Preferences</b>	<b>75</b>
4.1	Identifikation relevanter Parameter . . . . .	78
4.1.1	Erfassung potenzieller Merkmale . . . . .	81
4.1.2	Verdichtung . . . . .	82
4.1.3	Festlegung relevanter Merkmale . . . . .	83
4.1.4	Festlegung maßgeblicher Merkmalsausprägungen . . . . .	84
4.2	Antwortformen . . . . .	86
4.3	Statistische Versuchsplanung . . . . .	87
4.4	Befragungsformen . . . . .	91
4.5	Daten der Revealed Preferences . . . . .	91
4.6	Zusammenfassende Darstellung der Methoden der Stated Preferences . . . . .	92



---

<b>5</b>	<b>Spezifikation der Untersuchung</b>	<b>95</b>
5.1	Die Fragestellung . . . . .	96
5.2	Die Zielgruppen . . . . .	97
5.3	Die Szenarien . . . . .	98
5.4	Der Untersuchungsraum . . . . .	101
5.5	Das Anwendungsumfeld . . . . .	103
5.6	Das Untersuchungsdesign . . . . .	104
5.7	Zusammenfassende Darstellung der Spezifikation der Untersuchung . . . .	106
<b>6</b>	<b>Aufbau und Durchführung der Untersuchung</b>	<b>109</b>
6.1	Bestimmung des Erhebungsverfahrens . . . . .	109
6.1.1	Die Alternativen der Verkehrsmittelwahl . . . . .	110
6.1.2	Die Antwortform . . . . .	111
6.1.3	Die Form des Versuchsplans . . . . .	112
6.1.4	Die Befragungsform . . . . .	113
6.1.5	Die Parameter der tatsächlichen Verkehrsmittelwahl . . . . .	114
6.2	Auswahl der Merkmale und Ausprägungen . . . . .	115
6.2.1	Charakteristika der Verkehrsmittelwahl . . . . .	116
6.2.2	Dienstespezifische Eigenschaften . . . . .	117
6.2.3	Verdichtung der Merkmale mit Hilfe einer Voruntersuchung . . . . .	117
6.2.4	Festlegung der relevanten Einflussgrößen . . . . .	120
6.2.5	Festlegung der relevanten Ausprägungen aller Merkmale . . . . .	122
6.2.6	Soziodemographische Einflussgrößen . . . . .	124
6.3	Design der statistischen Versuchspläne . . . . .	126
6.4	Konzeption und Umsetzung der Datenerhebung . . . . .	127
6.4.1	Auswahl der Datenform . . . . .	127
6.4.2	Gestaltung des Erhebungsinstruments . . . . .	128
6.4.3	Konzeption des Fragebogens . . . . .	131

6.4.4	Der Pretest . . . . .	133
6.4.5	Die Untersuchungsstichprobe . . . . .	133
6.4.6	Umsetzung der Befragung . . . . .	135
6.5	Zusammenfassende Darstellung des Aufbaus und der Durchführung . . . .	136
<b>7</b>	<b>Datenanalyse und Modellierung</b>	<b>139</b>
7.1	Vorbereitung und Überprüfung der Daten . . . . .	141
7.1.1	Ernsthaftigkeit der Probanden . . . . .	141
7.1.2	Lexikographische Entscheidungsregeln . . . . .	142
7.1.3	Wahlfreiheit der Respondenten . . . . .	143
7.2	Beschreibung der Stichprobe . . . . .	143
7.2.1	Die aktuelle Verkehrsmittelwahl . . . . .	144
7.2.2	Soziodemographische Kriterien . . . . .	145
7.2.3	Zusammenhänge zur Verkehrsmittelwahl . . . . .	146
7.3	Graphische Auswertung . . . . .	149
7.3.1	Häufigkeiten der Merkmalsausprägungen . . . . .	150
7.3.2	Abschätzung der Effekte . . . . .	151
7.4	Bestimmung der Parameter . . . . .	156
7.4.1	Die Datenaufbereitung . . . . .	156
7.4.2	Die Nutzenfunktionen und Kodierung der Merkmale . . . . .	157
7.4.3	Die Parameterschätzung . . . . .	160
7.4.4	Modellierung der Verkehrsmittelwahl . . . . .	161
7.4.5	Validierung der Modellergebnisse . . . . .	190
7.5	Zusammenfassende Darstellung der Datenanalyse und der Modellierung . .	194
<b>8</b>	<b>Untersuchungsergebnisse und Anwendungen</b>	<b>197</b>
8.1	Einflüsse der Merkmale . . . . .	198
8.2	Die Verkehrsmittelwahl . . . . .	207
8.2.1	Umsetzung der Szenarien . . . . .	207

---

8.2.2	Die Situation vor "M21 FahrPlus" . . . . .	210
8.2.3	Einzelmaßnahmen . . . . .	212
8.2.4	Kombinierte Maßnahmen . . . . .	216
8.2.5	Anwendungen für "M21 FahrPLUS" . . . . .	220
8.3	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse und der Anwendungen . . .	224
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>227</b>
9.1	Zusammenfassung der Untersuchung . . . . .	227
9.2	Konsequenzen für die Förderung von betrieblichen Fahrgemeinschaften . .	230
9.3	Konsequenzen für die Forschung . . . . .	235
	<b>Literatur</b>	<b>239</b>
	<b>A Versuchsplan</b>	<b>255</b>
	<b>B Fragebogen</b>	<b>263</b>
	<b>C Graphische Darstellung der Effekte</b>	<b>271</b>



# Abbildungsverzeichnis

1.1	Inhalt und Aufbau der Arbeit . . . . .	31
2.1	Die Entwicklung im Personenverkehr . . . . .	36
2.2	Mobilitätsgrößen im Vergleich von 1972 zu 1995 . . . . .	37
3.1	Auswahl der Methoden der SP . . . . .	56
3.2	Prinzip des linearen Wahrscheinlichkeitsmodells . . . . .	59
3.3	Aufbau eines Nested-Logit-Modells . . . . .	62
3.4	Entscheidungsprozess zur Nutzung einer Dienstleistung . . . . .	65
4.1	Vorgehensweise zur Identifikation relevanter Merkmale . . . . .	81
4.2	Haupteffekte und Wechselwirkungen von Merkmalen . . . . .	89
5.1	Verteilung der Wohnorte aller Mitarbeiter des MTC in Sindelfingen . . . . .	102
5.2	Das Untersuchungsdesign . . . . .	105
6.1	Duale Fragestellung im Rahmen der Vorerhebung . . . . .	120
7.1	Gang der Datenauswertung . . . . .	140
7.2	Die aktuelle Verkehrsmittelwahl zum Zeitpunkt der Erhebung . . . . .	145
7.3	Haupteffekt des Merkmals Abholort . . . . .	152
7.4	Wichtigkeiten der Merkmale für die Alternative Pkw . . . . .	153
7.5	Wechselwirkungen der Merkmale Abholort und Notstrategie . . . . .	155
8.1	Relative Wichtigkeiten der relevanten Merkmale . . . . .	200
8.2	Das Szenario S1 - Persönliche Absprache . . . . .	211

---

8.3	Das Szenario S2 - Abholung der Mitfahrer . . . . .	213
8.4	Das Szenario S4 - Steigerung des Vertrauens . . . . .	214
8.5	Das Szenario S5 - Fahrzeuge vom Arbeitgeber . . . . .	215
8.6	Das Szenario S6 - Optimierung der Reisezeit . . . . .	216
8.7	Das Szenario S7 - "M21 FahrPLUS" für Mitfahrer . . . . .	217
8.8	Das Szenario S8 - "M21 FahrPLUS" für Fahrer . . . . .	218
8.9	Das Szenario S9 - "M21 FahrPLUS" für Mitfahrer und Fahrer . . . . .	220
B.1	Einleitung und Allgemeines . . . . .	264
B.2	Dienstwagen und Verbrauch . . . . .	265
B.3	Zeitfahrkarten und ihre Kosten . . . . .	266
B.4	Verkehrsmittelwahl und ihre Anteile . . . . .	267
B.5	Mobilitätssituation und Erläuterungen . . . . .	268
B.6	Entscheidungssituationen eins und zwei . . . . .	269
B.7	Soziodemographie und Danksagung . . . . .	270
C.1	Marktanteile Pkw, Teil 1 . . . . .	272
C.2	Marktanteile Pkw, Teil 2 . . . . .	273
C.3	Marktanteile Pkw, Teil 3 . . . . .	274

# Tabellenverzeichnis

2.1	Formen von Mobilitätsdiensten . . . . .	43
6.1	Charakteristische Merkmale der Verkehrsmittelwahl, Teil 1 . . . . .	116
6.2	Charakteristische Merkmale der Verkehrsmittelwahl, Teil 2 . . . . .	117
6.3	Spezifische Merkmale von Fahrgemeinschaften . . . . .	118
6.4	Die bedeutenden Merkmale der Vorerhebung . . . . .	119
6.5	Ausgewählte Merkmale und ihre Ausprägungsstufen . . . . .	124
6.6	Die Merkmale und ihre Ausprägungsstufen im Nullfall . . . . .	131
7.1	Charakterisierung der Stichprobe . . . . .	144
7.2	Typen von Verkehrsteilnehmern . . . . .	147
7.3	Die Eigenschaften der Probanden in Bezug auf ihre Verkehrsmittelwahl . .	148
7.4	Parameter des Modells 11 . . . . .	166
7.5	Parameter des Modells 12 . . . . .	168
7.6	Parameter des Modells 13 . . . . .	169
7.7	Parameter des Modells 14 . . . . .	171
7.8	Parameter des Modells 21 . . . . .	172
7.9	Parameter des Modells 22 . . . . .	173
7.10	Parameter des Modells 31_1 . . . . .	175
7.11	Parameter des Modells 31_2 . . . . .	176
7.12	Parameter des Modells 31_3 . . . . .	177
7.13	Parameter des Modells 32_3 . . . . .	177
7.14	Parameter des Modells 33_3 . . . . .	179

7.15	Parameter des Modells 34_3 . . . . .	180
7.16	Parameter des Modells 31_4 . . . . .	182
7.17	Parameter des Modells 32_4 . . . . .	183
7.18	Parameter des Modells 41 . . . . .	185
7.19	Parameter des Modells 42 . . . . .	186
7.20	Vergleich der Modelle über den Likelihood-Ratio-Index $\rho_{korr}^2(0)$ . . . . .	187
7.21	Parameter des Modells 14_2 . . . . .	189
7.22	Parameter des Modells 14_3 . . . . .	191
7.23	Validierung der Modellergebnisse . . . . .	193
8.1	Die Koeffizienten der kategorialen Merkmale . . . . .	198
8.2	Parameter der kategorialen Attribute in Relation zu Zeit und Kosten . . .	201
8.3	Die Merkmalsausprägungen für den Nullfall und die Szenarien S1 bis S4 . .	208
8.4	Die Merkmalsausprägungen für die Szenarien S5 bis S9 . . . . .	208
8.5	Die Verkehrsmittelwahl im Nullfall und in den Szenarien S1 bis S9 . . . . .	210
A.1	Reduzierter Versuchsplan, Teil 1 . . . . .	255
A.2	Reduzierter Versuchsplan, Teil 2 . . . . .	256
A.3	Reduzierter Versuchsplan, Teil 3 . . . . .	257
A.4	Reduzierter Versuchsplan, Teil 4 . . . . .	258
A.5	Reduzierter Versuchsplan, Teil 5 . . . . .	259
A.6	Reduzierter Versuchsplan, Teil 6 . . . . .	260
A.7	Reduzierter Versuchsplan, Teil 7 . . . . .	261
A.8	Reduzierter Versuchsplan, Teil 8 . . . . .	262



# Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
&	und
ACA	Adaptive Conjoint-Analyse
ASP	Active Server Pages
AST	Anruf-Sammel-Taxi
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CBC	Choice-Based-Conjont-Analyse
$cm^3$	Kubikzentimeter
d.h., D.h.	das heißt
DELFI	Durchgängige ELektronische FahrplanInformation
DETR	Department of the Environment, Transport and the Regions
df	degrees of freedom (Anzahl der Freiheitsgrade)
DVWG	Deutsche Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft
Ed., Eds.	editor/edition, editors (Herausgeber)
EFA	Elektronische FahrplanAuskunft
et al	et alii (und weitere)
etc.	et cetera (und so weiter)
ETH	Eidgenössische Technische Hochschule
f	folgend
FAT	Forschungsvereinigung Automobiltechnik
FGSV	Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen
GSM	Global Standard of Mobile Communication
GVP	Generalverkehrsplan
HOV	High Occupancy Vehicle
IIA	Independence of Irrelevant Alternatives
ITS	Intelligent Transportation System
Lkw	Lastkraftwagen
LSA	Lichtsignalanlage
M21	Mobilitätsdienstleistungen für das 21. Jahrhundert

MDS .....	mehrdimensionale Präferenz-Skalierung
mIV .....	motorisierter Individualverkehr
Mrd. ....	Milliarden
MTC .....	Mercedes-Benz Technologie Center
N .....	Stichprobengröße
N .....	Anzahl der unabhängigen Beobachtungen
ÖIV .....	Öffentlicher Individualverkehr
ÖV .....	Öffentlicher Verkehr
ÖPFV .....	Öffentlicher PersonenFernverkehr
ÖPNV .....	Öffentlicher PersonenNahverkehr
P .....	Parameter
P+M .....	Parken und Mitnehmen
PDA .....	Personal Digital Assistant
Pkw .....	Personenkraftwagen
Plz .....	Postleitzahl
P+R .....	Park + Ride
RP .....	Revealed Preferences
RDS .....	Radio Data System
RVP .....	Regionalverkehrsplan
S. ....	Seite
SMS .....	Short Message Service
SP .....	Stated Preferences
SPSS .....	Statistical Package for the Social Sciences
s.u. ....	siehe unten
Tech. Rep. ....	technical report (Bericht)
TDM .....	Transportation Demand Management
TMC .....	Traffic Message Channel
TRP .....	Trip Reduction Programs
TU .....	Technische Universität
u.a. ....	unter anderem
UMTS .....	Universal Mobile Telecommunication System
URL .....	Unified Resource Locator
VDA .....	Verband der Automobilindustrie
vgl., Vgl. ....	vergleiche
VVS .....	Verkehrsverbund Stuttgart
WAP .....	Wireless Application Protocol
WLAN .....	Wireless Local Area Network
z.B., Z.B. ....	zum Beispiel

# Kapitel 1

## Einleitung und Problemstellung

### 1.1 Ausgangssituation

Mobilität gilt in den Industrienationen nicht nur als eine individuelle und gesellschaftliche Form der persönlichen Freiheit des einzelnen Bürgers, sondern verkörpert für die arbeitsteilig spezialisierte Wirtschaft einen unentbehrlichen Standortfaktor.<sup>1</sup> Die Ballungsräume, geprägt von Massenmotorisierung, entwickeln sich jedoch durch die zunehmenden Auswirkungen des Verkehrs zu Lebensräumen, die die Grenzen der Belastbarkeit von Mensch und Umwelt erreicht haben.<sup>2</sup> Insbesondere in den Hauptverkehrszeiten kann die hohe Nachfrage nach verfügbaren Kapazitäten, sowohl im motorisierten Individualverkehr (mIV) in Bezug auf Verkehrswege als auch im öffentlichen Verkehr (ÖV) in Form von Verkehrsmitteln, in der Regel nicht mehr durch das vorhandene Verkehrsangebot gedeckt werden.<sup>3</sup> Die resultierenden zeitlichen Verzögerungen, räumlichen Engpässe und die damit verbundenen instabilen Verkehrsverhältnisse können nicht mehr als begrenzte Erscheinungen betrachtet werden, sondern scheinen sich zu Dauerproblemen zu entwickeln.<sup>4</sup> Tägliche Staus führen zu Zeitverlusten, höheren Mobilitätskosten und einer steigenden Umweltbelastung.<sup>5</sup> Dem nachfrageorientierten Ausbau von mIV und ÖV sind aber finanzielle, zeitliche und umweltpolitische Grenzen gesetzt.<sup>6</sup>

Die Bundesregierung fordert ein über alle Verkehrsträger integriertes Verkehrssystem zur Schaffung einer flächendeckenden und umweltschonenden Mobilität aller Menschen in

---

<sup>1</sup> Vgl. HALBRITTER *et al.* (1999), S. 33, JAKUBOWSKI, LEHMANN (2000), S. 9 und KOPPER (1991), S. 50.

<sup>2</sup> Vgl. ABERLE (1993), S. 663 und BOCK (1998), S. 1.

<sup>3</sup> Vgl. KRUMMHEUER (06.08.1999), S. 2.

<sup>4</sup> Vgl. BRANDT (1994), S. 9.

<sup>5</sup> Vgl. ABERLE (1993), S. 663 und POUSTTCHI (2001), S. 2.

<sup>6</sup> Vgl. SCHNÜLL (2000), S. 1.

Deutschland.<sup>7</sup> Ein wichtiger Bestandteil zur Erreichung dieses Ziels wird in der Umsetzung eines modernen und umweltverträglichen Individualverkehrs gesehen. Eine bedeutende Maßnahme, im Rahmen von Gesamtkonzepten zur Optimierung des mIV, liegt in der Entwicklung und Umsetzung von innovativen Lösungen für die effektive Organisation von individuellen Mobilitätswünschen. Der Integration von neuen Informations- und Kommunikationstechniken wird dabei eine entscheidende Bedeutung beigemessen.<sup>8</sup>

Im Rahmen des Berufsverkehrs besteht ein Lösungsansatz in der Schaffung von neuen Mobilitätsformen und -diensten, die zwischen den traditionellen Verkehrsformen mIV und ÖV angesiedelt sind.<sup>9</sup> Die flexible, rechnergestützte Vermittlung von Fahrgemeinschaften kann in diesem Zusammenhang einen Beitrag zur optimierten Auslastung von Fahrzeugen und der Verkehrsinfrastruktur leisten. Öffentlich-private Pilotprojekte können Möglichkeiten, Potenziale und Grenzen dieser neuen Verkehrsform aufzeigen. Im Ballungsgebiet Stuttgart ist durch die Zusammenarbeit der DaimlerChrysler AG und dem Land Baden-Württemberg ein neuartiger Mobilitätsdienst, orientiert an den Bedürfnissen von Arbeitnehmern in Gleitzeitmodellen, entwickelt worden.<sup>10</sup> Die Dienstleistung, mit dem Namen "M21 FahrPLUS", hat die Organisation von dynamischen Fahrgemeinschaften mit täglich wechselnden Teilnehmern zum Ziel.

In der Literatur finden sich eine Vielzahl von theoretischen und empirischen Untersuchungen zur Förderung von betrieblichen Fahrgemeinschaften. Diese beziehen sich jedoch ausschließlich auf die Bewertung von traditionellen, statisch organisierten Mitnahmeverkehr<sup>11</sup> oder betrachten separat die Abbildung von logistischen Prozessen am Beispiel flexibler Fahrgemeinschaften<sup>12</sup>. Der erschöpfenden Untersuchung flexibler Organisationsformen wurde hingegen bisher kaum eine Bedeutung beigemessen.

In Abhängigkeit des Leistungsspektrums und der Rahmenbedingungen der innovativen und noch nicht etablierten, dynamisch organisierten Mitnahmeverkehre, sind daher bewährte Analyseverfahren zu identifizieren und zu einer geeigneten Untersuchungsmethode zu entwickeln. Die Betrachtung der Mobilitätsdienstleistung "M21 FahrPLUS" erfordert sowohl eine qualitative als auch quantitative Art der Bewertung, die sowohl Rückschlüsse auf die Einflussfaktoren im Rahmen der individuellen Wahl der Verkehrsmittel als auch Prognosen der aggregierten Verkehrsmittelwahl zulassen.

In der vorliegenden Arbeit wird daher der Frage nachgegangen, wie sich das Angebot innovativer Mobilitätsdienstleistungen, mit dem Ziel der Vermittlung von dynamischen

<sup>7</sup> Vgl. BUNDESREGIERUNG (1998), S. 8f.

<sup>8</sup> Vgl. BOCK (1998), S. 4.

<sup>9</sup> Vgl. FIEDLER (1993), S. 43 und WIDDER (1995), S. 7.

<sup>10</sup> Vgl. HOLZWARTH *et al.* (2000), S. 549f.

<sup>11</sup> Vgl. BLACK (1995), PAJONK (1983), REINKE (1985), REINKOBER (1994) und WERNSPERGER (1995)

<sup>12</sup> Vgl. BALLARIN (2000)

Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr, auf das tägliche Verhalten der Verkehrsteilnehmer und auf die Veränderung des Modal-Splits auswirken.

## 1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist die Erklärung und Abbildung der Verkehrsmittelwahl im Berufsverkehr am Beispiel der Mitarbeiter des Mercedes-Benz Technologie Centers (MTC) in Sindelfingen. Im besonderen Hinblick auf das Angebot der flexiblen, telematikgestützten Mobilitätsdienstleistung “M21 FahrPLUS” zur Förderung der Nutzung von Fahrgemeinschaften für Beschäftigte in Gleitzeitmodellen, werden das Verhalten der Verkehrsteilnehmer und die resultierenden Änderungen in der Wahl der zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel analysiert. Mit Hilfe der Modellierung des Prozesses der Verkehrsmittelwahl, auf Basis einer empirischen Untersuchung, sollen sowohl die Abbildung der aktuellen Situation als auch die Prognose des zukünftigen Verhaltens unter optimierten Bedingungen der Unterstützung von betrieblichen Fahrgemeinschaften erreicht werden. Darüber hinaus sollen Grundlagen für die Analyse weiterer räumlicher Strukturen und die Bewertung anderer Mobilitätsdienste geschaffen werden. Am Beispiel der dynamischen Fahrgemeinschaftsvermittlung “M21 FahrPLUS” wird im Zuge der vorliegenden Untersuchung auf folgende Punkte und Fragestellungen eingegangen:

- Erklärung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer im MTC,
- Abbildung und Prognose der Verkehrsmittelwahl im MTC sowie
- Konzeption und Umsetzung einer flexiblen verfahrenstechnischen Vorgehensweise.

Im Rahmen der Erklärung des Verkehrsmittelwahlverhaltens sollen die Akzeptanz der angebotenen Dienstleistung, im Vergleich zu einer herkömmlichen Unterstützung von statischen Fahrgemeinschaften, bestimmt werden und daraus Optimierungspotenziale für “M21 FahrPLUS” abgeleitet werden. Die Modellierung des Prozesses der Verkehrsmittelwahl soll darüber hinaus eine aggregierte Darstellung der Verkehrsmittelwahl im MTC zum Zeitpunkt der Untersuchung und für spätere differenzierte Ausbaustufen gewährleisten. Die Entwicklung eines allgemeinen Designs soll gewährleisten, dass sich die Anwendung der Methodik nicht nur auf das MTC beschränkt. Entsprechende Modifikationen vorausgesetzt, soll der Einsatz auch für andere Gebiete und Dienstleistungen ermöglicht werden.

## 1.3 Aufbau

Die in neun Kapitel untergliederte Arbeit behandelt, neben der Einleitung in Kapitel 1, die theoretischen Grundlagen in den Kapiteln 2 bis 5 sowie die empirischen Untersuchungen in den Abschnitten 6 bis 9. Die Abbildung 1.1 veranschaulicht den Inhalt und Aufbau dieser Arbeit.

Das Kapitel 2 erläutert die Grundlagen der vorliegenden Arbeit im Kontext von Verkehr und Mobilität. Im Anschluss an die Darstellung der Entwicklungen im Personenverkehr werden bedeutende Aspekte des integrierten Verkehrsmanagements und der Verkehrstelematik dargestellt. Ausgehend von den verschiedenen Formen von Mobilitätsdienstleistungen, werden die Möglichkeiten zur Förderung von Fahrgemeinschaften als ein Angebot im Rahmen eines betrieblichen Mobilitätsmanagements dargelegt, die Entwicklungen und Effekte der Förderung von Fahrgemeinschaften in Nordamerika aufgezeigt und schließlich der Dienst “M21 FahrPLUS” vorgestellt.

Im Kapitel 3 werden die elementaren Begriffe sowohl der Verkehrsplanung und Verkehrsmittelwahl als auch der Einstellungstheorie, als Basis zur Erklärung des Verhaltens von Verkehrsteilnehmern, dargestellt. Aus den Anforderungen der Abbildung und Prognose der Wahl der Verkehrsmittel, unter Berücksichtigung einer innovativen Mobilitätsdienstleistung, werden Verfahren zur Messung von Präferenzstrukturen als geeignet für die vorliegende Untersuchung identifiziert. Anschließend werden die verschiedenen Methoden vorgestellt.

Die in dieser Untersuchung zur Anwendung kommenden Methoden der Stated Preferences (SP) werden in Kapitel 4 vorgestellt. Dabei wird detailliert auf die bedeutenden Bestandteile der Erfassung, Verdichtung und Festlegung von Merkmalen, den potenziellen Antwortformen, der statistischen Versuchsplanung, den möglichen Befragungsformen und der Einbeziehung von offenbarten Interessen und Neigungen über Daten der Revealed Preferences (RP) eingegangen.

Die Spezifikation der durchzuführenden empirischen Analysen wird in Kapitel 5 vorgenommen. Im Einzelnen sind die Fragestellung, die Zielgruppen und die Szenarien zu definieren sowie der Untersuchungsraum, das Anwendungsumfeld und das Untersuchungsdesign festzulegen.

Das Kapitel 6 schildert den Aufbau und die Durchführung der empirischen Untersuchung. Im Zuge der Bestimmung des Erhebungsverfahrens werden die grundsätzlichen Formen der Analyse in Form von SP festgelegt. Neben der Festlegung der Alternativen werden die Antwortform, die Form des Versuchsplans, die Befragungsform und die Integration der realen Verkehrsmittelwahl spezifiziert. Im Anschluss an die Identifizierung der relevanten,

in die Untersuchung zu integrierenden Merkmale und ihrer Ausprägungen, kann das Design des statistischen Versuchsplans definiert werden. Abschließend werden die Konzeption und Umsetzung der Datenerhebung beschrieben.



Abbildung 1.1: Inhalt und Aufbau der Arbeit<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

Die Datenanalyse und Modellierung folgen in Kapitel 7. Als Grundlage für die folgenden Auswertungen werden die Daten der Erhebung vorbereitet und auf Glaubwürdigkeit der Respondenten überprüft. Im Anschluss an die Beschreibung der Stichprobe und einer graphischen Auswertung der Entscheidungssituationen, zur Gewinnung eines ersten Überblicks über die Wirkungen der einzelnen Merkmale, wird ein Modell der Verkehrsmittelwahl entwickelt und anhand der realen Wahl der Verkehrsmittel geeicht. Im Rahmen dieser Modellierung werden die Effekte der Einflussfaktoren mit Hilfe von alternativenspezifischen Nutzenfunktionen und einer auf der Theorie der Nutzenmaximierung basierenden Parameterschätzung ermittelt.

Im Kapitel 8 werden die ermittelten Einflüsse der Faktoren vorgestellt und interpretiert. Mit Hilfe der vorab definierten Szenarien können Prognosen der Verkehrsmittelwahl für einzelne und kombinierte Maßnahmen bestimmt werden.

Abgeschlossen wird die vorliegende Arbeit in Kapitel 9 mit einer Zusammenfassung der Untersuchung sowie der Darlegung der Konsequenzen sowohl für die praktische Förderung von betrieblichen Fahrgemeinschaften als auch für die weitere wissenschaftliche Forschung.



# Kapitel 2

## Verkehr und Mobilität

In der Verkehrswissenschaft wird Verkehr allgemein als die Ortsveränderung von Personen, Gütern und Informationen definiert.<sup>1</sup> Der Verkehr als Superposition aller Ortsveränderungen ist kein Selbstzweck, sondern entsteht aus dem elementaren Grundbedürfnis der Menschen, Aktivitäten außerhalb der eigenen Wohnumgebung durchführen zu können.<sup>2</sup> Motiviert werden Ortsveränderungen durch das Verlangen nach sozialen Kontakten, einer vielfältigen Freizeitgestaltung und der Schaffung neuer beruflicher Perspektiven.<sup>3</sup> Die Veränderungen können dabei sowohl motorisiert, mit privaten (z.B. Pkw) oder öffentlichen (z.B. Bus) Verkehrsmitteln, als auch unmotorisiert (z.B. zu Fuß oder mit dem Fahrrad) realisiert werden.<sup>4</sup>

Als zweiter zentraler Begriff der Verkehrswissenschaft wird die Mobilität in der Literatur für die unterschiedlichsten Themen und Zusammenhänge verwendet. CERWENKA (1999) unterscheidet in soziale, geistige und räumliche Mobilität.<sup>5</sup> Für die vorliegende Arbeit ist nur die Form der räumlichen Mobilität von Interesse, die als Synonym für Ortsveränderung und entsprechend für Verkehr im Allgemeinen definiert wird.<sup>6</sup> Andere Definitionen hingegen betrachten Mobilität in unmittelbarem Zusammenhang mit individuellen Mobilitätswünschen. VOGT (1997) zum Beispiel definiert die Mobilität als "Bereitschaft und Fähigkeit zur Bewegung als auch die Bewegung selbst".<sup>7</sup> Von WILLIKE (1996) wird die Mobilität in quantitativer Form als "die Anzahl der tatsächlich vollzogenen Bewegungen" bezeichnet.<sup>8</sup> An dieser Stelle wird die Definition von FORCHER (1996) als Grundlage herangezogen:

---

<sup>1</sup> Vgl. SCHNABEL, LOHSE (1997), S. 19 und FORSCHUNG STADTVERKEHR (1988), S. 11.

<sup>2</sup> Vgl. BRECKLE (2003), S. 27 und STEIERWALD, KÜNNE (1994), S. 41f.

<sup>3</sup> Vgl. MAASS (1995), S. 43 und SCHNABEL, LOHSE (1997), S. 19.

<sup>4</sup> Vgl. BRECKLE (2003), S. 28f, MAASS (1995), S. 43 und WENGLER-REEH (1991), S. 13.

<sup>5</sup> Vgl. CERWENKA (1999), S. 35.

<sup>6</sup> Vgl. HAUTZINGER *et al.* (1994), S. 13 und STEIERWALD, KÜNNE (1994), S. 49.

<sup>7</sup> Vgl. VOGT (1997), S. 13.

<sup>8</sup> Vgl. WILLIKE (1996), S. 10.

*Mobilität ist Ortsveränderung. Sie kann gerichtet (Wechsel des Wohnortes) oder zirkulär (Aktivitäten mit Rückkehr zum Wohnort) sein.*<sup>9</sup>

Im Kern dieser Arbeit steht die Untersuchung eines neuartigen, dynamischen Mitfahrdienstes als innovatives Angebot im Berufsverkehr. Entsprechend wird nur die zirkuläre Mobilität als individuelles Verhalten der Verkehrsteilnehmer den folgenden Untersuchungen zugrunde gelegt. Die Betrachtungen beschränken sich dabei auf die Summe aller einzelnen räumlichen Veränderungen, auf Basis persönlicher Mobilitätswünsche und -angebote im Berufsverkehr, zugehörig zum Personenverkehr, einem Teil des Gesamtgefüges Verkehr.

In diesem Kapitel werden die für die Analyse eines Vermittlungsdienstes von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr bedeutenden Grundlagen in Zusammenhang von Verkehr und Mobilität, dargestellt. Der Beschreibung der Entwicklungen im Personenverkehr und den daraus resultierenden Verkehrsproblemen folgt als ein geeigneter Lösungsansatz die Darlegung des integrierten Verkehrsmanagements. Mit Hilfe der Verkehrstelematik können innovative Mobilitätsdienstleistungen entwickelt werden, zu denen im Allgemeinen die Bildung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr und im Speziellen die Dienstleistung "M21 FahrPLUS" zu zählen sind. Im Kontext der nur geringen Anzahl an Programmen der Unterstützung von betrieblichen Fahrgemeinschaften in Deutschland werden weiterhin die Erfahrungen und Erfolge der Förderung in Nordamerika dargestellt.

## 2.1 Entwicklungen im Personenverkehr

Die Entwicklung von Verkehr und Mobilität wird direkt durch das Verhalten der Verkehrsteilnehmer beeinflusst. Gruppenspezifische Zugehörigkeit entsprechend der persönlichen sozialen Rolle, das Mobilitätsangebot im Wohnumfeld und die individuellen Raumstruktur kennzeichnen die Teilnahme am Personenverkehr.<sup>10</sup> Der anhaltende Trend zu dispersen Siedlungsstrukturen<sup>11</sup> führt zu einer im Mittel über alle Einwohner geringeren Einwohnerdichte im persönlichen Umfeld und einem damit verbundenen höheren verkehrlichen Aufwand. Die wachsenden Entfernungen können dabei besonders mit dem ÖV kaum mit einem vertretbaren zusätzlichen Aufwand, in Bezug auf Zeit und Kosten, bewältigt werden.<sup>12</sup> Die Veränderung des Mobilitätsverhaltens wird, neben den sich ändernden Lebensstilen<sup>13</sup> der Menschen sowie Bevölkerungs- und Sozialstrukturen, von zahlreichen weiteren

---

<sup>9</sup> Vgl. FORCHER (1996), S. 16.

<sup>10</sup> Vgl. VALLÉE (1994), S. 8.

<sup>11</sup> Vgl. JAKUBOWSKI, LEHMANN (2000), S. 7, KUTTER (2001), S. 37 und LÖHR (2002), S. 241.

<sup>12</sup> Vgl. WERNSPERGER (1995), S. 1.

<sup>13</sup> Vgl. HOLZAPFEL (2000), S. 39.

Einflussfaktoren aus den Bereichen Politik, Gesellschaft und Wirtschaft bestimmt. Als Beispiele sind der EU-Binnenmarkt, die Öffnung der Ost-West-Grenzen, die Flexibilisierung der Arbeitszeiten, die fortschreitende Arbeitsteilung der Wirtschaft, die Globalisierung der Märkte, die Liberalisierung des Welthandels und die Flexibilisierung von Produktionskonzepten zu nennen.<sup>14</sup> Charakteristisch für die Summe dieser Entwicklungen sind ein steigender Motorisierungsgrad<sup>15</sup> und ein Anwachsen der Mobilität. Die resultierende Steigerung des Verkehrs, insbesondere des mIV im Berufsverkehr, kann zu Einschränkungen der Gestaltung des täglichen Ablaufs führen. Kann z.B. eine Fahrt im Berufsverkehr aufgrund von veränderten Verkehrsverhältnissen in einer akzeptablen Reisezeit nur noch zu bestimmten Uhrzeiten durchgeführt werden, so können die Verkehrssteigerungen letztlich zu erzwungener Mobilität und der Einschränkung von Mobilitätsbedürfnissen führen. Mobilität als eine Basis der individuellen Lebensqualität kann von den Verkehrsteilnehmern nur als positiv empfunden werden, wenn sie auch zu akzeptablen Kosten, Reisezeiten und ökologischen Bedingungen erhältlich ist.

Aufgrund der in dieser Untersuchung angestrebten Betrachtung von dynamischen Fahrgemeinschaften, im Rahmen eines betrieblichen Mobilitätsmanagements, werden die Entwicklungen im Personenverkehr anhand der Steigerungen des mIV im Vergleich von 1970 bis 2004 in der Bundesrepublik Deutschland dargestellt. Als Messgrößen kommen die Veränderungen von Bevölkerung, Motorisierungsgrad, Netzlänge und Fahrleistung zur Anwendung. Die Abbildung 2.1 zeigt, dass die Bevölkerungszahl um 36% gestiegen ist. Im Vergleich dazu hat sich die Anzahl der zugelassenen Fahrzeuge mehr als verdreifacht. Infolge dieser gestiegenen Verfügbarkeit von privaten Fahrzeugen hat sich auch die Fahrleistung auf den vorhandenen Strassen überproportional im Vergleich zum angebotenen Strassenraum entwickelt. Im Vergleich zur Netzlänge, die nur eine Steigerung von 42% erfahren hat, erhöhte sich die Fahrleistung im selben Zeitraum um 130%. Diese zusätzlichen Belastungen der Straßen werden besonders bei der Betrachtung der mittleren Verkehrsdichte deutlich, die in dem betrachteten zeitlichen Intervall um 123% zugenommen hat.

Über die oben dargelegten Veränderungen des Personenverkehrs hinaus, lassen sich die wachsenden Mobilitätsbedürfnisse<sup>16</sup> der Verkehrsteilnehmer auch an den Messgrößen "Weghäufigkeit", "mittlere Wegedauer" und "mittlerer zurückgelegter Weg" belegen. In der Abbildung 2.2 ist zu erkennen, dass sich die Anzahl der Wege pro Tag in dem Zeitraum von 1972 bis 1995 von 2,9 auf 3,0, genau wie die aufgewendete Zeit je Fahrt von 56 auf 60 min, kaum verändert hat. Dagegen hat sich die zurückgelegte Entfernung im gleichen Zeitintervall von 11 auf 19 km erhöht.<sup>17</sup> Diese unterschiedlichen Änderungen sind durch

<sup>14</sup> Vgl. HEIMERL (1993), S. 659, JESSEN (1997), S. 55 und PIES (2000), S. 53.

<sup>15</sup> Vgl. ALTMANN (2000), S. 9.

<sup>16</sup> Vgl. BRECKLE (2003), S. 27.

<sup>17</sup> Vgl. HALBRITTER *et al.* (1999), S. 43 und MÜLLER (1997), S. 107.

die gestiegenen Geschwindigkeiten der Verkehrsmittel zu erklären. Entsprechend konnten die Verkehrsteilnehmer bei gleichem Zeitaufwand größere Strecken zurücklegen, was zu einer höheren Belastung der Verkehrsnetze geführt hat. Die steigende Verkehrsnachfrage, im Vergleich zum nahezu konstanten Angebot im Laufe der letzten 30 Jahre, hat zu den bekannten negativen Folgen wie Stauungen, häufigeren Unfällen und größeren Umweltbelastungen geführt.<sup>18</sup>

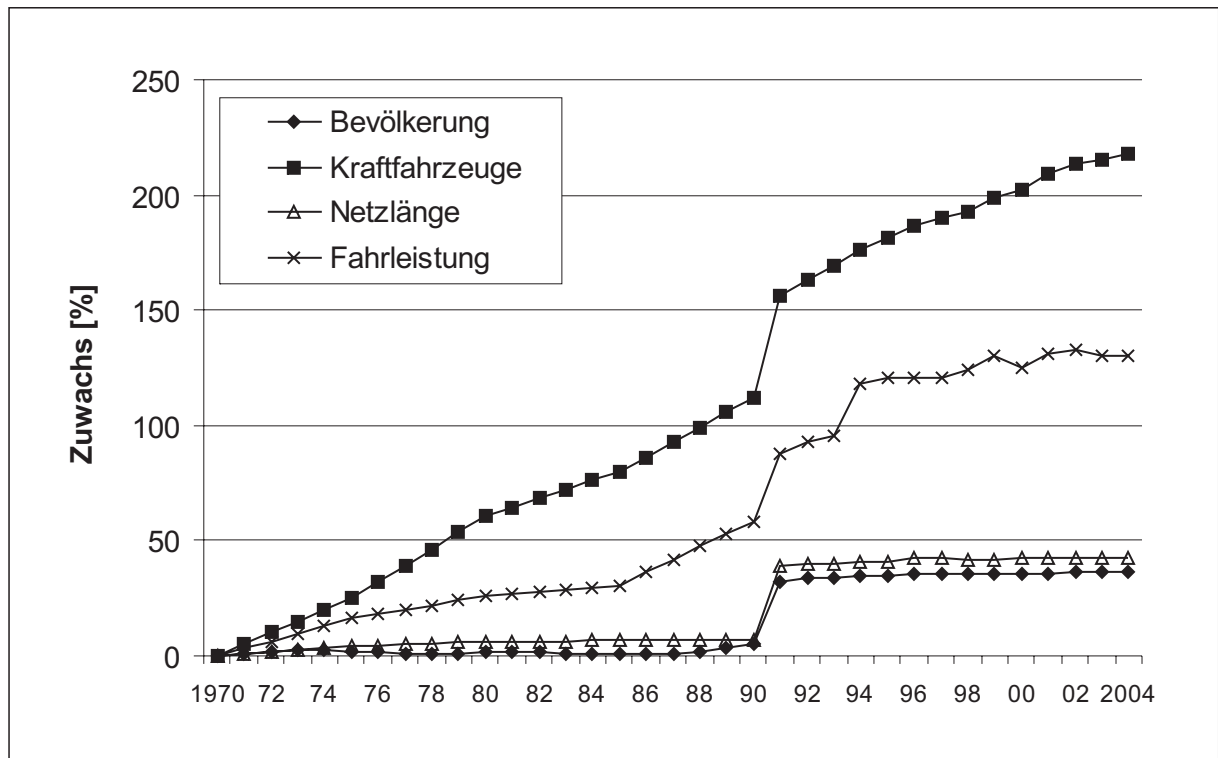


Abbildung 2.1: Die Entwicklung im Personenverkehr<sup>19</sup>

Eine Änderung dieser Entwicklung in naher Zukunft ist nicht zu erwarten.<sup>20</sup> Die Prognosen für das Jahr 2010 gehen auf Basis des Bundesverkehrswegeplans von 1992 von Steigerungen der Fahrleistungen im Personenverkehr von 32% aus. In absoluten Zahlen ausgedrückt entspricht dieses Wachstum einem Wert von über 200 Mrd. Personenkilometern, die den Prognosen entsprechend zu über 90% vom mIV bewältigt werden müssen.<sup>21</sup>

<sup>18</sup> Vgl. BOCK (1998), S. 1 und HALBRITTER *et al.* (1999), S. 27.

<sup>19</sup> Quelle: BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU- UND WOHNUNGSWESEN (2004), S. 103, 108, 140f und 216f; fehlende Werte wurden interpoliert. Der Sprung in den Funktionsverläufen von 1990 auf 1991 ist auf die Einbeziehung der neuen Bundesländer zurückzuführen.

<sup>20</sup> Vgl. ABERLE (1996), S. 42f.

<sup>21</sup> Vgl. BOCK (1998), S. 17, GASSNER *et al.* (1997), S. 9 und MÜLLER, BOCK (1995), S. 51.

## 2.2 Integriertes Verkehrsmanagement

Zur nachhaltigen Verbesserung der Verkehrssituation müssen neue Ideen, Strategien und Konzepte entwickelt und implementiert werden. Entsprechende Maßnahmen sollen sowohl den mIV als auch den ÖV berücksichtigen sowie darüber hinaus beide Modalitäten und die nicht motorisierten Verkehre in einer gemeinsame Strategie vereinen. Solch eine verkehrsträgerübergreifende Optimierung des Verkehrssystems kann den steigenden Mobilitätsbedürfnissen der Bevölkerung bei gleichzeitiger dynamischer Verkehrsentwicklung gerecht werden.<sup>22</sup> Neben technischen Entwicklungen zur Beeinflussung des Verkehrsverhaltens müssen die Verkehrsteilnehmer zu einer Veränderung ihres individuellen Mobilitätsverhaltens hingeführt werden. Denn nur durch die Kombination von technischen Innovationen und verändertem Mobilitätsbewusstsein kann auch eine langfristig wirksame Verbesserung der Verkehrssituation erreicht werden.<sup>23</sup>

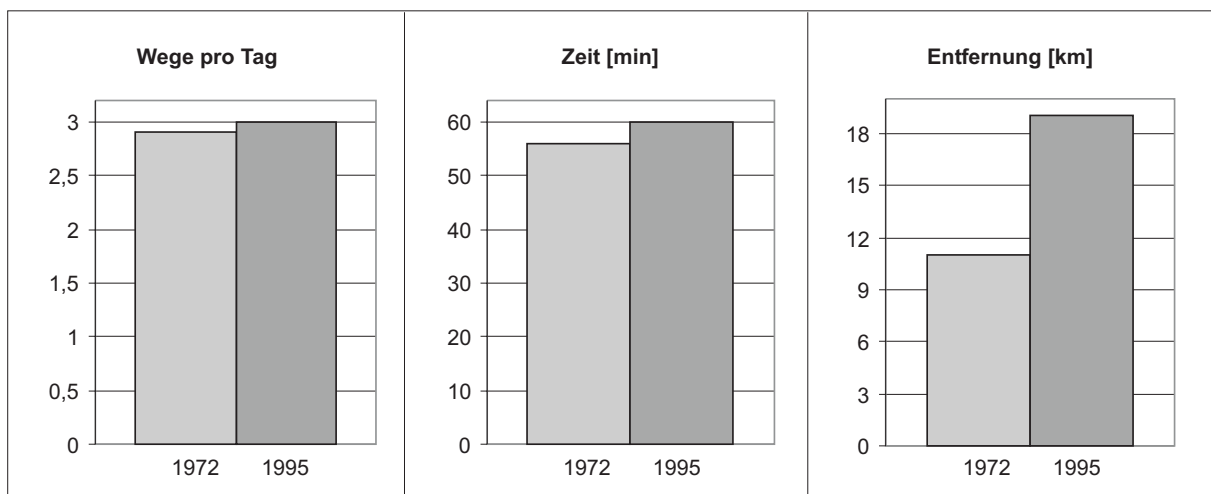


Abbildung 2.2: Mobilitätsgrößen im Vergleich von 1972 zu 1995<sup>24</sup>

Isolierte Forderungen, unter anderem nach der Einbeziehung von externen Kosten des Verkehrs, der Umwandlung der Kfz- und Mineralölsteuer in eine fahrleistungsbezogene Steuer, der Umwandlung der Kilometerpauschale in eine Entfernungspauschale, einem generellen Tempolimit auf den Straßen oder einer leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe, sind der Öffentlichkeit bekannt, werden von Experten gefordert oder befinden sich bereits in der Umsetzungsphase.<sup>25</sup> Eine nachhaltige Verbesserung der Verkehrs- und Mobilitätssituation kann aber nicht alleine mit solchen einzelnen Regelungen, sondern nur durch das Zusammenwirken aller Maßnahmen im Rahmen eines integrierten Ver-

<sup>22</sup> Vgl. DVWG (1996), S. 2f.

<sup>23</sup> Vgl. HALBRITTER *et al.* (1999), S. 30.

<sup>24</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>25</sup> Vgl. BRANDT (1994), S. 138 und 143 sowie REINKE (1985), S. 86.

kehrsmagements erreicht werden.<sup>26</sup> Im Bereich des ÖV gehören z.B. die Informationsvernetzung zwischen verschiedenen Betriebsleitsystemen und die Anschlussicherung an Umsteigepunkten zu den Erfolg versprechenden Ansätzen. Im Segment des mIV sollen Verknüpfungen von örtlich verschiedenen Steuerungssystemen, Schnittstellen zwischen individuellen und kollektiven Leitsystemen und die Kopplung mit Online-Systemen Beiträge zu einem zukunftsfähigen Verkehrsmanagement leisten. Der wesentliche Schwerpunkt muss aber in der Vernetzung von mIV und ÖV bestehen. Diese Kopplung der Verkehrsarten zu einem integrierten Verkehrsmanagement kann beispielhaft durch intermodales Routing oder dynamische Park+Ride-Systeme erreicht werden.

TOPP (1995) bezeichnet das Verkehrsmanagement als eine Art Software, die in Zusammenhang mit den als Hardware definierten Anlagen des Verkehrs steht.<sup>27</sup> Dementsprechend schließen die Konzepte des integrierten Verkehrsmanagements alle organisatorischen, betrieblichen, preispolitischen und ordnungspolitischen Maßnahmen ein, die auf das Ziel eines funktionsfähigen und umweltverträglichen Gesamtverkehrs ausgerichtet sind. Drei grundlegende, für verschiedene Zeithorizonte umsetzbare Strategien werden unterschieden:<sup>28</sup>

- Die langfristige **Vermeidung von Verkehr** soll eine Reduzierung der Fahrleistungen bei uneingeschränkter Beibehaltung der Mobilität erreichen. Dem Konzept liegt die Veränderung der Orte als Alternative zur Ortsveränderung zu Grunde. Größere räumliche Nähe führt somit zu einer Verringerung der Verkehrsnachfrage.<sup>29</sup>
- Die mittelfristige **Verlagerung von Verkehr** beruht auf der Bevorzugung von nicht motorisierten Verkehrsmitteln und des ÖV. Die Verkehrsteilnehmer sollen durch die Steigerung der Attraktivität vom ÖV, so genannte "Pull-Effekte", und durch Restriktionen beim IV, so genannte "Push-Effekte", zum Umstieg animiert werden.<sup>30</sup>
- Die kurzfristige **Verbesserung des Verkehrsablaufes** hat die Ziele einer optimalen Verkehrslenkung und einer gleichmäßigeren Nutzung des vorhandenen Verkehrsraums zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur.<sup>31</sup>

Die kombinierte Umsetzung aller drei Strategierichtungen (Vermeidung, Verlagerung und Verbesserung) im Rahmen des integrierten Verkehrsmanagements zur Schaffung einer zukunftsfähigen Mobilität und einer optimalen Verkehrsabwicklung stellt einen geeigneten

<sup>26</sup> Vgl. KÜHNE (1999), S. 361f und VERKEHRSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995), S. 151f.

<sup>27</sup> Vgl. TOPP (1995), S. 260.

<sup>28</sup> Vgl. BOCK (1998), S. 4 und FGSV (1995), S. 8f.

<sup>29</sup> Vgl. BLÖBAUM (2001), S. 39f, GASSNER *et al.* (1994), S. 156, GERTZ (1998), S. 6 und RÖSSLER (1993), S. 15.

<sup>30</sup> Vgl. BLÖBAUM (2001), S. 36f und THIESIES (1998), S. 43.

<sup>31</sup> Vgl. HALBRITTER *et al.* (1999), S. 27.

Lösungsweg dar, bei dem jeder Verkehrsträger entsprechend seinen spezifischen Vorteilen eingesetzt werden kann.

## 2.3 Verkehrstelematik

Telematikanwendungen dienen der Überwindung von räumlichen Distanzen durch elektronische Informationen. Sie vereinen die Übertragung von Informationen (Telekommunikation) sowie deren Verarbeitung und Verwendung (Informatik).<sup>32</sup> Der Begriff *Telematik* ist ein Neologismus, entstanden aus der Zusammenziehung von *Telekommunikation* und *Informatik*; die Bezeichnung *Informatik* setzt sich aus den Wörtern *Informationstechnik* und *Mathematik* zusammen.<sup>33</sup>

Im Rahmen eines integrierten Verkehrsmanagements finden Telematiksysteme besonders im Bereich der Verbesserung des Verkehrsablaufes Anwendung. Sie unterstützen bestehende Instrumente durch die Verknüpfung und Vernetzung der Verkehrsträger sowie die effiziente Nutzung der gesamten Verkehrsinfrastruktur und schaffen damit neue Möglichkeiten zur Beeinflussung des Verkehrs. Die verschiedenen Ansätze und Lösungen, in denen Telematik im Verkehr zum Einsatz kommt, können in folgende vier Bereiche eingeteilt werden:<sup>34</sup>

- Die Substitution physischen Verkehrs.
- Die Unterstützung administrativer Funktionen.
- Im Fahrzeug (IV) integrierte Assistenzsysteme (z.B. dynamische Navigation).
- Information, Kooperation und Koordination zwischen Verkehrsträgern und Verkehrsteilnehmern.

Insbesondere vom zuletzt genannten Punkt wird das größte Potenzial zur Beeinflussung des Verkehrsgeschehens und des Mobilitätsverhaltens erwartet. Im Einzelnen können eine optimierte Auslastung der Verkehrswege zur Erhöhung der Fahrleistungen und eine bessere Organisation des Verkehrsablaufes zur Steigerung der Effizienz des Verkehrs erreicht werden. Weitere Einsatzmöglichkeiten bestehen in der Reduzierung der Fahrzeugkilometer bei konstanten Personenkilometern sowie in der Vernetzung und Verknüpfung der individuellen Mobilitätswünsche der Verkehrsteilnehmer.<sup>35</sup>

<sup>32</sup> Vgl. BUSSIEK (1998), S. 103f und MÜLLER, BOCK (1995), S. 51.

<sup>33</sup> Vgl. KRÜGER (1995), S. 8, GASSNER (1994), S. 231 und MELHERITZ (1999), S. 30.

<sup>34</sup> Vgl. BOCK (1998), S. 5.

<sup>35</sup> Vgl. BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (1993), S. 2, BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (1997), S. 2 und HALBRITTER *et al.* (1999), S. 27f.

Ferner können Telematikangebote und -systeme in angebotsorientierte und nachfrageorientierte Maßnahmen unterteilt werden.<sup>36</sup> Zu den Maßnahmen, die auf die Verkehrsinfrastruktur wirken, gehören z.B. Wechselverkehrszeichen, Pfortneranlagen, Informationssysteme, separate Fahrstreifen für Busse und Fahrgemeinschaften, Geschwindigkeitsbegrenzungen, ÖV-Beschleunigungen, rechnergestützte Betriebsleitsysteme und Park+Ride-Angebote. In die Gruppe der auf die Verkehrsteilnehmer wirkenden Maßnahmen sind z.B. Road-pricing, Verkehrsberuhigung, Zufahrtsbeschränkungen, Tele-shopping und Videokonferenzen zu zählen. Mobilitätsangebote und -zentralen, die Organisation von bedarfsorientierten Verkehren wie Car-Sharing oder Fahrgemeinschaften sowie die Bereitstellung von aktuellen Daten und Informationen über das Verkehrsgeschehen vor und während der Fahrt sind ebenfalls in die Gruppe der nachfrageorientierten Maßnahmen einzuordnen.

## 2.4 Mobilitätsdienstleistungen

Um eine nachhaltige Verbesserung der Verkehrssituation erreichen zu können, sind im Rahmen des integrierten Verkehrsmanagements die drei Strategien der Vermeidung und der Verlagerung von Verkehr sowie der Verbesserung des Verkehrsablaufes identifiziert worden. Mit Unterstützung der Telematik können sowohl isolierte als auch integrierte Lösungsansätze für eine zukunftsfähige Mobilität entwickelt werden. Einen Schwerpunkt dieser Maßnahmen bilden innovative, nachfrageorientierte Dienstleistungen mit unmittelbarem Einfluss auf das Mobilitätsverhalten aller Verkehrsteilnehmer.

Im Mittelpunkt einer Mobilitätsdienstleistung steht die Orientierung am Kunden, dem Verkehrsteilnehmer. Dienstleistungen können an der durch den Menschen erbrachten Leistung, dem zwischen Leistungsgeber und Leistungsnehmer existierenden Prozesscharakter, dem mit der Dienstleistung erbrachten Ergebnis und den Potenzialen bzw. Fähigkeiten des Diensteanbieters beschrieben werden.<sup>37</sup> Durch folgende Eigenschaften werden Dienstleistungen charakterisiert:

- Das Produkt<sup>38</sup> hat einen immateriellen Charakter.
- Der Leistungsumfang wird oft erst im Zuge der Nutzung konkret.
- Der Nutzer unterliegt externen Einflüssen und Interaktionen.
- Eine Anpassung der Leistung an individuelle Kundenwünsche ist möglich.

---

<sup>36</sup> Vgl. BOCK (1998), S. 45f.

<sup>37</sup> Vgl. MEFFERT, BRUHN (1997), S. 12f und PEPELS (1995), S. 9f.

<sup>38</sup> Die Bezeichnung Produkt umfasst sowohl physikalische Objekte, als auch Dienstleistungen, vgl. KOTLER, BLIEMEL (1999) S. 9.



- Produktion und Verbrauch finden grundsätzlich gleichzeitig statt.
- Die Lagerung oder eine Produktion auf Vorrat sind nicht möglich.
- Umtausch oder Reparatur sind nicht möglich.

In Anlehnung an BRUHN (1996) und MEFFERT, BRUHN (1997) hat THOMS (2003) eine prägnante Definition von Dienstleistungen vorgeschlagen, der in dieser Arbeit gefolgt werden soll:

*Dienstleistungen sind selbständige, immaterielle, marktfähige Leistungen, die mit der Bereitstellung und/oder dem Einsatz von Leistungsfähigkeiten verbunden sind. Interne und externe Faktoren werden im Rahmen des Leistungserstellungsprozesses kombiniert.*<sup>39</sup>

Mobilitätsdienstleistungen zeichnen sich aber nicht alleine durch ihren Dienstleistungscharakter aus, sondern bilden ein komplexes und umfassendes Lösungsangebot für kundenspezifische Mobilitätsbedürfnisse. Neben dem Aspekt der Dienstleistungen sind Mobilitätsdienstleistungen von einer Reihe einzelner oder kombinierter Sachleistungen geprägt. Produkte, deren Komponenten sowohl den Bereichen der Sach- als auch den der Dienstleistungen zuzurechnen sind, werden in der Literatur als Systemgeschäfte bezeichnet. Sie behandeln ganzheitliche Lösungen für Kundenprobleme, die dabei in ihrer Konzeptionsphase auf bestimmte Kundengruppen ausgerichtet werden.<sup>40</sup> Zur Definition von Systemgeschäften wird die Begriffsbestimmung von ECKHOFF (2001) übernommen:

*Systemgeschäfte sind Geschäfte, in denen ein einzelner Anbieter oder mehrere Kooperationspartner mit gemeinsamer Interessenlage ein neues komplexes, auf einer Systemarchitektur basierendes Leistungssystem entwickeln, herstellen, betreiben und vertreiben. Anbieterseitig wird durch die Kombination der Systemelemente (elementare Systemelemente, Komponenten und Subsysteme) ein Systemnutzen geschaffen, der eine bessere Problemlösung für den Kunden bietet.*<sup>41</sup>

Mobilitätsdienstleistungen sind Systemgeschäfte, die sich in allen Bereichen des integrierten Verkehrsmanagements finden. Häufig werden sie von Verkehrstelematikanwendungen unterstützt und dienen der Information, Kooperation und Koordination zwischen Verkehrsträgern und Verkehrsteilnehmern. Im Fokus vieler Mobilitätsdienste und -angebote

<sup>39</sup> Vgl. BRUHN (1996), S. 13, MEFFERT, BRUHN (1997), S. 27 und THOMS (2003), S. 16.

<sup>40</sup> Vgl. BÖCKER (1995), S. 16f und BELZ *et al.* (1991), S. 1.

<sup>41</sup> Vgl. ECKHOFF (2001), S. 19.

stehen die Verkehrsteilnehmer. Die Dienste tragen zur Lenkung des Verkehrs und zur optimalen Nutzung der Verkehrsinfrastruktur bei.<sup>42</sup>

Mobilitätsdienstleistungen lassen sich hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die verschiedenen Verkehrsmittel in die Bereiche **IV-orientiert**, **ÖV-orientiert** sowie **Intermodal** einteilen. Sie finden von dem Zeitpunkt des Wunsches nach Mobilität in Form von **Information** über die **Organisation** der Reise bis zur eigentlichen Durchführung der korrespondierenden Fahrt (**Transport**) Anwendung.<sup>43</sup> Mobilitätsdienstleistungen im Bereich der Information können sowohl vor der eigentlichen Fahrt (Pre-Trip) als auch während einer Fahrt (On-Trip) von den Verkehrsteilnehmern genutzt werden.<sup>44</sup> Die angebotenen Informationen stehen den Nutzern entsprechend dem Grad der Aktualität in statischer oder dynamischer Form zur Verfügung. Sie sind entweder individuell, der Situation und den Bedürfnissen des Einzelnen angepasst oder kollektiv, d.h. für alle Nutzer grundsätzlich in gleicher Form verfügbar.<sup>45</sup> Über die reine Bereitstellung an Informationen hinaus umfasst das Spektrum an Mobilitätsdienstleistungen auch die Organisation von Fahrten in Form von Reservierungen, Buchungen und Vermittlungen. Diese Transaktionen stehen den Verkehrsteilnehmern grundsätzlich als individuelle Leistung zur Verfügung, die jedoch entweder statischer oder dynamischer Natur sein können. Des Weiteren kommen Mobilitätsdienste bei der Bereitstellung der Verkehrsträger und der Durchführung des Transports zur Anwendung. Die Tabelle 2.1 gibt anhand der geschilderten Kriterien einen Überblick zu den verschiedenen Formen von Mobilitätsdiensten.<sup>46</sup>

Zu den klassischen Mobilitätsangeboten gehören die statisch vor einer Reise (Pre-Trip) zur Verfügung stehenden Informationen zum mIV und ÖV.<sup>47</sup> Daten zum Routing bzw. zu Fahrplan- und Tarifinformationen können z.B. über öffentliche Mobilitätszentralen oder unternehmensinterne Mobilitätsberater in Anspruch genommen werden. Die Informationen selber werden in Form von persönlichen Auskünften, Faltblättern, Büchern und auf CD-Rom bereitgestellt. Über die unimodalen Dienstleistungen hinaus werden auch verkehrsmittelübergreifende Informationen zu Park+Ride (P+R), Parken und Mitnehmen (P+M) und Bike+Ride angeboten.<sup>48</sup> Dynamische Mobilitätsdienstleistungen mit einem hohen Grad an Aktualität stehen den Verkehrsteilnehmern sowohl in individueller als auch in kollektiver Form zur Verfügung. Das bestimmende Medium, das am besten auf die persönlichen Bedürfnisse des Nutzers eingeht, stellt das Internet dar. Im Bereich des mIV

---

<sup>42</sup> Vgl. BRECKLE (2003), S. 15.

<sup>43</sup> Vgl. PROGNOSE AG (1998), S. 4f.

<sup>44</sup> Vgl. BRECKLE (2003), S. 31f.

<sup>45</sup> Vgl. DENKHAUS (1995), S. 60.

<sup>46</sup> Für die dargestellte Zusammenstellung der Mobilitätsdienste besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit.

<sup>47</sup> Vgl. HALBRITTER *et al.* (2002), S. 26f.

<sup>48</sup> Vgl. BAUM (1992), S. 33 und HAHN, KRETSCHMER-BÄUMEL (1998), S. 488.

bietet es Informationen zu aktuellen und prognostizierten Verkehrslagen, zur Parkraumsituation und zu streckenbezogenen Routenempfehlungen. Die heutigen vielfältigen, auf räumliche Gebiete und einzelne ÖV-Anbieter beschränkten Angebote der elektronischen Fahrplanauskunft (EFA) werden in naher Zukunft durch eine durchgängige elektronische Fahrplaninformation (DELFI) ersetzt.<sup>49</sup> Neben diesen verkehrsmittelspezifischen Angeboten werden in wenigen Jahren über alle Verkehrsmittel integrative Mobilitätsdienste wie eine flächendeckende Mobilitätsberatung und intermodales Routing zur Verfügung stehen.<sup>50</sup> Als klassische Form der Bereitstellung von Informationen im mIV wird die Verkehrslage in kollektiver Form über den Verkehrsfunk im Radio angeboten.

	mIV	ÖV	Intermodal
Information (Pre-Trip)			
statisch	Routing	Fahrplaninformation Tarifinformation	P+R, P+M Bike+Ride
dynamisch, individuell	Verkehrslage Parkraumsituation Verkehrsprognose Routing	EFA, DELFI	Mobilitäts- beratung Intermodaler Router
dynamisch, kollektiv	Verkehrsfunk		
Information (On-Trip)			
dynamisch, individuell	Dynamische Zielführung Mehrwertinformation		
dynamisch, kollektiv	Wechselverkehrszeichen Verkehrsbeeinflussung Parkleitsysteme Verkehrsfunk	Anschlussicherung Fahrgastinformation LSA-Steuerung mit ÖV-Priorisierung	Dynamisches P+R
Organisation			
statisch	Differenzierte Pkw- Nutzung	Fahrkarten kaufen Plätze reservieren	
dynamisch	Differenzierte Pkw- Nutzung	Bedarfsgesteuerte ÖPNV-Systeme	Interaktive Reiseplanung Buchung
Transport			
	Autovermietung Car-Sharing Flottendienste Chauffeur-Dienste	Luftverkehr ÖPFV ÖPNV Taxi	Autoreisezug AIRail

Tabelle 2.1: Formen von Mobilitätsdiensten

Während der Fahrt (On-Trip) stehen den Nutzern von Mobilitätsdienstleistungen im mIV durch RDS-TMC unterstützte, dynamische Zielführungssysteme und Mehrwertinformati-

<sup>49</sup> Vgl. GRUBER (1998), S. 496 und KLEIN, NATTLER (1999), S. 272.

<sup>50</sup> Vgl. HALBRITTER *et al.* (2002), S. 30.

onsdienste, z.B. zu Hotels, Restaurants oder Freizeiteinrichtungen, zur Verfügung.<sup>51</sup> Kollektiv können Fahrer mit Hilfe von Wechselverkehrszeichen, Verkehrsbeeinflussungsanlagen und Parkleitsystemen sowie dem bekannten Verkehrsfunk unterstützt werden.<sup>52</sup> Den Fahrgästen im ÖV werden an den Haltestellen, in den Fahrzeugen und über mobile Kommunikationsformen, wie z.B. dem Personal Digital Assistant (PDA), die Sicherung der Anschlüsse beim Umsteigen und aktuelle Informationen zu Verspätungen angeboten.<sup>53</sup> Die Priorisierung von Bussen und Bahnen bei der Steuerung von Lichtsignalanlagen (LSA) steigert darüber hinaus die Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit des ÖV. Mit Hilfe von dynamischen P+R-Informationen werden den Verkehrsteilnehmern auch intermodale Informationen während der Fahrt zur Verfügung gestellt.<sup>54</sup>

Zu den Mobilitätsdienstleistungen im Bereich der Organisation der Fahrt gehört die Strategie der differenzierten Pkw-Nutzung.<sup>55</sup> Sie beruht auf der Kombination von Merkmalen des mIV mit denen des ÖV. Eine klassische Form dieser auch als öffentliche Individualverkehre (ÖIV) oder Paratransit bezeichneten Verkehrsart ist die Zuordnung von Mitfahrwünschen in nicht ausgelastete Fahrzeuge anderer Verkehrsteilnehmer mit gleichem Ziel oder ähnlicher Fahrtroute. Diese über die reine Information hinausgehenden Dienstleistungen werden statisch über schwarze Bretter oder Mobilitätsberater und dynamisch über Online-Dienste im Internet oder internen Netzwerken angeboten. Das Internet ist, neben dem Telefon, auch die geeignete Plattform zum Erwerb von Fahrkarten und Reservieren von Sitzplätzen sowie zur Organisation von bedarfsgesteuerten ÖPNV-Systemen, wie z.B. Rufbussen oder Anruf-Sammel-Taxen (AST).<sup>56</sup> Die Mobilitätsberatung kann neben der reinen Information auch eine interaktive Reiseplanung und Buchung anbieten.

In Zusammenhang mit der Durchführung des eigentlichen Transports bieten die Autovermieter und Car-Sharer Fahrzeuge in allen Klassen und Größen an.<sup>57</sup> Im Geschäftsverkehr unterbreiten Chauffeur- und Flottendienste ihre Angebote. Neben den Angeboten des Luftverkehrs, des öffentlichen Personennah- und -fernverkehrs (ÖPNV, ÖPFV) sowie der Taxiunternehmer bietet der Autoreisezugverkehr eine Kombination von Straßen- und Schienenverkehr.<sup>58</sup> Die intermodale Dienstleistung AIRail kombiniert durch einen nahtlosen Übergang vom Flugzeug zum Zug Luft- und Schienenverkehr.<sup>59</sup>

---

<sup>51</sup> Vgl. BAUM (1992), S. 115f, GARRISON, WARD (2000), S. 43f und HALBRITTER *et al.* (2002), S. 27f.

<sup>52</sup> Vgl. DENKHAUS (1995), S. 61f und HAHN, KRETSCHMER-BÄUMEL (1998), S. 487f.

<sup>53</sup> Vgl. VERBAND REGION STUTTGART (2001), S. 216.

<sup>54</sup> Vgl. VERKEHRSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995), S. 155.

<sup>55</sup> Vgl. GARRISON, WARD (2000), S. 48f, THIESIES (1998), S. 33 und WIDDER (1995), S. 17f.

<sup>56</sup> Vgl. PEZ (1998), S. 71f und REINKOBER (1994), S. 20.

<sup>57</sup> Vgl. BRECKLE (2003), S. 32f, FLIEGNER (2002), S. 60f und PETERSEN (1994), S. 242.

<sup>58</sup> Vgl. BAUM (1992), S. 48.

<sup>59</sup> Das Projekt AIRail wird von der Deutschen Bahn AG und der Deutschen Lufthansa AG betrieben, vgl. POUSTTCHI (2001), S. 123f.

## 2.5 Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr

Die im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Mobilitätsdienstleistungen bieten ihren Nutzern u.a. Zeit- und Kosteneinsparungen sowie Steigerungen des Komforts. Die Dienste wirken sich auf Zeitwahl, Zielwahl, Verkehrsmittelwahl und Routenwahl einzelner Mobilitätswünsche aus. Im Berufsverkehr können aktuelle, auf die Bedürfnisse der einzelnen Verkehrsteilnehmer abgestimmte Informationen über eine optimale Routen- und Verkehrsmittelwahl sowie für Arbeitnehmer in Gleitzeitmodellen auch eine verbesserte Zeitwahl ermöglichen. Zusätzlich zu dieser Lenkung des Verkehrs kann die Strategie der differenzierten Pkw-Nutzung, zu denen auch die Vermittlung von Fahrgemeinschaften gezählt wird, zu einer verbesserten Auslastung der Verkehrsinfrastruktur beitragen.

In der Literatur werden für Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr verschiedene Begriffe verwendet. Mitnahmeverkehre werden in Fahrgemeinschaften, wenn eine wechselnde Benutzung unterschiedlicher Fahrzeuge vorliegt, und Mitfahrgemeinschaften, wenn eine konstante Nutzung eines Pkw zur Anwendung kommt, unterschieden.<sup>60</sup> Entsprechend der Nutzung werden die Verkehrsteilnehmer in bis zu drei verschiedene Nutzergruppen, den reinen Fahrern, den reinen Mitfahrern und den wechselnden Teilnehmern unterteilt. Für diese Untersuchung wird folgende Definition festgelegt:

*Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr sind Verbände von Mitarbeitern aus dem gleichen oder aus verschiedenen Unternehmen, die ihren Weg zur Arbeit gemeinsam in einem privaten Fahrzeug zurücklegen. Die Allianz der teilnehmenden Personen kann sich sowohl auf einen kurzen (eine gemeinsame Fahrt) als auch auf längere Zeiträume (regelmäßige gemeinsame Fahrten) beziehen. Die Teilnehmer einer Fahrgemeinschaft werden individuell für jede Fahrt entweder als Fahrer oder als Mitfahrer bezeichnet.*

Die stetig steigenden Belastungen der IV-Infrastruktur und die unzureichende Bedienung des ÖPNV in der Fläche wurden in den vergangenen Jahren als Anlass für die Entwicklung neuer Organisationsformen von Mitnahmeverkehren genommen.<sup>61</sup> Mit Hilfe von computergestützten Mobilitätszentralen wurden individuelle Fahrtwünsche und Fahrtangebote koordiniert.<sup>62</sup> Bereits 1991 wurde in Hameln die erste Mobilitätszentrale Europas für die Vermittlung von Fahrgemeinschaften eingerichtet.<sup>63</sup> Aus den Erfahrungen verschiedener

<sup>60</sup> Vgl. FIEDLER (1993), S. 14 und PAJONK (1983), S. 331.

<sup>61</sup> Vgl. WENGLER-REEH (1991), S. 35f.

<sup>62</sup> Vgl. PINGEL (1997), S. 16.

<sup>63</sup> Vgl. FIEDLER (1993), S. 98 und REINKOBER (1994), S. 31.

Versuche der Vermittlung von Fahrgemeinschaften im Rahmen von unternehmensinternen Mobilitätszentralen wurden folgende Erfolgsfaktoren identifiziert:<sup>64</sup>

- Bereitstellung von ausreichenden Informationen über Angebot und Leistungen der Mobilitätszentrale.
- Keine Verpflichtung zur Teilnahme über längere Zeiträume.
- Schaffung von Vertrauen durch die Sicherstellung, dass die Teilnehmer sich kennen.
- Minimierung der Umwege beim Abholen der Mitfahrer.
- Einrichtung von Parkplätzen in Werksnähe.
- Integration von Daten des ÖV.
- Verwendung eines vollautomatischen Vermittlungssystems.

## 2.6 Förderung von Fahrgemeinschaften in Nordamerika

Im Unterschied zu der begrenzten Anzahl an Projekten und Versuchen in Deutschland zur Unterstützung von betrieblichen Fahrgemeinschaften wurde dagegen in Nordamerika im Rahmen von Trip Reduction Programs (TRP) auch die Bildung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr bereits seit den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts gefördert.<sup>65</sup> Vor der Unterstützung von gemeinsamen Fahrten spielte diese Alternative der Verkehrsmittelwahl nur eine untergeordnete Rolle für die Verkehrsteilnehmer mit sehr langen Distanzen, keinem Zugang zu einem Fahrzeug und geringen Einkommen.<sup>66</sup> Das Engagement der an den TRP beteiligten Unternehmen war entsprechend auch nicht in der generellen Förderung von alternativen Verkehrsmitteln begründet. Neben der Stärkung ihrer Images und finanziellen Aspekten in Bezug auf die Bereitstellung von Parkraum waren die Gründe der Implementierung der Programme zu einem großen Anteil mit äußeren Zwängen zu erklären. Im Vergleich zu den ersten Programmen aus den 70er Jahren, die aus der Situation der Ölkrise entstanden, wurden die meisten TRP in den späten 80er und frühen 90er Jahren infolge der Gesetze und Regelungen des Clean Air Acts in den USA initiiert.<sup>67</sup> In den Richtlinien des Clean Air Acts von 1970 wurden im Wesentlichen die beiden

<sup>64</sup> Vgl. REINKOBER (1994), S. 30f und ZEGARTOWSKI (1998), S. 16.

<sup>65</sup> Vgl. GARRET, WACHS (1996), S. 9f und POLLUTION PROBE (2001), S. 9.

<sup>66</sup> Vgl. HWANG, GIULIANO (1990), S. 4.

<sup>67</sup> Vgl. HWANG, GIULIANO (1990), S. 2f und POLLUTION PROBE (2001), S. 3 und 9.

Ziele der Verringerung der Emissionen der Fahrzeuge durch Inspektionen und umweltgerechte Nachrüstungen sowie der Verkehrsvermeidung und -verlagerung durch Einführung von Parkverboten und -gebühren, speziellen als High Occupancy Vehicle-Lanes (HOV-Lanes) bezeichneten Fahrspuren für Busse und Fahrgemeinschaften sowie Projekten zur Förderung des ÖPNV verfolgt.<sup>68</sup> Der Schwerpunkt der umgesetzten Maßnahmen lag in den folgenden Jahren jedoch in der Realisierung von technischen Lösungen auf der Seite der Fahrzeuge und nicht in der Beeinflussung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer. Erst mit in Kraft treten der "Regulation XV" im Jahr 1988 wurden sowohl private als auch öffentliche Arbeitgeber mit mehr als 100 Beschäftigten dazu verpflichtet, bindende Pläne zur Verringerung des Anteils der im mIV allein Reisenden auszuarbeiten und die daraus resultierenden Maßnahmen auch umzusetzen, wobei die Zielvorgaben der Reduzierungen von den örtlichen Gegebenheiten der Arbeitsstätten abhingen.<sup>69</sup> Parallel zu den Entwicklungen der TRP wurden Maßnahmen zur Verlagerung von Fahrten des mIV auf alternative Verkehrsmittel auch durch die Umsetzung von Verordnungen (Trip Reduction Ordinances) mit Schwerpunkt auf der Kooperation zwischen öffentlichen und privaten Einrichtungen realisiert, die aus dem Transportation Demand Management (TDM) resultierten.<sup>70</sup> Die Vielzahl der realisierten Einzelmaßnahmen<sup>71</sup> lassen sich in die folgenden fünf Typen zur Reduzierung des Anteils der im mIV allein reisenden Verkehrsteilnehmer einordnen:

- Veränderung der Parksituation:
  - Einführung von Parkgebühren für Alleinfahrer. Reduzierung bzw. Erlass der Gebühren für Fahrgemeinschaften.
  - Bereitstellung von reservierten Parkplätzen für die Nutzer von Fahrgemeinschaften.
- Unterstützung der Verkehrsformen des Paratransit:
  - Einführung eines Vermittlungsdienstes für Fahrgemeinschaften.
  - Angebot von Fahrtmöglichkeiten in Vanpools oder Buspools. Unterstützung von Mitarbeitern, die ein Poolfahrzeug zur Verfügung stellen.
  - Sicherung einer garantieren Heimfahrt.
  - Förderung der Nutzung von P+R-Plätzen.

<sup>68</sup> Vgl. GARRET, WACHS (1996), S. 11f.

<sup>69</sup> Vgl. GIULIANO *et al.* (1993), S. 127, HWANG, GIULIANO (1990), S. 3 und LEWIS (2000), S. 1f.

<sup>70</sup> Vgl. DAVIDSON (1991), S. 88 und FERGUSON (1990), S. 447f.

<sup>71</sup> Vgl. AL KAZILY (1991), S. 1, BEROLDO (1991), S. 7f, DEE ANGELL, ERCOLANO (1991), S. 70, FREAS, ANDERSON (1991), S. 51f, KISH, ORAM (1991), S. 133, KODAMA *et al.* (1991), S. 21f, POLLUTION PROBE (2001), S. 6f und SHOUP (1982), S. 351f.

- Eröffnung von neuen und Ausbau von bestehenden HOV-Lanes.
- Förderung der Alternativen Fahrrad und zu Fuß:
  - Bereitstellung von Fahrradstellplätzen, Duschkmöglichkeiten und Spinden.
  - Finanzielle Unterstützung von Radfahrern und Fußgängern.
- Optimierung des ÖPNV:
  - Schaffung neuer, attraktiver Verbindungen in Kooperation mit den lokalen ÖPNV-Anbietern.
  - Einführung von Pendelbussen zwischen Werk und ÖPNV-Haltestelle.
  - Einsatz von Expressbuslinien.
  - Verkauf von ÖPNV-Fahrkarten beim Arbeitgeber.
- Weitere Maßnahmen:
  - Information der Mitarbeiter über die angebotenen Dienstleistungen.
  - Finanzielle Unterstützung der Arbeitnehmer, die alternative Verkehrsmittel nutzen.
  - Angebot von Heimarbeit und Telearbeitsplätzen, Einführung einer Vier-Tage-Woche bei konstanter Wochenarbeitszeit.
  - Nutzung von technischen Möglichkeiten, wie z.B. Videokonferenzen.
  - Dezentralisierung von Werksstrukturen, so dass die Fahrtweiten der Arbeitnehmer reduziert werden können.

In Bezug auf die Unterstützung von Fahrgemeinschaften sind sowohl die Fördermöglichkeiten des Paratransits als auch die Parksituation von Bedeutung. Die initiierten Programme zur Förderung von Fahrgemeinschaften im Rahmen von Vermittlungsdiensten waren in ihrer Funktionsweise im Kern durch die Erstellung und Versendung von Listen mit potenziellen Partnern aufgrund der räumlichen und zeitlichen Merkmale der Interessenten gekennzeichnet. Der Erfolg dieser Dienstleistungen hing von einer großen Grundgesamtheit, umfangreichen Informationen, der Betreuung der Teilnehmer sowie dem technischen Entwicklungsstand der Vermittlungsangebote ab. Als wichtigste Punkte für eine erfolgreiche Vermittlung von Fahrgemeinschaften wurden folgende Maßnahmen identifiziert:

- Als Basis der angebotenen Vermittlungsdienste wurde einer schnellen und einfachen Anmeldung eine große Bedeutung beigemessen.<sup>72</sup> Im Rahmen der eigentlichen

---

<sup>72</sup> Vgl. KODAMA *et al.* (1991), S. 25.



Vermittlung wurden eine möglichst hoher Grad an Automatisierung sowie schnelle Antwortzeiten auf die Vermittlungsanfragen als entscheidende Kriterien genannt.<sup>73</sup> Eine weitere Vereinfachung kann mit der Einführung eines automatischen Abrechnungssystems zwischen den Teilnehmern erreicht werden.<sup>74</sup> Auch die Integration verschiedener Systeme zur Unterstützung von carpooling, vanpooling und buspooling stellt eine potenzielle Optimierung des Angebotes dar.<sup>75</sup>

- Neben der Vermittlung stellte sich das Angebot einer garantierten Heimfahrt als ein entscheidendes Merkmal sowohl für die Entscheidung zur erstmaligen als auch zur kontinuierlichen Nutzung von Fahrgemeinschaften heraus. Im Rahmen der Angebote einer gesicherten Heimfahrt kamen bei Bedarf eingesetzte und spät verkehrende Fahrgemeinschaften mit Pkw oder Kleintransporter, Taxifahrten, zur Verfügung gestellte Fuhrparkfahrzeuge, kostenreduzierte Fahrten mit dem ÖPNV sowie eine Begleitung zur nächstgelegenen Haltestelle des ÖV zur Anwendung.<sup>76</sup>
- Im Bereich des Marketing und der Kommunikation wurden nicht nur die Informationen der potenziellen Nutzer im Rahmen der Akquisition sondern auch die Betreuung der Teilnehmer nach der Vermittlung als wichtige Punkte angesehen. Darüber hinaus wurde die Bedeutung einer gemeinsamen Strategie zwischen den ÖV-Anbietern und den Betreibern der Vermittlungsdienste für Fahrgemeinschaften herausgestellt.<sup>77</sup>
- Im Rahmen der finanziellen Unterstützung der Nutzer von Fahrgemeinschaften wurden die direkte Förderung über Gutscheine für eine kostenlose Teilnahme sowie die Parkraumbewirtschaftung genannt.<sup>78</sup> In Bezug auf die Parksituation können mit der Einrichtung von reservierten Parkplätzen für Fahrgemeinschaften sowie der Einführung von Parkgebühren für Pkw-Alleinfahrer Maßnahmen zur Verkehrsverlagerung initiiert werden. Obwohl der Marktpreis für einen Parkplatz in den innerstädtischen Bereichen der Metropolen der USA bereits Mitte der 70er Jahre zwischen \$35/Monat und \$50/Monat lag, hatten zwischen 50% und 75% der Pendler mit Arbeitsplätzen in den Innenstädten kostenlose, von ihren Unternehmen bereitgestellte Parkplätze zur Verfügung.<sup>79</sup> Drei von SHOUP (1982) zitierte Studien belegen, dass bei vergleichbaren Pendlergruppen, unabhängig von Geschlecht und Einkommen der mIV-Anteil im Fall von Parkgebühren im Unterschied zu Unternehmen

---

<sup>73</sup> Vgl. BEROLDO (1991), S. 7f.

<sup>74</sup> Vgl. KODAMA *et al.* (1991), S. 25.

<sup>75</sup> Vgl. KODAMA *et al.* (1991), S. 25.

<sup>76</sup> Vgl. FREDERICK, KENYON (1991), S. 18 und POLENA, JESSE GLAZER (1991), S. 57.

<sup>77</sup> Vgl. BEROLDO (1991), S. 7f, TSUCHIDA, WILSHUSEN (1991), S. 27 und WINTERS *et al.* (1991), S. 102.

<sup>78</sup> Vgl. BHATT (1991), S. 45f.

<sup>79</sup> Vgl. PUCHER (1988), S. 514 und SHOUP (1982), S. 351.

ohne Gebühren signifikant niedriger ausfällt.<sup>80</sup>

- Eine weitere Möglichkeit der Förderung von Fahrgemeinschaften wurde in dem Aufbau von und der Information über bestehende P+R-Plätze gesehen. Als Gründe für die Nutzung von P+R-Plätzen konnten hoch frequentierte Verkehrskorridore, ein einfacher Zugang zu den Plätzen, eine große Entfernung zwischen Wohnort und Arbeitsplatz sowie die finanziellen Aspekte der Einsparung von Benzinkosten und der Reduzierung der Abnutzung des Fahrzeugs identifiziert werden.<sup>81</sup>

Unabhängig davon, ob die umgesetzten Maßnahmen zur Reduzierung des mIV aus den Ideen des TDM resultierten oder im Rahmen von TRP entwickelt wurden, hing ihr Erfolg nicht nur von der Qualität der Programme sondern in einem großen Maße auch von den Strukturen und Rahmenbedingungen der untersuchten Unternehmen ab. Für viele Projekte konnten keine gesicherten Wirkungen ermittelt werden, da weder Zählungen noch Erhebungen für die Verteilung des Modal-Splits vor der Einführung der umgesetzten Maßnahmen vorlagen.<sup>82</sup> Untersuchungen von in den USA umgesetzten Programmen des TDM haben ergeben, dass die realisierten Maßnahmen durch sehr unterschiedliche Ausprägungen charakterisiert waren und damit auch zu sehr differenzierten Ergebnissen geführt haben.<sup>83</sup> Bezogen auf Räume mit hoher verkehrlicher Anziehungskraft bzw. bei der Betrachtung einzelner Unternehmen konnten Reduzierungen des mIV zwischen 2,4%-Punkten und 17,8%-Punkten bzw. zwischen 5,5%-Punkten und 47,6%-Punkten erreicht werden. Die größten Wirkungen wurden dabei in den Regionen mit hohen Verkehrsdichten sowie einem hohen Grad an verkehrlich bedingten Luftverschmutzungen erzielt.

Auch mit Hilfe der Teilprojekte zur Unterstützung von betrieblichen Fahrgemeinschaften wurden in Abhängigkeit der umgesetzten Maßnahmen sehr unterschiedliche Effekte auf die Verkehrsmittelwahl erreicht. Im Jahr 1990, zwei Jahre nach der Einführung der "Regulation XV" als einen wesentlichen Bestandteil des Clean Air Acts, wurde für die betroffenen und im Rahmen der Evaluation betrachteten Unternehmen im Durchschnitt ein Anteil an Fahrgemeinschaften von 23% ermittelt.<sup>84</sup> Innerhalb von zwei Jahren wurden somit Verlagerungen vom mIV zu Gunsten von Fahrgemeinschaften im Mittel von 10%-Punkten erreicht. Untersuchungen, die sich nicht auf den Zeitpunkt der Implementierung der "Regulation XV" bezogen kamen zu vergleichbaren Resultaten. Im Unterschied zu Marketingmaßnahmen und dem Angebot von alternativen Arbeitszeiten, für die keine bzw. nur sehr geringe Wirkungen nachgewiesen wurden, konnten mit Angeboten von inte-

---

<sup>80</sup> Vgl. SHOUP (1982), S. 352.

<sup>81</sup> Vgl. AL KAZILY (1991), S. 2f.

<sup>82</sup> Vgl. POLLUTION PROBE (2001), S. 15.

<sup>83</sup> Vgl. FERGUSON (1990), S. 452.

<sup>84</sup> Vgl. BEROLDO (1991), S. 10 und GIULIANO *et al.* (1993), S. 136.

grierten Mobilitätsberatungen und der Vermittlung von Fahrgemeinschaften bzw. durch die finanzielle Unterstützung von Fahrgemeinschaftsteilnehmern Verlagerungen im Modal-Split von bis zu jeweils 12%-Punkten erreicht werden.<sup>85</sup>

In den ersten Jahren der Förderung von Fahrgemeinschaften wurde deren Nutzungshäufigkeit, bedingt durch die Regelungen des Clean Air Acts von 1970, ausgehend von einem sehr geringen Anteil um einen relevanten Umfang gesteigert, so dass z.B. der Anteil von Fahrern und Mitfahrern am Modal-Split im Jahr 1988 im Mittel 13% betrug.<sup>86</sup> Diese deutlichen Steigerungsraten waren zu einem sehr großen Anteil auf die Einführung HOV-Lanes zurückzuführen. Die Unterstützung von Fahrgemeinschaften über die Angebote der Vermittlung hinaus mit Hilfe der Schaffung von neuen und dem Ausbaus von bestehenden speziellen Fahrspuren kann in Abhängigkeit der Verkehrsdichte und damit in Bezug auf die räumlichen Strukturen eine geeignete Maßnahme darstellen. Im Unterschied zu Untersuchungen auf Hawaii, die von einem maximalen Verlagerungspotenzial von 10%-Punkten ausgehen, konnte z.B. für den Ballungsraum Houston nachgewiesen werden, dass in Abhängigkeit unterschiedlicher Korridore zwischen 45% und 61% der Nutzer von Fahrgemeinschaften vor der Implementierung von HOV-Lanes noch den klassischen mIV als ihr bevorzugtes Verkehrsmittel wählten. Auch unter den Pkw-Alleinfahrern wurden spezielle Fahrspuren für Fahrgemeinschaften von 63% bis 71% als positiv bewertet.<sup>87</sup>

Im Vergleich zu den angebotenen Vermittlungsdiensten könnte mit Hilfe der Parkraumbewirtschaftung ein größerer Effekt auf die Steigerung der Attraktivität von Fahrgemeinschaften erreicht werden. In Abhängigkeit der potenziellen Maßnahmen in Form von Parkgebühren für den mIV, die sich nicht oder nur in reduziertem Umfang für Fahrgemeinschaften auswirken, der Reduzierung des Parkplatzangebotes oder der Einrichtung von reservierten Parkplätzen für Fahrgemeinschaftsnutzer werden Verlagerungseffekte vom mIV auf alternative Verkehrsmittel von bis zu 50%-Punkten erwartet.<sup>88</sup> So führte z.B. die einer finanziellen Unterstützung von Fahrgemeinschaften nachgelagerte zusätzliche Einführung von Parkgebühren in Höhe von \$30/Monat für Alleinfahrer bei reservierten Parkplätzen für Fahrgemeinschaften in Werksnähe in zwei Unternehmen in Bellevue, Washington zu einer Reduzierung des IV-Anteils von 70% auf 48%.<sup>89</sup> Auch über das Parkraummanagement hinaus wird eine nachhaltige Verkehrsverlagerung zu Gunsten von Fahrgemeinschaften nur dann als realisierbar eingeschätzt, wenn neben der expliziten Förderung von Fahrgemeinschaften der mIV weiteren Restriktionen unterworfen wird.<sup>90</sup>

<sup>85</sup> Vgl. BHATT (1991), S. 48, FREDERICK, KENYON (1991), S. 19, HWANG, GIULIANO (1990), S. 13f und POLLUTION PROBE (2001), S. 31f.

<sup>86</sup> Vgl. GIULIANO *et al.* (1993), S. 136 und HWANG, GIULIANO (1990), S. 4.

<sup>87</sup> Vgl. BULLARD (1991), S. 78f und FLANNELLY *et al.* (1991), S. 94.

<sup>88</sup> Vgl. BEROLDO (1991), S. 9, HWANG, GIULIANO (1990), S. 13f und SHOUP (1982), S. 356.

<sup>89</sup> Vgl. FREDERICK, KENYON (1991), S. 19.

<sup>90</sup> Vgl. BHATT (1991), S. 45 und DOWLING *et al.* (1991), S. 115f.

## 2.7 Die Dienstleistung “M21 FahrPLUS”

Das Land Baden-Württemberg und die Daimler-Chrysler AG haben zwischen 1998 und 2002 in Zusammenarbeit mit weiteren Partnern neue telematikgestützte Mobilitätsdienstleistungen zur Entlastung von Straßennetzen im Berufsverkehr entwickelt. Im Rahmen des öffentlich-privaten Gemeinschaftsprojekts “M21 - neue Mobilitätsdienstleistungen für das 21. Jahrhundert” wurden für die Region Stuttgart Mobilitätsdienste konzipiert, im Feldversuch erprobt und anschließend an einen privaten Betreiber übergeben.

Aufbauend auf den Erfahrungen vorangegangener Projekte im Rahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements wurde im Kern der innovativen Dienstleistungen der dynamische Mitfahrerservice “M21 FahrPLUS” entwickelt. Im Vergleich zu persönlich abgesprochenen Mitfahrgelegenheiten bietet dieser weitgehend automatisierte tagesaktuelle Dienst eine flexible, den Bedürfnissen von Mitarbeitern in Gleitzeitmodellen angepasste Vermittlung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr. Aktuelle Mitfahrwünsche und Fahrtangebote sowie längerfristige Daueraufträge werden dabei über Intranet oder Internet von einer automatisierten Mobilitätszentrale zu täglich neuen Fahrgemeinschaften koordiniert.

Charakteristisch für “M21 FahrPLUS” ist die hohe Flexibilität durch kurzfristige Buchung von Mitfahrwünschen und Fahrtangeboten bis zu einer Stunde vor der gewünschten Abfahrt. Weitere Merkmale sind die einfache Bedienung des Systems im Intranet und Internet, der hohe Komfort durch automatische Benachrichtigungen der Teilnehmer über Email, SMS, Telefon, Fax oder Pager sowie das Angebot einer Mobilitätsgarantie für die Mitfahrer mit Fuhrparkfahrzeugen und dem ÖPNV, falls kein geeigneter Fahrer zur Verfügung steht.<sup>91</sup>

Im Vergleich zu konventionell organisierten Fahrgemeinschaften, geprägt von langfristigen Absprachen unter persönlich bekannten Kollegen, ist “M21 FahrPLUS” auf die Bedürfnisse von Arbeitnehmern in flexiblen Arbeitszeitmodellen ausgerichtet. Durch diese innovative Form der Vermittlung von dynamischen, täglich variierenden Fahrgemeinschaften, mit Hilfe einer neuen zentralengestützten Mobilitätsdienstleistung, könnten sich Mitnahmeverkehre zu einer realen und eigenständigen Alternative der Verkehrsmittelwahl im Berufsverkehr entwickeln.

---

<sup>91</sup> Vgl. HOLZWARTH *et al.* (2000), S. 549f.

## 2.8 Zusammenfassende Darstellung des Verkehrs und der Mobilität

Im Vordergrund dieses Kapitels standen die für die Untersuchung des dynamischen Fahrgemeinschaftsvermittlungsdienstes “M21 FahrPLUS” wichtigen Aspekte der im Zentrum der Verkehrswissenschaft stehenden Begriffe Verkehr und Mobilität. Die Betrachtung der bisherigen und zukünftigen Steigerungen des Personenverkehrs für den Verkehrsträger Straße hat den Bedarf neuer verkehrsmittelübergreifender Lösungsansätze verdeutlicht. Das integrierte Verkehrsmanagement bietet dafür die drei Strategien der Verkehrsvermeidung, der Verkehrsverlagerung und der Verbesserung des Verkehrsablaufes. Das Ziel einer nachhaltigen Verbesserung der Verkehrssituation kann dabei u.a. mit Hilfe von Dienstleistungen, die sich an den Mobilitätswünschen der Verkehrsteilnehmer orientieren, erreicht werden. Die häufig durch Anwendungen der Verkehrstelematik unterstützten Mobilitätsdienstleistungen sind aufgrund ihrer vielfältigen Elemente von Sach- und Dienstleistungen als Systemgeschäfte zu betrachten. In Anbetracht der unterschiedlichen Zeitpunkte der Inanspruchnahme eines Dienstes lassen sie sich in die Bereiche Information vor, Information während, Organisation und Durchführung einer Fahrt einteilen. In diesem Schema der verschiedenen Formen von Mobilitätsdienstleistungen ist die betriebliche Vermittlung von Fahrgemeinschaften, zu der auch die zu untersuchende Dienstleistung “M21 FahrPLUS” gehört, als eine Form der differenzierten Pkw-Nutzung der Organisation von Fahrten zuzuordnen. Aufgrund der Einführung der gesetzlichen Regelungen des Clean Air Acts wird die Förderung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr in Nordamerika seit den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts vorangetrieben. Neben der Einrichtung von HOV-Lanes sowie der finanziellen Unterstützung der Nutzer von Fahrgemeinschaften wurden eine große Anzahl von Programmen zur langfristigen Vermittlung von potenziellen Fahrgemeinschaftsteilnehmern auf der Ebene von Unternehmen entwickelt, die zu einer Verkehrsverlagerung vom mIV von maximal 12%-Punkten geführt haben.



# Kapitel 3

## Untersuchungsmethoden

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung des in Abschnitt 2.7 beschriebenen flexiblen Vermittlungsdienstes “M21 FahrPLUS”. Insbesondere sollen die Wirkungen der innovativen, auf die Bedürfnisse von Berufstätigen optimierten Mobilitätsdienstleistung in Bezug auf die individuelle Verkehrsmittelwahl identifiziert werden. Geeignete Analyseverfahren müssen daher sowohl den Ansprüchen verkehrsplanerischer Modelle zur Abbildung der aggregierten Verkehrsmittelwahl als auch den Anforderungen von Modellen zur Beschreibung von spezifischen, subjektiven Entscheidungen gerecht werden.

In diesem Kapitel wird die Gruppe der Modelle diskreter Entscheidungen als besonders geeignet zur Untersuchung der Verkehrsmittelwahl unter Berücksichtigung neuer, innovativer Angebote im Berufsverkehr identifiziert. Einerseits bieten diskrete Entscheidungsmodelle die Möglichkeit, für die zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel quantitative Modal-Split-Anteile zu bestimmen. Andererseits sind sie in der Lage, das individuelle Verhalten der Verkehrsteilnehmer qualitativ zu berücksichtigen. Auf Basis des Entscheidungsprozesses zur Nutzung einer Mobilitätsdienstleistung wird die Präferenz einer Alternative zu der zu analysierende Größe ausgewählt. Im Rahmen von diskreten Entscheidungsmodellen werden Methoden zur Messung von Präferenzen vorgestellt und schließlich die Methoden der SP als qualifizierte Untersuchungsmethode zur Abbildung des aktuellen und Prognose des zukünftigen Verkehrsmittelwahlverhaltens unter Berücksichtigung sich verändernder Eigenschaften eines dynamischen Mitfahrerservices hergeleitet.

Die Abbildung 3.1 verdeutlicht die Auswahl der Methoden zur Messung von Präferenzen anhand der Zusammenhänge zwischen diskreten Entscheidungsmodellen sowie den Eigenschaften von Modellen der Verkehrsmittelwahl und Modellen individueller Entscheidungen. Mit Hilfe der Verwendung der Zielgröße der Präferenz kann die quantitative Berechnung sowie die modelltechnische Abbildung und Prognose der aus dem Bereich der Verkehrsplanung stammenden Verkehrsmittelwahl vorgenommen werden. Berücksichtigt werden dabei unterschiedliche Aggregationsniveaus sowie räumliche, zeitliche und sozio-

demographische Strukturen. Die Verfahren der SP sind darüber hinaus in der Lage die individuellen Entscheidungen der Verkehrsteilnehmer auf Grundlage der Entscheidungstheorie anhand von Bedürfnissen, Akzeptanz sowie räumlichen und zeitlichen Verfügbarkeiten qualitativ abzubilden.

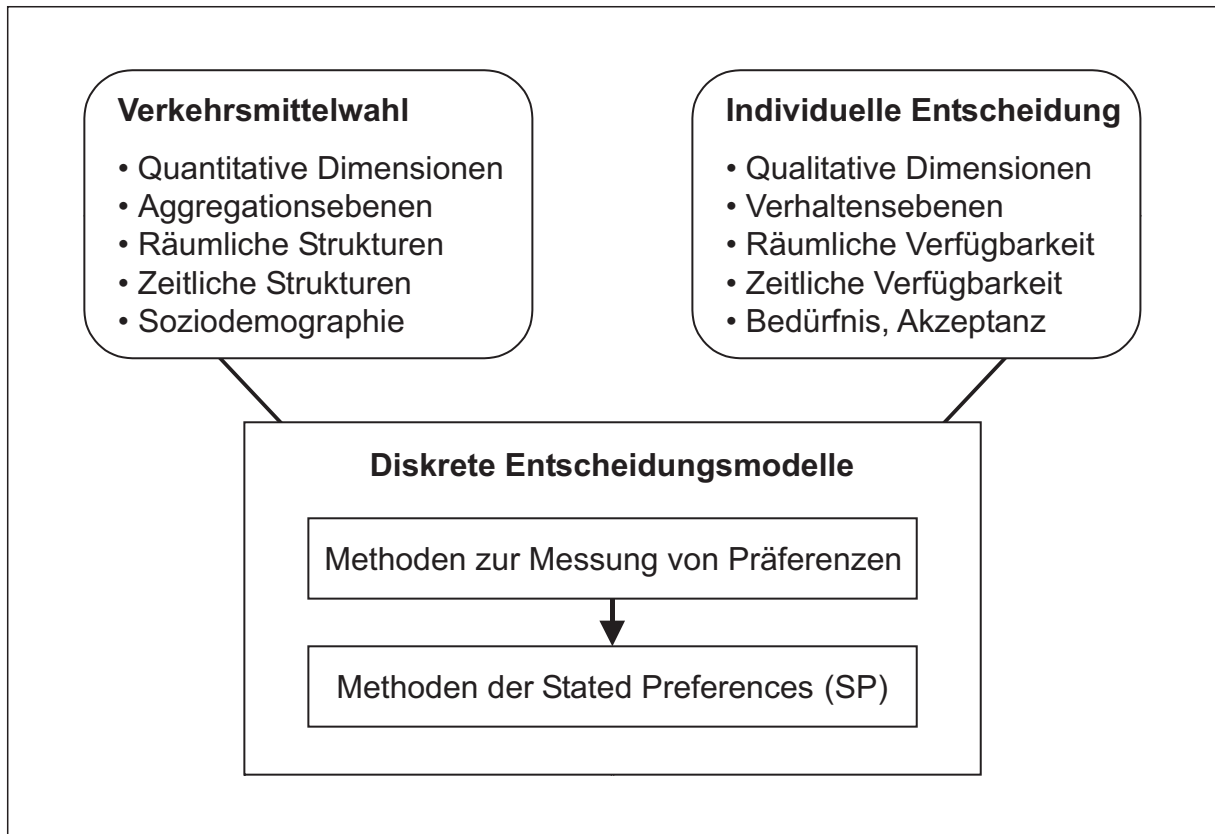


Abbildung 3.1: Auswahl der Methoden der SP<sup>1</sup>

### 3.1 Verkehrsplanung und Verkehrsmittelwahl

Die Mobilitätswünsche der Menschen und unserer Gesellschaft resultieren in Ortsveränderungen von Personen und Gütern, die zwischen den verschiedenen Funktionsbereichen Wohnung, Arbeit, Bildung, Versorgung und Erholung stattfinden (vgl. Kapitel 2). Für das Verkehrsgeschehen im öffentlichen Verkehrsraum schafft die Verkehrsplanung die notwendige Basis zur Bemessung, Erhaltung und Erweiterung der Infrastruktur. Ihre Aufgaben liegen in der Analyse, Bewertung, Prognose und Gestaltung der verschiedenen Verkehrssysteme.<sup>2</sup>

Im Prozess der Verkehrsplanung bilden Informationen und Daten zum Untersuchungsgegenstand die Grundlage für Analysen, Bewertungen und die Auswahl geeigneter Me-

<sup>1</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>2</sup> Vgl. SCHNABEL, LOHSE (1997), S. 19.



thoden. Mit der Anwendung qualifizierter Berechnungsverfahren wird die Verkehrsnachfrage unter Berücksichtigung von verkehrlichen, wirtschaftlichen, sozialen und politischen Aspekten bestimmt. Der Prozess der Verkehrsplanung lässt sich entsprechend den klassischen Modellen in die vier Stufen der Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung, Verkehrsaufteilung und Verkehrsumlegung einteilen.<sup>3</sup> Entsprechend dieser Teilaufgaben der Verkehrsplanung können Verkehrsmodelle eine sequentielle oder eine simultane Struktur aufweisen. Durch die Verwendung von iterativen Verfahren in sequentiellen Modellen entstehen auch quasi-simultane Ansätze. Entsprechend des Aggregationsniveaus werden Verkehrsmodelle in Aggregatmodelle, bei denen die einzelnen Verkehrsteilnehmer aufgrund von räumlichen und oder soziodemographischen Eigenschaften in Klassen eingeteilt werden, sowie in Disaggregatmodelle, in denen die Individuen als Grundlage der Modellierung fungieren, eingeteilt.<sup>4</sup> Verhaltensorientierte Verkehrsmodelle, die die Individuen entsprechend ihren soziodemographischen Merkmalen in homogen Gruppen einordnen, werden den Disaggregatmodellen zugeordnet. Im Vergleich zu den aggregierten Verkehrsmodellen, die von konsistenten Entscheidungen der Verkehrsteilnehmer auf Basis der deterministischen Nutzentheorie ausgehen, resultieren die Wahlentscheidungen in verhaltensorientierten Modellen zusätzlich auf einer probabilistischen Komponente. Die Entscheidungen der Verkehrsteilnehmer entsprechen damit wahrscheinlichen Verhaltensweisen und beruhen auf den als Zufallsvariable aufzufassenden Nutzen der Alternativen.

Im Rahmen des Prozesses der Verkehrsplanung erfolgt die Verkehrsaufteilung entweder als eigenständiger Berechnungsschritt in sequentiellen oder als integrierter Bestandteil mit anderen Schritten der Verkehrsplanung in simultanen Verkehrsmodellen. Unter dem Berechnungsschritt der Verkehrsmittelwahl werden wissenschaftliche Verfahren zur Erklärung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer bei der Wahl der zur Verfügung stehenden Alternativen und die Entwicklung von Modellen zur Berechnung von Modal-Split-Anteilen für unterschiedliche Anwendungen vereint.<sup>5</sup> Die Voraussetzung zur Berücksichtigung von angebots- als auch nachfrageseitigen Veränderungen der Verkehrsmittel zur Quantifizierung der Verkehrsmittelwahl, besteht in der Kenntnis der Zusammenhänge zwischen der Verkehrsnachfrage und den nachfragebeeinflussenden Faktoren. Neben der geeigneten Abbildung der Zusammenhänge mit Hilfe von Algorithmen, sind die relevanten Einflussgrößen zu identifizieren und zu implementieren. Basisdaten wie Verkehrsnetze, Reisezeiten, Tarife, Umsteigebeziehungen, etc. sind zu integrieren. Ein Modell zur Beschreibung der Verkehrsmittelwahl beruht individuell für jede Anwendung auf der Entwicklung bzw. Anpassung eines Modellansatzes, der Bestimmung der Einflüsse aller relevanten Merkmale

---

<sup>3</sup> Vgl. BATES (2000), S. 17, BAUMANN (1984), S. 11f, OPPENHEIM (1995), S. 11 und STEIERWALD, KÜNNE (1994), S. 236f.

<sup>4</sup> Vgl. OPPENHEIM (1995), S. 20 und 27f.

<sup>5</sup> Vgl. SCHNABEL, LOHSE (1997), S. 231f und STEIERWALD, KÜNNE (1994), S. 235.

sowie der Überprüfung und Eichung der Modellergebnisse.

Modelle, die die Aufteilung der Verkehre auf die Verkehrsmittel direkt aus den Daten der Verkehrserzeugung generieren, werden als Trip-End-Modelle<sup>6</sup> bezeichnet. Im Anschluss an die Verkehrsaufteilung wird die räumliche Verteilung der Verkehrsmengen für alle Verkehrsarten getrennt vorgenommen. Die Berechnung der Modal-Split-Anteile erfolgt ohne Kenntnis der Fahrtziele und kann nur in Abhängigkeit von empirischen Erwartungswerten durchgeführt werden. Auf Basis von Statistiken und Erhebungen werden Faktoren wie Gemeindegröße, Erschließungsqualität, Pkw-Verfügbarkeit, Alter, Geschlecht, sozialer Status, etc. bestimmt und zu globalen Prognosen und Szenarien der Verkehrsmittelwahl entwickelt. Die als Trip-Interchange-Modelle<sup>7</sup> bekannten Ansätze teilen die Verkehrsmengen nach Erzeugung und Verteilung des Verkehrs für jede Relation einzeln auf die zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel auf. Klassische Modelle verwenden relative Verkehrswiderstände, die sich aus dem Verhältnis der betrachteten Einflussgrößen wie z.B. Reisezeit, Reisekosten oder Servicequalität im Vergleich der verschiedenen Alternativen bestimmen lassen. Die Widerstände werden für verschiedene Fahrtzwecke und verhaltenshomogene Gruppen zu Diversionskurven entwickelt, aus denen die Anteile der Verkehrsmittel bestimmt werden.

Zur Berechnung der Verkehrsmittelwahl auf dem Niveau von Individuen bieten sich disaggregierte, verhaltensorientierte Modelle auf Grundlage der Nutzenmaximierungstheorie an.<sup>8</sup> Neben dem strict utility Ansatz kommen hauptsächlich Modelle auf Basis des random utility Ansatzes zur Anwendung. Die Verfahren der Zufallsnutzentheorie<sup>9</sup> beruhen auf der neoklassischen Konsumtheorie nach LANCASTER (1970)<sup>10</sup> und erlauben die Analyse und Prognose der Auswirkungen von Eigenschaften der Verkehrsmittel und Charakteristika der Verkehrsteilnehmer auf das Verhalten bei der Verkehrsmittelwahl. Es werden Individuen betrachtet, die die Alternative mit dem für sie subjektiv größten Nutzen wählen. Der Bewertung der Alternativen durch jeden einzelnen Verkehrsteilnehmer liegen objektive Kriterien, wie Fahrzeit und Kosten, sowie subjektive Merkmale, wie z.B. Faktoren des sozialen Umfelds, zugrunde.<sup>11</sup> Entsprechend wird der Nutzen eines Verkehrsmittels methodisch in der Regel in einen deterministischen und einen stochastischen Teil zerlegt, so dass die Wahl eines Verkehrsmittels als Wahrscheinlichkeit aufgefasst wird, die Alternative mit dem größten Nutzen zu wählen. Der stochastische Anteil in diesen Modellen spiegelt den individuellen Nutzen wider, der sich objektiv nicht beobachten lässt. Ihre

<sup>6</sup> Vgl. BAUMANN (1984), S. 40 und SCHNABEL, LOHSE (1997), S. 234.

<sup>7</sup> Vgl. BAUMANN (1984), S. 43 und SCHNABEL, LOHSE (1997), S. 235.

<sup>8</sup> Vgl. BEN-AKIBA, LERMAN (1985), S. 2 und S. 43f, KOPPELMAN, SETHI (2000), S. 211, OPPENHEIM (1995), S. 30 und SCHNABEL, LOHSE (1997), S. 235f.

<sup>9</sup> Vgl. MAIER, WEISS (1990), S. 98f und WINKLER (1994), S. 5f.

<sup>10</sup> Vgl. LANCASTER (1970), S. 18f.

<sup>11</sup> Vgl. LOUVIERE *et al.* (2000), S. 2f.

Fähigkeiten zur Analyse des Verhaltens von Verkehrsteilnehmern auf individuellem Niveau prädestinieren die Nutzenmaximierungsmodelle zur Untersuchung der veränderten Verkehrsmittelwahl aufgrund neuartiger Mobilitätsdienstleistungen. In Abhängigkeit der Verteilung der stochastischen Störterme werden verschiedenen Modelle unterschieden. In den Abschnitten 3.1.1 bis 3.1.4 werden Verkehrsmittelwahlmodelle, die auf dem Prinzip der Nutzenmaximierung basieren, vorgestellt.

### 3.1.1 Das lineare Wahrscheinlichkeitsmodell

Das lineare Wahrscheinlichkeitsmodell<sup>12</sup> geht von einer Gleichverteilung der Störgrößen über ein definiertes Intervall der Nutzendifferenzen zweier Alternativen aus. Ist die Differenz der deterministischen Nutzenanteile so groß, dass sie außerhalb des Intervalls liegt, so wird das Verkehrsmittel mit dem größeren Nutzen mit einer Wahrscheinlichkeit von eins und die Alternative mit dem kleineren Nutzen entsprechend mit einer Wahrscheinlichkeit von null gewählt. Bei Nutzendifferenzen innerhalb des Intervalls werden die Wahlwahrscheinlichkeiten der beiden Alternativen über eine lineare Funktion zwischen den Werten eins und null bestimmt. Am Beispiel eines Intervalls  $[-D, D]$  sowie zweier Alternativen  $k$  und  $l$  bei einer ansteigenden Auswahlwahrscheinlichkeit für die Variante  $k$  ist das Prinzip des linearen Wahrscheinlichkeitsmodells in der Abbildung 3.2 dargestellt.

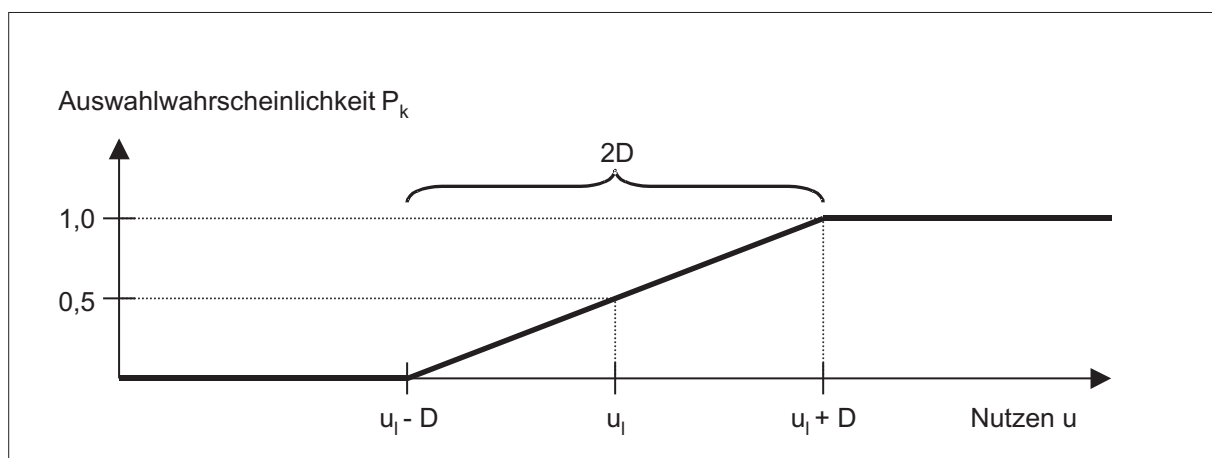


Abbildung 3.2: Prinzip des linearen Wahrscheinlichkeitsmodells<sup>13</sup>

Ergibt die Differenz der deterministischen Nutzen  $u_k - u_l$  einen Wert  $< -D$ , so erreicht die Auswahlwahrscheinlichkeit  $P_k$  der Alternative  $k$  einen Wert von null. Entsprechend nimmt  $P_k$  den Wert eins an, wenn  $u_k - u_l > D$  ist. Liegen die Nutzendifferenzen zwischen  $-D$  und  $D$  sind die Verkehrsmittelwahlwahrscheinlichkeiten mit Hilfe des linearen

<sup>12</sup> Vgl. BEN-AKIBA, LERMAN (1985), S. 67f, MAIER, WEISS (1990), S. 131f und SCHNABEL, LOHSE (1997), S. 236f.

<sup>13</sup> Quelle: In Anlehnung an SCHNABEL, LOHSE (1997), S. 236

Wahrscheinlichkeitsmodells einfach zu berechnen, können die Realität aber nicht immer in ausreichender Genauigkeit abbilden. Eine verbesserte Bestimmung der Anteile der Verkehrsmittelwahl kann erreicht werden, wenn die Nutzen durch Aufwände der Alternativen ersetzt werden und das konstante Intervall durch relative Grenzen ersetzt wird, die mit Hilfe eines Schätzparameters ermittelt werden.

### 3.1.2 Das Probit-Modell

Beim Probit-Modell<sup>14</sup> werden die Störterme der Nutzenfunktion als normalverteilt angenommen. Die Terme müssen nicht notwendigerweise identisch verteilt sein, so dass unterschiedliche Standardabweichungen für Alternativen und Gruppen möglich sind. Die deterministischen Nutzen zweier Alternativen  $V_1$  und  $V_2$  sind voneinander unabhängig normalverteilte Zufallsgrößen. Die aus der Differenz beider Nutzen abgeleitete Funktion ist ebenfalls eine normalverteilte Zufallsgröße mit dem Erwartungswert  $\mu = V_1 - V_2$  und der Standardabweichung  $\sigma = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}$ . Der Wert dieser Verteilungsfunktion entspricht der gesuchten Wahlwahrscheinlichkeit einer der beiden Alternativen. Zur praktischen Anwendung wird die Stelle der Normalverteilung mit  $z_1 = -\frac{V_1 - V_2}{\sigma}$  bestimmt. Die Ergebnisse des Probit-Modells sind dadurch gekennzeichnet, dass bei ähnlichen deterministischen Nutzenwerten die Wahl der Alternativen auch als gleichwahrscheinlich eingestuft werden. Erst bei deutlichen Unterschieden der Nutzenwerte verlagern sich die Wahrscheinlichkeiten sichtbar in Richtung der Alternative mit dem höheren Nutzen. Im Allgemeinen wird das Probit-Modell für Untersuchungen zur Bewertung von zwei Alternativen eingesetzt. Eine Anwendung des Modells für mehr als zwei Verkehrsmittel ist über iterative Näherungsfunktionen mit erheblich höheren Rechenaufwand möglich, bei dem mit steigender Anzahl an Alternativen auch größere Fehler auftreten.

### 3.1.3 Das Logit-Modell

Das Logit-Modell<sup>15</sup> basiert auf der Annahme unabhängig, identisch über alle Alternativen und Personengruppen gumbelverteilter Störgrößen.<sup>16</sup> Die Verteilungsfunktion kann direkt aus der logistischen Dichtefunktion berechnet werden. Bei gegebenen deterministischen Nutzen der Alternativen  $V_1$  bis  $V_n$  kann die gesuchte Wahrscheinlichkeit  $P_i$ , dass die

<sup>14</sup> Vgl. BEN-AKIBA, LERMAN (1985), S. 69f und 128f, MAIER, WEISS (1990), S. 146f, SCHNABEL, LOHSE (1997), S. 242f und TRAIN (1986), S. 55f.

<sup>15</sup> Vgl. BATES (2000), S. 30, BEN-AKIBA, LERMAN (1985), S. 70f und 103f, KOPPELMAN, SETHI (2000), S. 212, MAIER, WEISS (1990), S. 135f, OPPENHEIM (1995), S. 32f, SCHNABEL, LOHSE (1997), S. 245f und TRAIN (1986), S. 15f.

<sup>16</sup> Die Gumbelverteilung wird auch als Extremwertverteilung bezeichnet.

Alternative  $i$  gewählt wird, in einer geschlossenen Form dargestellt werden:

$$P_i = \frac{\exp V_i}{\sum_{j=1}^n \exp V_j} \quad (3.1)$$

Die Gleichung 3.1 zeigt im Vergleich zum Probit-Modell die einfache mathematische Anwendung des Logit-Modells auch mit mehr als zwei Alternativen. Wie im Probit-Modell macht die funktionelle Form deutlich, dass nur für  $j - 1$  Verkehrsmittel die Wahrscheinlichkeiten unabhängig voneinander bestimmt werden können, da die Summe der Wahrscheinlichkeiten über alle Alternativen gleich eins ist. Folglich haben die absoluten Werte der deterministischen Nutzenfunktion keinen Einfluss auf die Wahl der Verkehrsmittel. Alleine die Differenzen der Nutzen im Vergleich der Alternativen bestimmen die Wahrscheinlichkeiten der Verkehrsmittelwahl. Charakteristisch für Logit-Modelle ist die unabhängige Bewertung einer Alternative vom Vorhandensein weiterer Verkehrsmittel. Die als Independence of Irrelevant Alternatives (IIA)<sup>17</sup> bezeichnete Eigenschaft wird besonders deutlich, wenn zu vorhandenen Verkehrsmitteln weitere Alternativen eingeführt werden. Unabhängig von den Eigenschaften der neuen Verkehrsmittel bleibt das Verhältnis der Auswahlwahrscheinlichkeiten der bereits vorhandenen Alternativen konstant. Für die praktische Anwendung des Logit-Modells folgt daraus, dass bei der Auswahl und Definition des Modells die Ähnlichkeiten der Alternativen minimiert werden müssen.

### 3.1.4 Das Nested-Logit-Modell

Das Nested-Logit-Modell<sup>18</sup> enthält als Spezialfall das Logit-Modell und basiert entsprechend auf einer verallgemeinerten Extremwertverteilung der Störterme. Zur Integration von unbeobachteten Attributen, die nur zum Nutzen einer Teilmenge der Verkehrsmittel beitragen, dient eine geschachtelte Struktur der Alternativen, die a priori festgelegt werden muss. Anhand der Abbildung 3.3 wird deutlich, dass die Entscheidung der Verkehrsmittelwahl modelltechnisch auf mehrere Ebenen aufgeteilt wird. Die entstehenden Alternativenteilmengen, auch als Nester bezeichnet, überlappen sich nicht und sind durch das Auftreten eines oder mehrerer unbeobachteter Attribute gekennzeichnet. Die Ähnlichkeit der Alternativen ist innerhalb einer Alternativenteilmenge konstant und größer als zwischen den verschiedenen Nestern. Die Einordnung von sehr ähnlichen Alternativen nebeneinander auf einer Entscheidungsebene in verschiedenen Alternativenteilmengen würde zu korrelierenden Störtermen führen. Die IIA-Eigenschaft des Logit-Modells gilt innerhalb der Teilmengen aber, nicht zwischen den Nestern.

<sup>17</sup> Vgl. BEN-AKIBA, LERMAN (1985), S. 108f, KOPPELMAN, SETHI (2000), S. 213 und TRAIN (1986), S. 18f.

<sup>18</sup> Vgl. BEN-AKIBA, LERMAN (1985), S. 285f, KOPPELMAN, SETHI (2000), S. 214, MAIER, WEISS (1990), S. 152f und OPPENHEIM (1995), S. 43f.

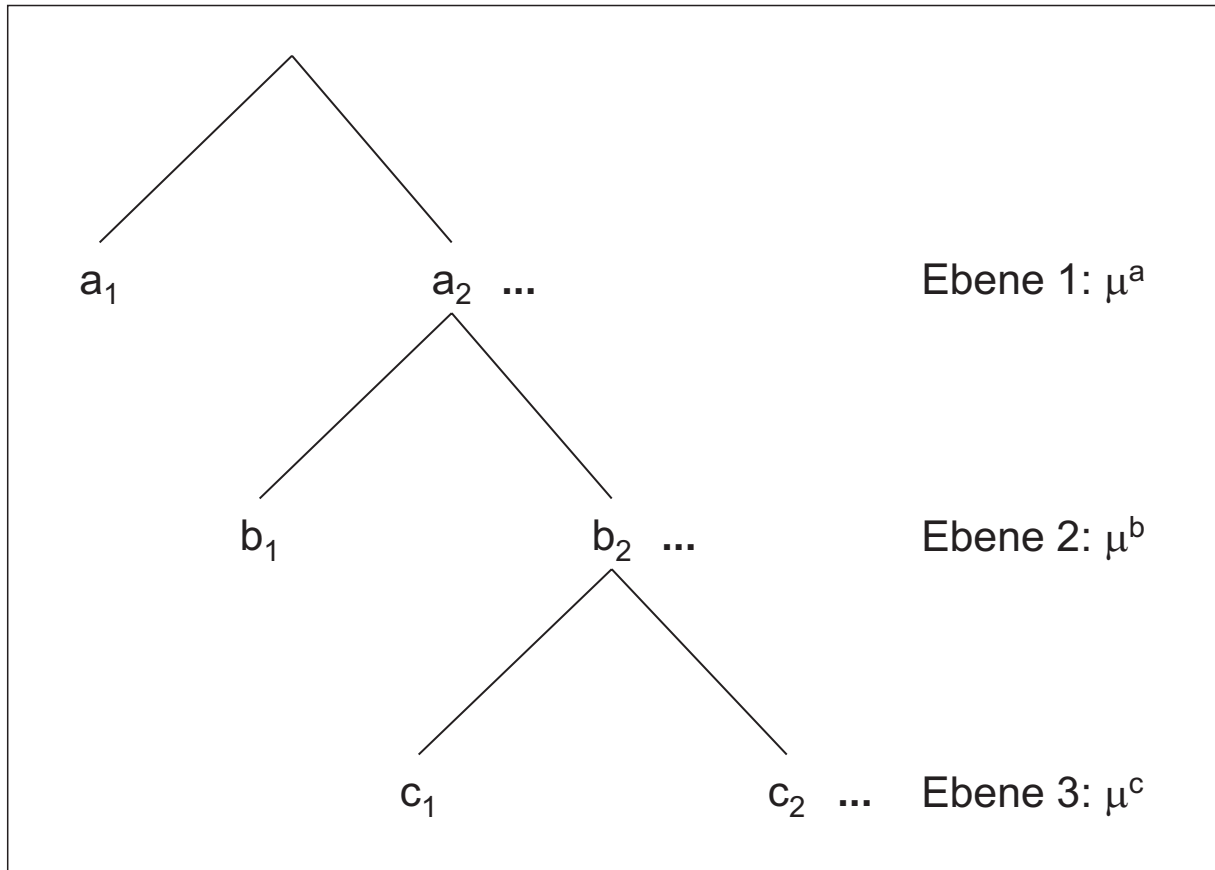


Abbildung 3.3: Aufbau eines Nested-Logit-Modells<sup>19</sup>

Den Grad der Ähnlichkeit zwischen den Alternativenteilmengen beschreiben die für jede Ebene definierten Ähnlichkeitsparameter  $\mu^k$ . Sie werden im Rahmen der Schätzung des Modells als weitere Parameter definiert und können Werte zwischen null bei absoluter Gleichheit und eins bei größtmöglicher Unähnlichkeit der Alternativen annehmen. Für alle  $\mu^k = 1$  entspricht das Nested-Logit-Modell genau dem Logit-Modell. Die Wahlwahrscheinlichkeiten der einzelnen Alternativen werden als Produkte der Wahrscheinlichkeiten der oberen Nester mit den bedingten Wahrscheinlichkeiten der unteren Nester unter Berücksichtigung der Ähnlichkeitsparameter berechnet.

## 3.2 Entscheidungstheorie

Die im Kapitel 3.1 beschriebenen Modelle der Verkehrsmittelwahl eignen sich zu einer quantitativen Berechnung der Modal-Split-Anteile. Sowohl die Charakteristika von Verkehrsteilnehmern und Verkehrsmitteln als auch die Eigenschaften verschiedener Dienstleistungen können berücksichtigt werden. Jedoch kann eine qualitative Analyse von individu-

<sup>19</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

ellen Entscheidungssituationen nicht alleine mit der Auswahl und technischen Anwendung eines Nutzenmaximierungsmodells erreicht werden.

Die Herausforderung zur Bestimmung der aktuellen und Prognose der zukünftigen Verkehrsmittelwahl liegt nicht nur in der Wahl eines geeigneten Modells, sondern vielmehr in der Abbildung und Modellierung der zu untersuchenden Entscheidungssituationen unter Beachtung aller relevanten Randbedingungen.<sup>20</sup> Aufgrund der beschränkten Anzahl an Alternativen entspricht der Prozess der Verkehrsmittelwahl individuellen Entscheidungen mit diskretem Charakter.<sup>21</sup> Auf Basis der deskriptiven Entscheidungstheorie<sup>22</sup> sind in den vergangenen 30 Jahren von verschiedenen Autoren aus unterschiedlichen Disziplinen Ansätze zur Untersuchung von diskreten Entscheidungssituationen entwickelt worden.<sup>23</sup> Die resultierenden Modelle diskreter Entscheidungen lassen sich, neben dem bereits in Abschnitt 3.1 eingeführten Prinzip der Nutzenmaximierung, durch die Anwendung von statistisch-ökonomischen Grundlagen charakterisieren.<sup>24</sup> Die Ökonometrie versteht sich dabei als Wissenschaft zur mathematischen Abbildung von ökonomischen Sachverhalten unter Anwendung von statistischen Verfahren.<sup>25</sup> Im Zuge der Analyse der Verkehrsmittelwahl ist es dem Betrachter im Regelfall weder möglich, die Entscheidungssituationen der Individuen vollständig, noch die Entscheidungen aller Verkehrsteilnehmer zu beobachten. Entsprechend werden die Entscheidungen als Zufallsgrößen aufgefasst. Mit Hilfe ökonomischer Schätzverfahren auf Basis der Zufallsnutzentheorie (vgl. Abschnitt 3.1) werden Rückschlüsse von der betrachteten Stichprobe auf die unbekannt Parameter der Grundgesamtheit gezogen.

### 3.2.1 Nachfrageorientiertes Wahlverhalten

Die Auswahl eines geeigneten Modells diskreter Entscheidungen erfordert die Analyse des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer in Bezug auf die Verkehrsmittelwahl. Im Hinblick auf das Angebot der Mobilitätsdienstleistung eines flexiblen Vermittlungsdienstes für Fahrgemeinschaften kann zur Erklärung des Verkehrsmittelwahlverhaltens eine objektive und isolierte Betrachtung von Außen nicht zugrunde gelegt werden. Die individuelle subjektive Rationalität der Konsumenten kann aber im Rahmen eines nachfrageorientierten Ansatz-

---

<sup>20</sup> Vgl. EYMANN (1995), S. 43, HENSHER, BUTTON (2000), S. 3 und MCFADDEN (1975), S. 24.

<sup>21</sup> Vgl. BEN-AKIBA, LERMAN (1985), S. 2f und S. 30.

<sup>22</sup> Vgl. BAMBERG, COENENBERG (1991), S. 4f, LAUX (1998), S. 14f, MEYER (2000), S. 2 und ROMMELFANGER, EICKEMEIER (2002), S. 3f.

<sup>23</sup> Vgl. BEN-AKIBA, LERMAN (1985), HENSHER, JOHNSON (1981), LERMAN, LOUVIERE (1978), LOUVIERE, WOODWORTH (1983), MANSKI, MCFADDEN (1981), MCFADDEN (1974a), MCFADDEN (1996) und MCFADDEN (2000).

<sup>24</sup> Vgl. MAIER, WEISS (1990), S. 51.

<sup>25</sup> Vgl. RICHTER (1995), S. 20.

zes als Grundlage zur Untersuchung des Nutzerverhaltens dienen.<sup>26</sup> Die Entscheidung zur Nutzung einer bestimmten Dienstleistung entspricht dabei einem nicht trivialen Prozess, der nicht nur aus dem eventuell notwendigen zeitlich vorhergehenden Kauf eines Gutes und der eigentlichen Nutzung der Dienstleistung besteht. Das Verhalten der Konsumenten, wie in Abbildung 3.4 zu erkennen, entspricht vielmehr einem komplexen individuellen Prozess, bei dem die Summe einzelner Entscheidungen schließlich zur Annahme oder Ablehnung von bestimmten Alternativen führt.<sup>27</sup> Die verschiedenen Alternativen im Rahmen der Nutzung einer Dienstleistung können sich dem potenziellen Nutzer dabei entweder als zweidimensionale (Ja/ Nein) oder auch als mehrdimensionale (Variante1, Variante2, Variante3, etc.) Entscheidungssituation darstellen.

Vor der Nutzung einer Dienstleistung müssen Bedürfnisse angeregt, Informationen eingeholt, Alternativen grundsätzlich akzeptiert und Präferenzen gebildet werden. Im Einzelfall sind als Voraussetzung zur Nutzung eines Dienstes zusätzlich Güter zu erwerben. Informationen zu Dienstleistungen können von potenziellen Nutzern persönlich über Familie, Freunde, Bekannte und Kollegen, über eine aktive Suche, z.B. im Internet oder auch passiv durch Werbung über verschiedenen Medien, wie Radio, Fernsehen, Zeitungen, Aushänge oder Faltblätter erworben werden. Im Rahmen der Beurteilung der in der Stufe der Information gewonnenen Alternativen, kommen der Beschaffenheit der Dienstleistung und den Eigenschaften der Konsumenten eine zentrale Bedeutung zu. Eine Dienstleistung ist geprägt durch ihren Grad der Verbesserung im Vergleich zu konkurrierenden Produkten, der Vereinbarkeit mit bestehenden Diensten und Angeboten, der Einfachheit der Nutzung sowie der Möglichkeit zum Begutachten und Testen.<sup>28</sup> Darüber hinaus beeinflussen soziodemographische Merkmale wie Alter, Geschlecht, etc. die individuelle Persönlichkeit und der kommunikative Austausch mit anderen potenziellen Nutzern die Akzeptanz der verschiedenen Varianten.<sup>29</sup> Die Auswahl einer Dienstleistung erfolgt durch die Bildung einer Präferenz für eine bestimmte Alternative infolge der Bewertung der konkurrierenden Produkte in Abhängigkeit ihrer Merkmale, wie z.B. Zeit, Kosten, Komfort und Service. In Abhängigkeit von zeitlichen und räumlichen Verfügbarkeiten kommt es schließlich zur Nutzung einer Dienstleistung.

---

<sup>26</sup> Vgl. KROEBER-RIEL (1995), S. 1234f und SCHWEIKL (1985), S. 23.

<sup>27</sup> Vgl. HECKER (1997), S.36 und 42, KROEBER-RIEL (1995), S. 1238 sowie SCHWEIKL (1985), S. 24.

<sup>28</sup> Vgl. HECKER (1997), S. 36.

<sup>29</sup> Vgl. LUCKE, HASSE (1996), S. 20.



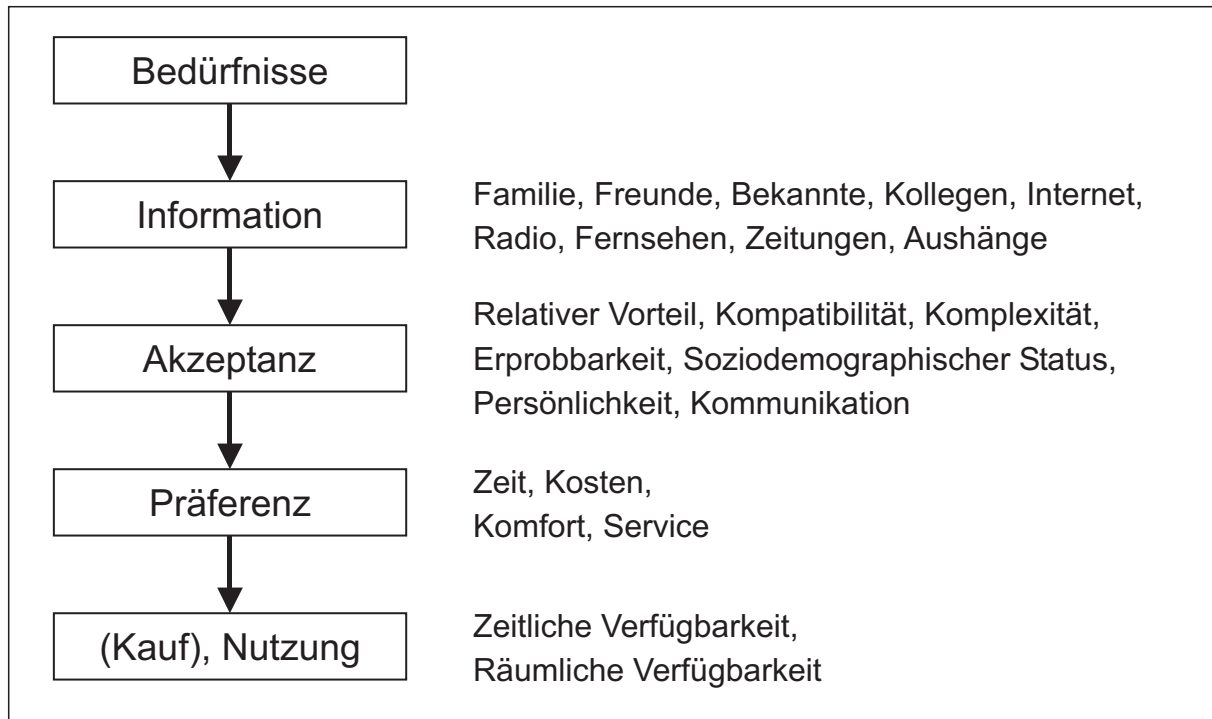


Abbildung 3.4: Entscheidungsprozess zur Nutzung einer Dienstleistung<sup>30</sup>

### 3.2.2 Das Konstrukt der Präferenz

Die Untersuchung des nachfrageorientierten Wahlverhaltens im Rahmen des Prozesses der Nutzungsentscheidung kann auf zwei grundsätzlich unterschiedliche Arten unter Anwendung eines Totalmodells oder eines Partialmodells erfolgen.<sup>31</sup> Totalmodelle bilden den Prozess ganzheitlich ab, können einen guten Überblick über den Entscheidungsverlauf geben, sind aber aufgrund ihrer vielschichtigen und verflochtenen Beziehungen in ihrer Gesamtheit nicht überprüfbar. Besonders bei der Erforschung der entscheidenden Faktoren zur Nutzung oder Zurückweisung bestimmter Alternativen führen die komplexen Variablenbeziehungen in Totalmodellen zu keinem befriedigenden Ergebnis. Partialmodelle hingegen behandeln einzelne Ausschnitte des Nutzungsprozesses, in dem zentrale theoretische Konstrukte des Nutzungsverhaltens abgebildet werden. Mit Hilfe von theoretischen und empirischen Untersuchungen können Partialmodelle zwar nicht den in Abbildung 3.4 dargestellten vollständigen Zusammenhang erklären, kommen aber für Ausschnitte des Prozesses zu akzeptablen Ergebnissen.

Zur modelltechnischen Abbildung der Nutzung von Mobilitätsdienstleistungen ist ein Konstrukt auszuwählen, das möglichst stark der tatsächlichen Nutzung der einzelnen

<sup>30</sup> Quelle: In Anlehnung an LILIEN, KOTLER (1983), S. 198 und SCHWEIKL (1985), S. 25.

<sup>31</sup> Vgl. GUTSCHE (1995), S. 40 und SCHWEIKL (1985), S. 24.

Dienste entspricht. Die Stufe der Präferenz ist ein wesentlicher Erklärungsfaktor im Entscheidungsprozess und bietet die inhaltlich größte Nähe zur Ableitung der getroffenen Wahl.<sup>32</sup> In der Präferenz einer Alternative sind alle für das Individuum entscheidenden Faktoren zur Bewertung dieser und aller konkurrierenden Alternativen enthalten. Entsprechend wird im Rahmen dieser Untersuchung die Präferenz als geeignete Variable zur Analyse des Verkehrsmittelwahlverhaltens ausgewählt. Zu beachten ist jedoch, dass zwischen der Präferenz für eine Alternative und der tatsächlichen Nutzung einer Dienstleistung weitere Faktoren, wie zeitliche oder räumliche Verfügbarkeiten eine entscheidende Rolle spielen. Bei einer modelltechnischen Umsetzung sind geeignete Maßnahmen zu finden, die eine Integration dieser wichtigen Attribute ermöglichen und damit die Abbildung des realen Nutzungsverhaltens ermöglichen.

Die in der Praxis zur Anwendung kommenden Verfahren basieren auf einer empirischen Erhebung der Präferenzen auf individueller Ebene. Sie setzen aber voraus, dass die Menge der beurteilungsrelevanten Merkmale vor der Untersuchung identisch für alle Probanden festgelegt werden, ohne auf individuelle Unterschiede relevanter Faktoren einzugehen. Die Erfassung und Auswertung von individuellen Präferenzstrukturen kann damit nur sinnvoll zur Gestaltung von Dienstleistungen herangezogen werden, wenn wenige aber individuell wichtige Merkmale in einer Analyse Eingang finden.<sup>33</sup> Gemäß dieser Forderung werden im Zuge der vorliegenden Analysen nur die für die spezifische Untersuchungsgruppe wichtigen Attribute der zu untersuchenden Verkehrsteilnehmer berücksichtigt.

Die Analyse von Präferenzstrukturen kann sowohl mit kompositionellen als auch mit dekompositionellen Methoden erfolgen. Beide Verfahren machen sich die Annahme, dass Dienstleistungen als ein Bündel von Merkmalen mit entsprechenden Ausprägungen interpretiert werden können,<sup>34</sup> zunutze. Die Beurteilung von Alternativen wird folglich als Summe von Teilurteilen der einzelnen Faktoren aufgefasst. Diese Multiattributmodelle beschreiben den Nutzen des Einzelnen in Bezug auf die zu beurteilende Alternative als ein aus individuellen Wahrnehmungen zusammengesetztes Gesamturteil. Die Präferenzen der verschiedenen Varianten und die resultierende Wahl einer Alternative werden aus dem Vergleich der Nutzenwerte abgeleitet. Bei kompositionellen Methoden<sup>35</sup> werden die Gesamtnutzenwerte aus direkt erfragten merkmalspezifischen Beurteilungswerten berechnet. Zur Anwendung kommen Operationalisierungen, bei denen die Befragten Eigenschaften ei-

---

<sup>32</sup> Vgl. ALBRECHT (2000), S. 7, GUTSCHE (1995), S. 23, SCHWEIKL (1985), S. 26 und WEISENFELD (1989), S. 20f.

<sup>33</sup> Vgl. SCHWEIKL (1985), S. 22.

<sup>34</sup> Vgl. ALBRECHT (2000), S. 12, BEN-AKIBA, LERMAN (1985), S. 35, SATTLER (1991), S. 52f und TSCHULIN (1992), S. 2.

<sup>35</sup> Vgl. SATTLER (1991), S. 94, SCHWEIKL (1985), S. 32 und WEISENFELD (1989), S. 26.

ner Dienstleistung üblicherweise mit Hilfe einer Beurteilungs-Skala auf ordinalen Niveau<sup>36</sup> (z.B. sehr gut, gut, mittel, niedrig, sehr niedrig) bewerten müssen. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, dass die Probanden bei kompositionellen Verfahren dazu neigen nahezu alle Parameter als wichtig einzustufen, so dass vorhandene aber nicht geäußerte Unterschiede der Merkmale unberücksichtigt bleiben. Dekompositionelle Ansätze<sup>37</sup> hingegen zeichnen sich durch die Angabe eines Gesamturteils über eine Menge realer oder hypothetischer Alternativen aus. Diese Vorgehensweise entspricht durch die direkte Beziehung zwischen den Merkmalen und den geäußerten Präferenzen für eine Variante eher dem in der Realität typischen Wahrnehmungsvermögen der Menschen.<sup>38</sup>

### 3.3 Methoden zur Messung von Präferenzen

Die Betrachtung der unterschiedlichen Analysemöglichkeiten zur Messung von Präferenzen hat den größeren Realitätsbezug der dekompositionelle Verfahren im Vergleich zu den kompositionellen Ansätzen verdeutlicht. Insbesondere bei der Untersuchung der Mobilitätsdienstleistung "M21 FahrPLUS" und ihrer Wirkungen auf die Verkehrsmittelwahl muss aufgrund der innovativen Funktionsweise der angebotenen Dienstleistung dieser unmittelbaren Verbindung von Einflussfaktoren und Präferenzen Rechnung getragen werden. Entsprechend werden in den folgenden Abschnitten die dekompositionellen Methoden der mehrdimensionalen Präferenz-Skalierung (MDS) in externer und interner Form sowie die Conjoint-Analyse in ihrer klassischen, adaptiven und auswahlbasierten Variante vorgestellt. Im Anschluss wird auf die Anwendung der verschiedenen Verfahren in der Verkehrsplanung eingegangen.

#### 3.3.1 Die mehrdimensionale Präferenz-Skalierung

Die mehrdimensionale Präferenz-Skalierung<sup>39</sup> basiert auf einem ungewichteten Idealpunktmodell,<sup>40</sup> das jeder Ausprägung in Abhängigkeit der Abweichung von einem festgelegten Idealpunkt einen bestimmten Nutzen zuordnet. Der Nutzen der Alternativen wird durch Addition der einzelnen Nutzenwerte aller Merkmale bestimmt. Im Rahmen einer externen MDS bilden die Probanden im ersten Schritt mit Hilfe einer so genannten Wahrnehmungs-MDS eine Rangfolge der Ähnlichkeiten aller Paare der vorgestellten Alternativen. Auf

<sup>36</sup> Skalierungen auf ordinalen Niveau werden auch als Rating-Skalen bezeichnet, vgl. BACKHAUS *et al.* (2000), S. XVIIIff sowie MÜHLBACHER (1995), S. 2286 und 2288f.

<sup>37</sup> Vgl. SATTLER (1991), S. 95, SCHWEIKL (1985), S. 35, WEISENFELD (1989), S. 26 und WEISS (1992), S. 67f.

<sup>38</sup> Vgl. KEUCHEL (1994), S. 94 und WEISS (1992), S. 67.

<sup>39</sup> Vgl. KNAPP (1998), S. 217f, SCHWEIKL (1985), S. 35 und TEICHERT (2001), S. 50.

<sup>40</sup> Zur Definition eines Idealpunktmodells vgl. Abschnitt 3.3.2.

Grundlage dieser Ähnlichkeitsurteile wird ein  $k$ -dimensionaler Wahrnehmungsraum ( $k$  = Anzahl der Merkmale) aufgebaut, in dem die Alternativen als Punkte dargestellt werden. Die räumlichen Distanzen der Punkte sollen dabei den geäußerten Ähnlichkeiten der bestehenden Varianten entsprechen. Im zweiten Schritt der externen MDS werden zusätzlich zu den Idealpunkten der Alternativen die Idealpunkte der Probanden dargestellt, so dass die Distanzen zu den Alternativen möglichst gut die Präferenzen der Befragten widerspiegeln. Die Darstellung erfolgt durch Schätzung der Koordinaten der Idealpunkte der Befragten bei gegebener externer Wahrnehmung der Alternativen aus der Wahrnehmungs-MDS. Der Ablauf einer internen MDS entspricht prinzipiell dem einer externen MDS mit dem Unterschied, dass die Lagekoordinaten der Idealpunkte der Alternativen nicht durch einen ersten Teilschritt bestimmt, sondern zusammen mit den Koordinaten der Idealpunkte der Befragten intern geschätzt werden.

Bei beiden Verfahren der mehrdimensionalen Präferenz-Skalierung sollte die im voraus der Untersuchung festzulegende Dimension des Raums minimiert werden. Die Beschreibung und Interpretation der Dimensionen erfolgt durch den Anwender und kann oft aufgrund von weiteren fehlenden Informationen der Probanden nur intuitiv erfolgen. Die Ableitung von konkreten Anweisungen zur Gestaltung oder Optimierung von Dienstleistungen ist in vielen Fällen mit großen Schwierigkeiten verbunden, da die gefundenen Dimensionen zwar von der Anzahl, aber oft nicht inhaltlich mit den realen Merkmalen der Alternativen übereinstimmen.<sup>41</sup>

### 3.3.2 Die traditionelle Conjoint-Analyse

Die ebenfalls den dekompositionellen Verfahren zuzuordnende Conjoint-Analyse wurde in ihrer traditionellen Form sowohl für Sachleistungen als auch für Dienstleistungen entwickelt.<sup>42</sup> Die auch als Conjoint-Measurement bekannten Methoden, die in verschiedenen Studien zur Betrachtung der Verkehrsmittelwahl Anwendung fanden,<sup>43</sup> erzeugen eine direkte Beziehung zwischen den Faktoren einer Dienstleistung und den Präferenzen der Probanden. Die relevanten Ausprägungen der Merkmale werden systematisch variiert und zu Alternativen, so genannten Teststimuli zusammengestellt. Die Präferenzurteile der Testpersonen zu den präsentierten Stimuli dienen zur Schätzung eines vor der Untersuchung festgelegten Präferenzmodells, das sich aus merkmalspezifischen Beurteilungsfunktionen und einer allgemeinen Verknüpfungsfunktion zusammensetzt.<sup>44</sup> Die Beurteilungsfunktionen werden für alle Merkmale explizit definiert und legen die Nutzenwerte

---

<sup>41</sup> Vgl. SCHWEIKL (1985), S. 38.

<sup>42</sup> Vgl. BACKHAUS *et al.* (2000), S. 565f, LOUVIERE (1988), S. 27f, SCHUBERT (1995), S. 376f und TEICHERT (2001), S. 40f.

<sup>43</sup> Vgl. KNAPP (1998), S. 92.

<sup>44</sup> Vgl. BACKHAUS *et al.* (2000), S. 565, SATTLER (1991), S. 99 und SCHWEIKL (1985), S. 39.

zu den entsprechenden Ausprägungen fest. Im Allgemeinen geben die Nutzenfunktionen die Abhängigkeiten der Nutzenwerte von den Merkmalsausprägungen auf eine der drei folgenden Arten wieder:<sup>45</sup>

- Dem **Idealvektormodell** liegt ein lineares, proportionales bzw. umgekehrt proportionales Verhältnis zwischen Nutzenwert und Änderung der Ausprägung des Merkmals zugrunde. Typisch für diese Form sind metrisch<sup>46</sup> skalierte Attribute wie Fahrzeit oder Kosten.
- Der funktionale Verlauf des **Idealpunktmodells** weist ein Maximum oder Minimum auf, von dem ausgehend der Wert des Nutzens mit steigender Entfernung abnimmt bzw. zunimmt. Zur Anwendung für diesen Typ kommen in der Regel metrisch skalierte Merkmale, wie z.B. die Reisegeschwindigkeit im Pkw, bei denen ein Optimum angenommen werden kann.
- Das **Teilnutzenwertmodell** ist als ein allgemeingültiges Modell konzipiert, in dem auch die beiden oben genannten Modelle als Spezialfälle enthalten sind. Jeder Merkmalsausprägung wird ein individuell unterschiedlicher Nutzenwert zugeordnet. Qualitative Parameter wie Flexibilität oder Sicherheit entsprechen diesem Modell.

Mit dem Teilnutzenwertmodell kann die flexibelste Spezifikation der Merkmale und ihrer Ausprägungen erreicht werden. Dabei nimmt die Anzahl der zu schätzenden Parameter gegenüber den anderen Modellen zu und die Anzahl der Freiheitsgrade (df) entsprechend ab.<sup>47</sup> Zur Minimierung des Aufwands sollten daher alle metrisch skalierten Merkmale, wenn möglich, dem Idealvektor- oder Idealpunktmodell zugeordnet werden. Nur für die restlichen metrischen und alle nominal<sup>48</sup> skalierten Attribute sollte das Teilnutzenwertmodell zur Anwendung kommen.

Die Verknüpfungsfunktion beschreibt die mathematische Zusammenfassung der einzelnen Nutzenwerte der Attribute zu einem Gesamtnutzenwert der bewerteten Alternativen. Sie kann kompensatorisch, in diesem Fall werden die Merkmale substitutiv zu einem Gesamturteil zusammengestellt, oder nicht-kompensatorisch, d.h. ohne Ausgleich zwischen den Parametern, gestaltet werden.<sup>49</sup> In der Praxis kommen fast ausschließlich kompensatorische Modelle mit additiver oder multiplikativer Funktion zur Anwendung. Untersuchungen

---

<sup>45</sup> Vgl. IDEREST (2000), S. 3f, KNAPP (1998), S. 224, SATTLER (1991), S. 106 und WEISENFELD (1989), S. 24.

<sup>46</sup> Zu den metrischen Skalen werden die Intervallskala und die Ratioskala, auch als Verhältnisskala bezeichnet, gezählt, vgl. BACKHAUS *et al.* (2000), S. XVIIIff und MÜHLBACHER (1995), S. 2287.

<sup>47</sup> Vgl. KNAPP (1998), S. 225.

<sup>48</sup> Vgl. BACKHAUS *et al.* (2000), S. XVIIIff und MÜHLBACHER (1995), S. 2286.

<sup>49</sup> Vgl. SATTLER (1991), S. 87f, SCHWEIKL (1985), S. 30 und WEISENFELD (1989), S. 25.

haben gezeigt, dass kompensatorische Modelle menschliches Verhalten valide abbilden und vorhersagen können.<sup>50</sup>

In der traditionellen Conjoint-Analyse werden zwei verschiedene Arten der Untersuchungsform verwendet:<sup>51</sup>

- Bei der **Zwei-Faktoren-Bewertung** werden den Respondenten jeweils die Ausprägungen von zwei Merkmalen zur Bewertung vorgelegt. Die Probanden haben im Rahmen dieses auch als Trade-Off bezeichneten Ansatzes zwischen den angebotenen Varianten abzuwägen. Sie müssen die aus den Kombinationen der zwei Faktoren bestehenden Stimuli in eine Rangfolge ihrer Präferenz einordnen.
- Die **ganzheitliche Profilbewertung** basiert auf einer vollständigen Kombination der Merkmalsausprägungen, die den Auskunftspersonen in Form von realen oder fiktiven Stimuli zur Beurteilung präsentiert werden.

Der geringen Komplexität und der einfachen Durchführung als Vorteil der Zwei-Faktoren-Bewertung bei der Betrachtung von jeweils nur zwei Merkmalsausprägungen steht der relativ hohe Aufwand zur Gewinnung von Informationen gegenüber. Neben dem geringeren Aufwand zur Erlangung derselben Informationen liegt ein großer Vorteil der Profilbewertung in der größeren Nähe zu den in der Realität anzutreffenden Auswahlentscheidungen. Die vergleichsweise hohen Anforderungen an die Probanden beschränken das Verfahren aber auf die Kombinationen von wenigen Merkmalen.<sup>52</sup> Die Forderung nach einer anzustrebenden hohen Realitätsnähe einer Untersuchung unter Integration von möglichst vielen Faktoren steht jedoch im Gegensatz zu der Anforderung qualitativ hochwertiger Daten, die nur mit Hilfe einer die Komplexität der Erhebung beschränkenden Vorgehensweise zur Vermeidung der Überforderung der Probanden erreicht werden kann.<sup>53</sup> Das Standardverfahren einer Conjoint-Analyse kann diesem Zielkonflikt nicht gerecht werden.

### 3.3.3 Die adaptive Conjoint-Analyse

Die adaptive Conjoint-Analyse (ACA)<sup>54</sup> basiert auf der traditionellen Conjoint-Analyse und trägt der Forderung nach minimaler Komplexität bei gleichzeitiger Integration einer möglichst hohen Anzahl an Einflussfaktoren Rechnung. Die ACA kombiniert sowohl

---

<sup>50</sup> Vgl. ALBRECHT (2000), S. 18.

<sup>51</sup> Vgl. SCHUBERT (1995), S. 379 und TEICHERT (2001), S. 44.

<sup>52</sup> Vgl. BACKHAUS *et al.* (2000), S. 570 und 610 sowie SATTLER (1991), S. 65f.

<sup>53</sup> Vgl. KNAPP (1998), S. 225.

<sup>54</sup> Vgl. ECKHOFF (2001), S. 297f, GUTSCHE (1995), S. 96 und KNAPP (1998), S.273f.

Aspekte der Profilmethode als auch des Trade-Off-Ansatzes mit den Stärken kompositioneller Verfahren. Eine dem linear-additiven Teilnutzenwertmodell entsprechende Nutzenfunktion wird im Zuge einer computergestützten, aus vier Phasen bestehenden Befragung individuell den Respondenten angepasst. Im ersten Schritt der ACA legen die Befragten für alle Merkmale eine persönliche Reihenfolge der Ausprägungen fest und geben ihre persönlichen Akzeptanzgrenzen aller Merkmale an, so dass individuell nicht relevante Ausprägungen im weiteren Verlauf nicht mehr berücksichtigt werden. In der zweiten Phase stufen die Probanden für jedes Attribut die jeweils aus dem ersten Schritt bekannten stärksten und schwächsten Ausprägungen auf einer ganzzahligen Vier-Punkte Skala ein. Aus der Differenz wird die Wichtigkeit der einzelnen Faktoren abgeleitet. Nach den ersten beiden kompositionellen Stufen werden in der dritten Phase Varianten erstellt, die aus zwei Merkmalen bestehen. Diese Paarvergleiche sind mit Hilfe der aus den vorangegangenen Stufen berechneten Teilnutzenwerte so konstruiert, dass sie individuell für den Probanden eine große Ähnlichkeit aufweisen. Die Testpersonen haben die Aufgabe diese Produkte auf einer Neun-Punkte Skala zu bewerten, mit deren Hilfe die Teilnutzenwerte angepasst werden. Dieser Vorgang wird mehrfach wiederholt, so dass sich die Entscheidungen für die Befragten immer schwieriger gestalten. Innerhalb der vierten Phase, auf Basis der Profilmethode, müssen die Probanden prozentuale Nutzungswahrscheinlichkeiten zu den präsentierten Produkten abgeben, die zur weiteren Korrektur der Teilnutzenwerte dienen. Zu Beginn dieser letzten Phase werden den Befragten die Alternativen mit dem geringsten und dem höchsten Teilnutzenwert zur Bewertung vorgelegt. Maximal sieben weitere Stimuli sind von den Befragten innerhalb dieses Rahmens einzuordnen.

Die ACA bietet durch den kombinierten Einsatz von kompositionellen und dekompositionellen Techniken eine fundierte Möglichkeit zur Integration einer höheren Anzahl an Merkmalen ohne die Probanden zu überfordern. Besonders die in der dritten Phase durchzuführende Präsentation von Teilbereichen der Alternativen ermöglicht die individuelle Ermittlung und Optimierung von Rangfolgen und Wichtungen. Ein Nachteil der Methode liegt jedoch in der hohen Komplexität der zur Anwendung kommenden impliziten Algorithmen, die sowohl bei der Vorbereitung und der Durchführung einer Untersuchung ohne den Einsatz von Computern nicht eingesetzt werden können.

### 3.3.4 Die Choice-Based-Conjont-Analyse

Neben der ACA, bietet die Choice-Based-Conjont-Analyse (CBC)<sup>55</sup> eine weitere Möglichkeit zur Integration einer höheren Anzahl an Einflussfaktoren bei gleichzeitiger Beschränkung der Komplexität. Im Vergleich zur klassischen Conjont-Analyse und zur ACA, bei

---

<sup>55</sup> Vgl. BACKHAUS *et al.* (2000), S. 612 und KNAPP (1998), S. 226 und 236f.

denen aus den einzelnen Merkmalsausprägungen zusammengesetzte Alternativen auf definierten Skalen bewertet oder in Bezug zu anderen Stimuli in eine Reihenfolge eingeordnet werden, sind bei der Analyseform einer CBC Präferenzurteile in Form von Auswahlentscheidungen zu treffen. Im Rahmen einer CBC werden den Respondenten eine bestimmte Anzahl von Alternativen, beschrieben in Form der Ausprägungen aller Merkmale, präsentiert. Die CBC orientiert sich dabei an realen, der Untersuchungsfrage angelehnten Situationen und bietet den Befragten auch die Möglichkeit keine der angebotenen Alternativen zu wählen, z.B. bei der Fragestellung nach der Nutzung einer Fahrgemeinschaft als Fahrer oder Mitfahrer. Durch die direkte Wahl zwischen verschiedenen Varianten können im Rahmen einer CBC auch Marken besonders gut abgebildet werden. Über den Namen eines Produktes können Vorlieben und Vorurteile einbezogen werden, die sonst nicht zu beobachten wären.

Theoretische Grundlagen der CBC sind die Zufallsnutzentheorie und das in Abschnitt 3.1.3 dargestellte multinominale Logit-Modell. Im Unterschied zu den bisher vorgestellten Conjoint-Verfahren werden bei der CBC die Nutzenwerte der Alternativen und die Wichtigkeiten der Merkmale bzw. ihrer Ausprägungen auf aggregierter Ebene bestimmt. Zur Berechnung von individuellen Nutzenwerten auf Basis der Ergebnisse einer CBC können verschiedene Verfahren zur Anwendung kommen, die auf der Segmentierung der Probanden hinsichtlich vorhandener Homogenitäten beruhen. Der Einsatz der teilweise aufwendigen Verfahren hängt von der Entscheidung ab, ob eine Untersuchung auf aggregierter Ebene ausreichend ist oder ob individuelle Nutzenwerte erforderlich sind. Die Durchführung einer aggregierten Untersuchung darf entsprechend nicht zur Anwendung kommen, wenn die betrachteten Personen hinsichtlich ihrer persönlichen Eigenschaften geringe Gemeinsamkeiten aufweisen und die Ergebnisse damit einer fiktiven Durchschnittsperson entsprechen, die im Mittel aber keinem Individuum gerecht werden kann.

### 3.3.5 Präferenzen in der Verkehrsplanung

Die Verfahren der mehrdimensionalen Präferenz-Skalierung basieren häufig in ihrer Anwendung aufgrund von fehlenden Informationen der Probanden nur auf den Intuitionen der Anwender. Entsprechend ist eine objektive Beurteilung der Verkehrsmittelwahl mit Hilfe von Methoden der MDS nur unter großen Schwierigkeiten zu realisieren. Die Conjoint-Analyse hingegen bietet eine bessere Grundlage zur Abbildung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer. Aufbauend auf der ursprünglichen Form können sowohl die ACA als auch die CBC die Nachteile der traditionellen Conjoint-Analyse in Bezug auf die begrenzte Anzahl der in die Untersuchung zu integrierenden Einflussfaktoren aufheben. Die Orientierung der CBC an der realen Untersuchungssituation durch die Abfrage von



Präferenzurteilen infolge der Präsentation von Auswahlentscheidungen charakterisiert sie als besonders geeignet zur Analyse der Verkehrsmittelwahl.

In der Verkehrsplanung werden zur Untersuchung und Beschreibung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer verschiedene Verfahren mit unterschiedlichen Formen von Daten verwendet. Neben der Ermittlung von tatsächlichen Verhaltensweisen und der interaktiven Messung von Änderungen im Verhalten kommt die Erhebung von bekundeten Handlungen in hypothetischen Situationen zur Anwendung.<sup>56</sup> Im Zuge der Analyse von neuen Mobilitätsdienstleistungen, die sich noch nicht oder nur im Stadium von Versuchen auf dem Markt befinden, sowie der Untersuchung ihrer Wirkungen auf die Verkehrsmittelwahl, können reales Verhalten und seine Änderungen nicht oder nur selten beobachtet werden. Die Analyse der Entscheidungen von Verkehrsteilnehmern in hypothetischen Situationen hingegen, stellt einen qualifizierten Ansatz zur Bewertung innovativer Mobilitätsdienste dar.

Verfahren auf Basis von Präferenzen und der Anwendung von realen sowie hypothetischen Entscheidungssituationen orientiert an der betreffenden Untersuchungssituation sind unter dem Namen der Stated Preferences (SP) bekannt geworden.<sup>57</sup> Die in die Kategorie der Modelle diskreter Entscheidungen einzuordnenden Methoden der SP wurden in zahlreichen Untersuchungen angewendet.<sup>58</sup> Sie bedienen sich dabei sowohl verschiedener Modelle der Verkehrsplanung als auch den Grundlagen der Entscheidungstheorie. Verfahren der SP verwenden die Präferenz für eine Alternative als maßgebliche Variable der Wahlentscheidung. Die Präsentation der unterschiedlichen Varianten innerhalb einer SP-Analyse erfolgt anhand der korrespondierenden tatsächlichen Situation. Aufgrund dieser engen Verwandtschaft zu den Conjoint-Analysen (ACA und CBC) werden die Methoden der SP auch als conjoint, contingent valuation, functional measurement, direkte Nutzenmessung oder als Stated Response bezeichnet.<sup>59</sup> Für die vorliegende Untersuchung werden die Verfahren der SP als geeignete Methode zur Analyse der Verkehrsmittelwahl, unter Einbeziehung des innovativen Fahrgemeinschaftsvermittlungsdienstes "M21 FahrPLUS", ausgewählt.

---

<sup>56</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 6f.

<sup>57</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 5 und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 1.

<sup>58</sup> Vgl. AXHAUSEN (1989), BRADLEY, GUNN (1990), BRADLEY (1998), FRIDSTRØM, MADSLIEN (1998), LOUVIERE *et al.* (2000), MATSUMOTO, ROJAS (1998), MCFADDEN (1974b), MCFADDEN (1975), PEARMAIN *et al.* (1991), S. 84f und POLAK *et al.* (1991).

<sup>59</sup> Vgl. AXHAUSEN, SAMMER (2001), S. 275 und FGSV (1996), S. 9.

### 3.4 Zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsmethoden

Die vorangegangenen Ausführungen haben gezeigt, dass mit den Methoden der SP ein qualifiziertes Analyseverfahren für die Untersuchung von dynamischen Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr und deren Auswirkungen auf die Verkehrsmittelwahl zur Verfügung steht.

Zur quantitativen Abbildung der Wahl der Verkehrsmittel bietet die Verkehrsplanung eine Reihe unterschiedlicher Verfahren, aus denen die Gruppe der Nutzenmaximierungsmodelle als geeignet zur Analyse des individuellen Verhaltens der Verkehrsteilnehmer identifiziert wurde. Unabhängig von der expliziten Wahl eines der Modellen der Nutzenmaximierung zuzuordnenden Ansatzes ist die alleinige Anwendung von z.B. einem linearen Wahrscheinlichkeits-, Probit-, Logit- oder Nested-Logit-Modell nicht ausreichend, um eine zufrieden stellende Untersuchung von "M21 FahrPLUS" und seinen Wirkungen zu gewährleisten. Die Modellierung der Verkehrsmittelwahlentscheidungen erfordert vielmehr eine Untersuchungsmethode, die zusätzlich in der Lage ist, das nachfrageorientierte Verhalten der Verkehrsteilnehmer qualitativ abzubilden. In der Gruppe der Modelle diskreter Entscheidungen wurden die Verfahren zur Messung von Präferenzen aufgrund ihrer inhaltlich großen Nähe zur Wahlentscheidung der Nutzer ausgewählt. In dieser Kategorie von Modellen stellen die Conjoint-Verfahren der ACA und der CBC qualifizierte Ansätze dar. Aufgrund von erfolgreich durchgeführten Untersuchungen in unterschiedlichen Bereichen der Verkehrsplanung und ihrer Verwandtschaft zu den angesprochenen Conjoint-Analysen wurden schließlich die Methoden der SP für die vorliegende Untersuchung ausgewählt.

# Kapitel 4

## Methoden der Stated Preferences

In Abhängigkeit einer durchzuführenden Untersuchung, ihrer Ziele und Randbedingungen können die Methoden der SP in unterschiedlichen Formen zur Anwendung kommen. Der detaillierte Aufbau der angestrebten Analysen sowie die korrespondierende Auswahl der geeigneten Verfahren und Vorgehensweisen setzt dabei umfangreiche Kenntnisse der Methoden und ihrer alternativen Anwendungsmöglichkeiten voraus. Zum Verständnis der Methoden der SP werden bereits vor der expliziten Spezifikation der vorliegenden Untersuchung die Grundlagen der SP-Methoden sowie ihre verschiedenen Formen und Varianten vorgestellt.

Methoden in Form von SP ermöglichen die systematische Untersuchung von Verhalten, Reaktionen und Entscheidungen der Verkehrsteilnehmer unter Verwendung von mehreren gezielt aufgebauten Konstellationen, in denen auch neue Angebote und Dienstleistungen integriert sein können. Im Kern von SP-Analysen steht eine experimentelle Befragung der angestrebten Zielgruppe, die eine Definition der drei folgenden zentralen Elemente individuell für jede Untersuchung vorab voraussetzt:<sup>1</sup>

- Mit den **Alternativen**, die gleichermaßen als Varianten bekannt sind, werden die für die betrachtete Fragestellung wichtigen Wahlmöglichkeiten, z.B. Pkw, ÖPNV oder Fahrrad, festgelegt.
- Die **Merkmale**, auch als Attribute, Einflussgrößen oder Faktoren bezeichnet, entsprechen den bedeutenden Eigenschaften der Alternativen, z.B. Fahrzeit, Kosten oder Umsteigehäufigkeit.
- Mit Hilfe der **Ausprägungen** wird separat für jedes Merkmal eine bestimmte Anzahl von inhaltlichen Elementen festgelegt, die in der betreffenden Analyse entscheidend sind. Für das Merkmal der Umsteigehäufigkeit können das z.B. die Ausprägungen “null”, “eins” und “größer eins” sein.

---

<sup>1</sup> Vgl. AXHAUSEN, SAMMER (2001), S. 274 und LOUVIERE *et al.* (2000), S. 83.

Den Probanden werden im Rahmen einer Erhebung Situationen vorgestellt, die mit Hilfe statistischer Verfahren konstruiert wurden, so dass die Effekte der vor der Untersuchung festgelegten Einflussfaktoren und ihrer Ausprägungen unabhängig voneinander bestimmt werden können.<sup>2</sup> Bereits die alternativ zu SP gebräuchlichen Bezeichnungen, wie z.B. Methoden der direkten Nutzenmessung,<sup>3</sup> machen die Herkunft und interdisziplinäre Entwicklungsgeschichte der Methoden deutlich. Im Rahmen dieser Untersuchung werden die Methoden der SP in Anlehnung an LEE-GOSSELIN (1996) dahin eingegrenzt werden, dass den Testpersonen sowohl die Entscheidungssituationen mit allen Randbedingungen als auch die zu untersuchenden Alternativen bekannt sind.<sup>4</sup>

Verhaltensorientierte Verkehrsmodelle auf Basis von offenbarten Interessen und Neigungen (Daten der RP)<sup>5</sup> sind durch die Abbildung von quantitativen Einflussfaktoren wie Reisezeit, Kosten oder Umsteigehäufigkeiten gekennzeichnet. Qualitative Merkmale, z.B. Sicherheit, Komfort und Zuverlässigkeit, können hingegen aufgrund ihrer Dimensionen nur unter Verwendung von Transformationen integriert werden. Die Analyse von neuen, im derzeitigen Angebotsspektrum nicht enthaltenen Maßnahmen, wie der Einführung von Mobilitätsdienstleistungen oder neuen Preissystemen, kann nur mit unzureichender Genauigkeit vorgenommen werden. Prognosen können sich ausschließlich auf die vorhandenen, oft kleinen Wertebereiche der einzelnen Merkmale beschränken. Die isolierte Betrachtung eines Einflussfaktors ist aufgrund von starken Korrelationen zwischen den unabhängigen Variablen kaum möglich. Diesen entscheidenden Nachteilen kann mit der Untersuchung von hypothetischen Märkten begegnet werden.<sup>6</sup> Im Rahmen einer Analyse in Form von SP werden die Einstellungen der Probanden in Form von Präferenzen in mehreren realen und hypothetischen Situationen erfasst.

Die Methoden der SP setzen insbesondere an den Punkten an, wo Modelle der RP keine zufrieden stellenden Ergebnisse liefern können.<sup>7</sup> Typische Anwendungsfelder sind die systematische Bewertung von noch nicht am Markt befindlichen Systemen, wie z.B. dem Transrapid, neuen Dienstleistungen oder der Erhebung von Mautgebühren. Auch die flächenhafte Ausweitung von räumlich begrenzten Pilotanwendungen und die Analyse bedeutender Änderungen in Verkehrsangeboten stellen Anwendungsgebiete der SP-Verfahren dar. Beispielhaft sind die bundesweite Umsetzung eines Verkehrsleitsystems für den mIV oder die Umgestaltung von ÖV-Netzen und die damit verbundene Erhöhung der

---

<sup>2</sup> Vgl. AXHAUSEN, SAMMER (2001), S. 274 und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 2.

<sup>3</sup> Vgl. Kapitel 3.3.5 zu weiteren Bezeichnungen.

<sup>4</sup> Vgl. AXHAUSEN (1995), S. 211, AXHAUSEN, SAMMER (2001), S. 276 und LEE-GOSSELIN (1996), S. 116.

<sup>5</sup> Vgl. AXHAUSEN, SAMMER (2001), S. 274 und FGSV (1996), S. 6f.

<sup>6</sup> Vgl. AXHAUSEN, SAMMER (2001), S. 274 und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 1.

<sup>7</sup> Vgl. AXHAUSEN, SAMMER (2001), S. 274, LOUVIERE *et al.* (2000), S. 21f und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 2.

---

Reisegeschwindigkeit durch Neubaustrecken zu nennen.

Die Verfahren der SP sind auf die Untersuchung von innovativen Produkten und neuen Maßnahmen ausgerichtet, so dass ihre systematische Vorgehensweise speziell auf jede Fragestellung angepasst werden muss. Im Vergleich zu den Vorgehensweisen der Modelle auf Basis von RP weisen die Methoden der SP eine Reihe von Vor- und Nachteilen auf.<sup>8</sup> Entscheidende Vorteile liegen in der unabhängigen Messung der Wirkung einzelner Merkmale, der Erhebung von mehreren Datensätzen je Individuum und der schnellen Verfügbarkeit der Ergebnisse. Schwierigkeiten und Probleme im Rahmen der Durchführung einer SP-Analyse können bei der Definition der Alternativen, Einflussgrößen und Randbedingungen entstehen. Komplexe Situationen und lange Befragungen können eine Überforderung der Respondenten zur Folge haben. Da sich die Antworten der Befragten auf hypothetisches und nicht real umgesetztes Verhalten beziehen, kann nicht in jedem Fall eine zufriedenstellende Validität sichergestellt werden. Statistische Probleme bei der Datenauswertung und fehlende Standardformate erschweren die methodische Anwendung von SP.

Im Zuge von SP-Untersuchungen müssen sowohl die einzubeziehenden Alternativen als auch ihre Merkmale und Ausprägungen sowie die Rahmenbedingungen gewissenhaft festgelegt werden.<sup>9</sup> Oft können nicht alle in der Realität zur Verfügung stehenden Alternativen auch in der Erhebung berücksichtigt werden. Eine Lösung dieses Problems kann nur mit einer sorgfältigen Auswahl der Varianten und der Einbindung der Möglichkeit zur Ablehnung aller Alternativen erreicht werden. Eine wesentliche Schwierigkeit der SP-Methoden liegt in der Auswahl der Merkmale. Im Zuge der Untersuchung können vorab vergessene oder als unwichtig eingestufte Faktoren nicht mehr integriert werden. Die Grundlage einer Erhebung stellen hypothetische Situationen dar, die bei unpräziser Spezifikation der Alternativen oder bei einer zu hohen Anzahl an Attributen auch zu Erscheinungen von Übermüdung oder Überforderung der Probanden führen können. Missverständnisse, bewusste Falschangaben und formulierungsbedingte Verzerrungen sind die Folge. Es ist eine sorgfältige und die Komplexität begrenzende Auswahl der Merkmale sowie, im besonderen bei neuen Produkten und Dienstleistungen, eine umfangreiche Information der Probanden sicherzustellen, um einerseits einen vollständigen Untersuchungsrahmen zu gewährleisten und andererseits die Testpersonen nicht zu überfordern. Selbst bei sorgfältiger Formulierung und Erläuterung der Situationen und Randbedingungen basieren die Entscheidungen auf hypothetischen und nicht auf realen Bedingungen. Diese Vereinfachung der Entscheidungssituation macht eine Überprüfung der individuellen Antworten auf Inkonsistenzen unerlässlich. Zur Gewährleistung der statistischen Sicherheit ist ein möglichst großer Stichprobenumfang von mindestens 50, besser 70 Personen pro untersuchter ho-

---

<sup>8</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 11 und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 3f.

<sup>9</sup> Vgl. AXHAUSEN, SAMMER (2001), S. 274 und FGSV (1996), S. 11.

mogener Gruppe bzw. Marktsegment erforderlich.<sup>10</sup> Der am häufigsten geäußerten Kritik, dass die geäußerten Präferenzen zwar eine große Nähe zur tatsächlichen Entscheidung der Verkehrsteilnehmer haben, ihr aber nicht entsprechen, kann und muss mit der Einbeziehung von realen Daten im Rahmen der Validierung entgegnet werden.

Die Verfahren der SP können für die unterschiedlichsten Fragestellungen angewendet werden. Erst in Abhängigkeit der Spezifikation einer Untersuchung, der Festlegung von Untersuchungszielen und Randbedingungen kann eine individuell geeignete Form der Methoden der SP aus verschiedenen Dimensionen zusammengestellt werden. Im folgenden werden die verschiedenen Varianten der fünf bedeutenden Bestandteile einer SP-Untersuchung grundlegend vorgestellt:<sup>11</sup>

- Im Zuge der **Identifikation relevanter Parameter** werden die, speziell für die durchzuführende Untersuchung, wichtigen Alternativen und entscheidenden Merkmale mit ihren Ausprägungen festgelegt.
- Die **Antwortform** definiert die Art der Schilderung der zugrunde liegenden Entscheidungssituation. Auf Basis dieser Darstellungsform geben die Probanden ihre Präferenzen für eine oder mehrere Alternativen ab.
- Der **statistische Versuchsplan** ist für die Konzeption der einzelnen, den Respondenten vorgelegten Situationen im Rahmen einer Erhebung verantwortlich. Er bestimmt die individuelle Auswahl der Ausprägungen jedes in die Untersuchung integrierten Merkmals.
- Mit Hilfe der **Befragungsform** wird die praktische Durchführung der Erhebung als schriftlich, persönlich oder telefonisch in Kombination mit der Entscheidung über den Einsatz von Computern festgelegt.
- Die Einbeziehung von **Daten der RP** erlaubt eine Anpassung der Erhebungsergebnisse an die aktuelle, reale Situation der Probanden und ermöglicht somit die Erstellung von validen Prognosen.

## 4.1 Identifikation relevanter Parameter

Die Auswahl der verschiedenen SP-Elemente muss in Bezug auf die spezielle Charakteristik der SP-Methoden, im Vergleich zu anderen Modellen und Vorgehensweisen in der Verkehrsplanung, als eine besonders wichtige Aufgabe angesehen werden. Der gezielten

---

<sup>10</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 27.

<sup>11</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 12 und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 5f und S. 18.

Definition des Untersuchungsgegenstandes im Rahmen der Spezifikation folgt die detaillierte Festlegung aller Alternativen, Merkmale und Ausprägungen einer Untersuchung. Folgende Teilaufgaben sind zu leisten:<sup>12</sup>

- Ermittlung der relevanten und zur Verfügung stehenden Alternativen. Bereitstellung eines vollständigen Satzes an Alternativen.
- Identifizierung der bedeutenden Merkmale. Bestimmung der funktionalen Zusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren und ihren Nutzenbeiträgen zu den einzelnen Alternativen. Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen den Faktoren. Festlegung, ob die Attribute in absoluter oder relativer Form dargestellt werden bei gleichzeitiger Sicherung der Vergleichbarkeit aller Befragten.
- Definition der Ausprägungen aller Merkmale. Ausschluss von unrealistischen Kombinationen der Merkmalsausprägungen. Sicherstellung von erkennbaren Unterschieden zwischen den Ausprägungen.

Im Gegensatz zu den Alternativen, die sich in der Regel direkt aus der Spezifikation einer Untersuchung ableiten lassen, besteht die Kernfrage der Identifikation der Parameter in der Auswahl der Merkmale und ihrer Ausprägungen.<sup>13</sup> Die den Probanden innerhalb einer SP-Erhebung zur Bewertung vorgelegten Beschreibungen einer Fragestellung, z.B. zur Auswahl eines Verkehrsmittels, werden als Kombinationen von Ausprägungen der in die Untersuchung integrierten Merkmale präsentiert. Zur Abbildung der realen Entscheidungssituation müssen die Merkmalsausprägungen die Alternativen möglichst präzise und vollständig beschreiben. Die umfassende Darstellung der Varianten beruht auf der objektiven Darstellung ihrer Leistungsspektren und den Vorteilen gegenüber alternativen Angeboten. Neben diesen angebotsbezogenen Kriterien sind auch nachfragespezifische Charakteristika einzubeziehen. Die Forderung nach einem optimalen Abbild der Wirklichkeit bedeutet aber nicht, möglichst viele Attribute auszuwählen und damit die Probanden vor unüberschaubare Situationen und unlösbare Aufgaben zu stellen. Die entsprechende Begrenzung der Anzahl der Merkmale, um eine Überforderung der Respondenten zu vermeiden, stellt neben der Vollständigkeit der Merkmale die zweite wichtige Voraussetzung zur Erzielung von validen Ergebnissen dar. Folgende Anforderungen sind bei der Festlegung der Merkmale und ihrer Ausprägungen zu beachten:<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 23 und Inderest (2000), S. 9f.

<sup>13</sup> Vgl. Axhausen (1995), S. 211 und FGSV (1996), S. 24f.

<sup>14</sup> Vgl. Backhaus *et al.* (2000), S. 569f, Knapp (1998), S. 239f, Pearmain *et al.* (1991), S. 44f, Sattler (1991), S. 81f und Schweikl (1985), S. 99.

- **Relevanz:** Nur die Merkmale, die für die Probanden in der Situation der Entscheidung relevant sind, finden auch in der Untersuchung Verwendung. Es sind zwei Spektren der Relevanz zu unterscheiden:
  - **Wichtigkeit:** Die Attribute müssen für die präsentierte Entscheidung wichtig und hervorstechend sein.
  - **Determiniertheit:** Die Merkmale müssen die Unterschiede der angebotenen Alternativen deutlich machen.
- **Beeinflussbarkeit:** Die Respondenten müssen die Merkmalsausprägungen als akzeptabel und realisierbar empfinden. Die Vorstellung einer praktischen Umsetzung der Ausprägungen muss gegeben sein.
- **Objektivität:** Alle Testpersonen müssen hinsichtlich der Wahrnehmung der Merkmale zur gleichen Auffassung gelangen. Interpretationsspielräume oder subjektiv aufzufassende Merkmale sind zu vermeiden.
- **Redundanzfreiheit:** Alle Attribute müssen eindeutig und inhaltlich unabhängig formuliert sein. Die Bedeutung der Merkmale darf sich für die Probanden nicht als gleich oder ähnlich darstellen. Die Merkmalsausprägungen müssen untereinander weit genug variieren.

Merkmale lassen sich hinsichtlich ihrer Gültigkeit für Alternativen und Individuen in drei verschiedene Gruppen einteilen:<sup>15</sup>

- **Generische Attribute** entsprechen entweder direkt den Charakteristika der Alternativen oder lassen sich aus ihnen ableiten. Die Ausprägungen variieren im Allgemeinen zwischen Individuen und Alternativen (z.B. Fahrzeit, Umsteigehäufigkeit).
- **Alternativenspezifische Konstanten** werden separat für einzelne Alternativen spezifiziert. Sie vereinen alle durch die anderen Merkmale nicht darzustellenden Einflüsse, die bei der Wahl der entsprechenden Alternative eine Rolle spielen.
- **Soziodemographische Faktoren und Trägheitsvariablen**, wie z.B. Alter, Familienstand und Pkw-Verfügbarkeit variieren zwischen den Individuen, jedoch nicht zwischen den Alternativen. Sie ergeben sich aus den soziodemographischen Charakteristika der Respondenten und werden für eine oder mehrere Alternativen definiert.

Die Suche nach relevanten Merkmalen und ihren Ausprägungen ist in der Praxis der SP-Untersuchungen von Annahmen und Erfahrungen aus vorhergegangenen Untersuchungen

<sup>15</sup> Vgl. LOUVIERE *et al.* (2000), S. 111, MAIER, WEISS (1990), S. 127 und RONNING (2001), S. 5.



geprägt. Systematische Vorüberlegungen und Begründungen für die Korrektheit der verwendeten Dimensionen in der neuen Untersuchungssituation werden von den SP-Forschern selten geliefert. Anderen Teilen der Untersuchung wird eine signifikant höhere Aufmerksamkeit geschenkt als der scheinbar trivialen Auswahl der Faktoren. Doch gerade die sorgfältige Identifikation der Merkmale und Ausprägungen entscheidet im besonderen über den Erfolg oder Misserfolg einer Studie. In Abbildung 4.1 ist der schematische Ablauf von der Erfassung potenzieller Merkmale über die Verdichtung der Faktoren bis hin zur Festlegung der relevanten Merkmale dargestellt.<sup>16</sup>

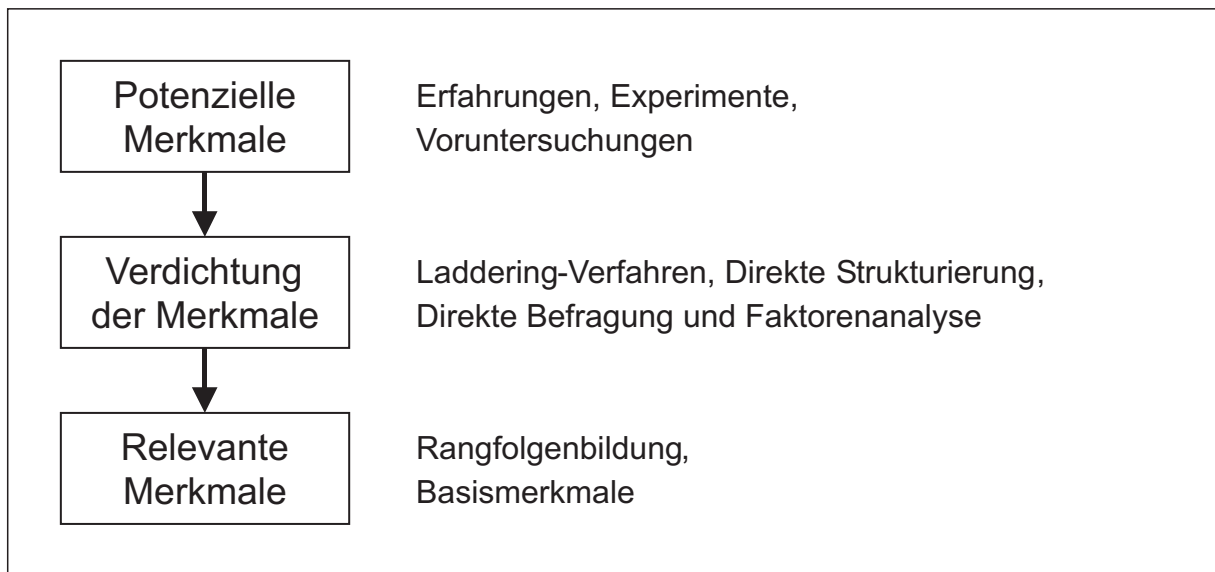


Abbildung 4.1: Vorgehensweise zur Identifikation relevanter Merkmale<sup>17</sup>

#### 4.1.1 Erfassung potenzieller Merkmale

Die Erfassung aller potenziell relevanter Merkmale kann durch Erfahrungen, Experimente und Voruntersuchungen erreicht werden.<sup>18</sup> Zur Gewinnung von möglichen Merkmalen aus Erfahrungen können vorherige, eigene oder aus der Literatur bekannte Untersuchungen in gleichen oder ähnlichen Themenkomplexen herangezogen werden. Expertenwissen stellt eine weitere geeignete Quelle dar, die mit Hilfe von Interviews gezielt genutzt werden kann. Besonders für den Bereich neuer und innovativer Dienstleistungen bietet sich die Umsetzung von Pilotversuchen oder Modellvorhaben zur Identifikation potenzieller Faktoren an, da selten auf Erfahrungen zurückgegriffen werden kann. Ist jedoch mit Hilfe von Erfahrungen und Experimenten kein zufrieden stellender Umfang an potenziellen Merkmalen zu

<sup>16</sup> Vgl. SCHWEIKL (1985), S. 91 und WEISS (1992), S. 84.

<sup>17</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>18</sup> Vgl. KNAPP (1998), S. 240 und SCHWEIKL (1985), S. 93.

gewinnen, so können eigens für die aktuelle Fragestellung entwickelte Voruntersuchungen weitere Attribute lokalisieren.

Zur Durchführung von Voruntersuchungen sind geeignete Probanden auszuwählen, die in ihren Eigenschaften der späteren Untersuchungsgruppe entsprechen sollten. Sowohl bei direkten als auch bei indirekten Verfahren kommt in der Regel ein persönliches Interview zur Anwendung, bei dem die Testpersonen zu Beginn mit der Entscheidungssituation und der Aufgabe vertraut gemacht werden.<sup>19</sup> Eine Form der direkten Verfahren besteht in der Einstufung präsentierter Alternativen in die beiden Klassen “akzeptabel” und “nicht akzeptabel”. Zu allen akzeptablen Alternativen nennen die Befragten für sie individuell wichtige Merkmale. Die ebenfalls den direkten Verfahren zuzuordnende Repertory-Grid-Methode<sup>20</sup> versucht den Respondenten Merkmale durch den Vergleich von jeweils drei Alternativen zu entlocken. Dabei werden drei zufällig ausgewählte Alternativen vom Interviewer in zwei sich ähnliche und eine dritte Variante eingeteilt. Die Testpersonen nennen Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den beiden Kategorien. Das Verfahren wird solange wiederholt bis den Befragten keine neuen Merkmale mehr einfallen. Indirekte Methoden versuchen Merkmale zu ermitteln, ohne eine direkte Aufforderung zur Angabe von Faktoren. Zur Anwendung kommen projektive Techniken, wie Satzergänzungstests oder Wortassoziationen, Prozessverfolgungstechniken und Thinking-aloud-Methoden. Auch Tiefeninterviews zur Aufdeckung von tiefer liegenden Ursachen und die Auswertung von Idealvorstellungen gehören zu den indirekten Verfahren.

### 4.1.2 Verdichtung

In dem zweiten Schritt der Identifizierung relevanter Merkmale, der von einer subjektiven Vorgehensweise des Anwenders geprägt ist, werden die potenziellen Attribute mit Hilfe des Laddering-Verfahrens, der direkten Strukturierung oder einer Befragung mit anschließender Faktorenanalyse zu zentralen Beurteilungsdimensionen aggregiert.<sup>21</sup>

Das Laddering-Verfahren<sup>22</sup> beruht auf der Means-End-Methode, die den Auswahlprozess zwischen den Alternativen über die Zusammenhänge zwischen bekundeten Präferenzen und der Bedeutung der Varianten für die Individuen untersucht. Das Verfahren basiert auf der Annahme, dass Wahrnehmungen des Nutzens von Alternativen, ausgedrückt in den Eigenschaften, im fortlaufenden Prozess der Verarbeitung von Informationen zu den verschiedenen Varianten mit übergeordneten Zielsetzungen verknüpft werden. Das sehr

---

<sup>19</sup> Vgl. KNAPP (1998), S. 240f und SCHUBERT (1991), S. 179f.

<sup>20</sup> Vgl. FILLIP (1997), S. 115 und WEISS (1992), S. 86.

<sup>21</sup> Vgl. ECKHOFF (2001), S. 170f und GREEN, SRINIVASAN (1978), S. 105.

<sup>22</sup> Vgl. HERMANN (1996), S. 153.

aufwändige Verfahren erfordert ein hohes Maß an Erfahrungen. Die direkte Strukturierung<sup>23</sup> hingegen ist eine weniger komplexe Methode, die mit Hilfe einer Aufteilung der Faktoren in Klassen mit ähnlichen Eigenschaften die detaillierten potenziellen Merkmale in eine kleine Anzahl von Gruppen umstrukturiert. Attribute, die nicht direkt die Fragestellung betreffen, werden gestrichen.

Auch im Zuge der Verdichtung der Faktoren kommen direkte Befragungstechniken zum Einsatz. Die potenziellen Merkmale werden einer kleinen, in ihren Eigenschaften der späteren Zielgruppe entsprechenden, Einheit von Testpersonen im Rahmen eines einfachen dualen Fragebogens vorgelegt. Der Testgruppe werden zweiteilige Fragen zur persönlichen Wichtigkeit der Faktoren und zu Unterschieden der Merkmale hinsichtlich verschiedener Alternativen präsentiert. Der erste Fragenteil wird üblicherweise mit einer fünfstufigen Ratingskala (z.B.: Sehr bedeutend, Bedeutend, Teils-teils, Weniger bedeutend, Nicht bedeutend) abgebildet, kann aber auch mit Konstantsummenskalen, Paarvergleichen, Rankingskalen oder einfachen Ja/ Nein-Vergleichen umgesetzt werden. Mit der zweiten Frage, nach der unterschiedlichen Bewertung der Einflussfaktoren in Bezug zu den angebotenen Varianten, werden neben den unwichtigen Merkmalen auch Attribute gefiltert, die zwar wichtig sind, aber für alle Alternativen gleich bewertet werden, so dass die Einbeziehung in der späteren SP-Befragung keinen Einfluss auf die Wahl der Alternativen hätte. Merkmale, die sich hinsichtlich der verschiedenen Varianten zwar in der derzeitigen Situation nicht unterscheiden, aber im Rahmen von hypothetischen Situationen unterscheiden könnten, dürfen natürlich nicht ausgeschlossen werden. Es besteht zusätzlich die Möglichkeit, eine offene Frage zu wichtigen, aber in der Befragung noch nicht aufgeführten Faktoren zu formulieren. Damit können selbst bei der Verdichtung der Merkmale noch neue, potenziell wichtige Attribute identifiziert werden. Die anschließende Faktorenanalyse<sup>24</sup> versucht die Merkmale der Erhebung auf Basis von empirischen Korrelationen auf wenige zentrale Dimensionen zurückzuführen. Stark abhängige Merkmale werden zu unabhängigen beurteilungsrelevanten Kriterien zusammengefasst. Für Faktoren, die sich aufgrund der geäußerten Wichtigkeiten nicht bündeln lassen, kann der Nachweis der Redundanzfreiheit erbracht werden.

### 4.1.3 Festlegung relevanter Merkmale

Nach der Gewinnung einer hohen Anzahl von möglichen Merkmalen und der Verdichtung dieser zu wenigen zentralen beurteilungsrelevanten Einflussgrößen, sind die für die Untersuchung wichtigen Faktoren auszuwählen. Die Festlegung der relevanten Merkmale

---

<sup>23</sup> Vgl. SCHMIDT (1996), S. 146f.

<sup>24</sup> Vgl. FLURY, RIEDWYL (1983), S. 135 und HÜTTNER (1995), S. 683f.

stellt einen Kompromiss zwischen der Forderung nach der Integration von möglichst vielen Merkmalen zur vollständigen und realistischen Abbildung der Entscheidungssituation sowie dem Anspruch der Berücksichtigung von möglichst wenigen Faktoren zur Vermeidung von Überforderungen unter den Respondenten dar. Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass eine Anzahl von zehn bis maximal 15 Merkmalen anzustreben ist.<sup>25</sup>

Die Auswahl der Faktoren erfolgt aus den, im Zuge der Verdichtung ermittelten Merkmale, mit Hilfe der Bildung von Rangfolgen der gemittelten Häufigkeiten ihrer Wichtigkeiten bzw. ihrer relativen Wichtigkeiten. Zusätzlich können auch, unabhängig von Erfassung und Verdichtung, aus vorangegangenen Untersuchungen relevante Einflussfaktoren ermittelt werden und als Basismerkmale in die gegenwärtige Erhebung einfließen.

#### 4.1.4 Festlegung maßgeblicher Merkmalsausprägungen

Im Rahmen von SP-Analysen werden die Alternativen als Bündel von Merkmalen betrachtet (vgl. Abschnitt 3.2.2), deren Ausprägungen die Grundlage zur Entscheidungsfindung bilden. Die systematische Kombination der Ausprägungen soll, in Verbindung mit der Präsentation von aktuellen und hypothetischen Situationen, die Wirkungen der relevanten Merkmale für exakt definierte Fragestellungen unter festgelegten Rahmenbedingungen aufdecken. Aus den vermuteten Zusammenhängen resultieren die Festlegung von Unter- und Obergrenzen der Ausprägungen sowie die minimal notwendige Anzahl an Ausprägungen je Merkmal.<sup>26</sup> Zur Festlegung von Unter- und Obergrenzen können, neben der definierten Fragestellung, auch Einschätzungen der Befragten selbst verwendet werden, so dass sich eine möglichst weite und realistische Spanne der Ausprägungen ergibt, die eine entsprechend differenzierte Bewertung durch die Probanden zulässt. Zu diesem Zweck können die Ausprägungen auch als relative Werte definiert werden. In Abhängigkeit des vermuteten Zusammenhangs zwischen dem Nutzen der Alternativen und den Merkmalsausprägungen ist eine Mindestanzahl an Ausprägungen zu bestimmen. Genügen bei einem erwarteten linearen Verhältnis bereits zwei Ausprägungen, so sind bei logistischen, quadratischen und stückweise linearen Zusammenhängen mindestens drei Ausprägungen nötig.

Die Fähigkeit der Probanden zur intuitiven Wahrnehmung der Ausprägungen variiert von Merkmal zu Merkmal. Die Darstellung der Ausprägungen muss bei jedem Merkmal individuell auf die im Alltag üblichen Dimensionen angepasst werden. Folgende Anforderungen werden an die Ausprägungen gestellt:<sup>27</sup>

---

<sup>25</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 25.

<sup>26</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 25 und 35.

<sup>27</sup> Vgl. KNAPP (1998), S. 242f und SCHWEIKL (1985), S. 95f.

- Die Respondenten müssen mit den Ausprägungen aus Erfahrung, sonstigen Wissen oder einer ausreichenden Erläuterung vertraut sein.
- Die Ausprägungen müssen, zumindest unter hypothetischen Bedingungen, realisierbar sein.
- Die Ausprägungen müssen überschneidungsfrei sein.
- Die Ausprägungen müssen so definiert sein, dass Wechselwirkungen mit anderen Ausprägungen ausgeschlossen sind.
- Die Ausprägungen müssen eindeutig definiert sein, so dass keine individuellen Interpretationsspielräume hinsichtlich Doppeldeutigkeiten oder Subausprägungen bleiben.

Im Rahmen von SP-Untersuchungen können die Ausprägungen unabhängig von ihrer Einheit und Skalierung direkt in absoluter oder relativer Form integriert werden.<sup>28</sup> Ein entscheidender Vorteil von SP-Erhebungen liegt in der Tatsache, dass die Ausprägungen von qualitativen Merkmalen, wie z.B. Komfort oder Service, nicht durch konkret formulierte quantitative Hilfsparameter ersetzt werden müssen, sondern direkt in der Befragung zur Anwendung kommen. Die Ausprägungen von quantitativen Faktoren, wie z.B. Kosten oder Zeit, müssen so spezifiziert werden, dass die Spannweiten zwischen den einzelnen Werten in etwa gleich groß sind, da die Wichtigkeit einer Eigenschaft aus der Differenz der Nutzenwerte und nicht aus den absoluten Werten bestimmt wird.<sup>29</sup> Die Definition von speziellen Ausprägungen zur Berücksichtigung von individuellen Einschätzungen und Eigenschaften der Probanden erfolgt über relative Ausprägungen, die vor der Erhebung für alle Respondenten gleich festgelegt wurden, sowie über eine oder mehrere Schlüsseigenschaften, die die individuellen Charakteristika berücksichtigen. Auf Grundlage der vor der Präsentation der Entscheidungssituationen erhobenen Schlüsseigenschaften werden erst im Rahmen der Befragung aus den relativen Werten absolute Ausprägungen berechnet und präsentiert. Diese Vorgehensweise kann insbesondere im Rahmen einer computergestützten Befragung realisiert werden und bietet den Befragten realistische, auf ihre persönliche Situation abgestimmte, Ausprägungen bei gleichzeitiger Sicherung der Vergleichbarkeit der einzelnen Respondenten.

---

<sup>28</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 37 und PEARMAIN, SWANSON, KROES, BRADLEY (1991), S. 44f.

<sup>29</sup> Vgl. SATTLER (1991), S. 134.

## 4.2 Antwortformen

Die Verfahren der SP bilden das reale Verhalten der Verkehrsteilnehmer mittels der Modellierung des Entscheidungsablaufs und der Präsentation von entsprechenden systematisch aufgebauten Entscheidungssituationen ab. Unter Berücksichtigung der soziodemographischen und der für die Fragestellung maßgeblichen Eigenschaften werden die Testpersonen einer homogenen Gruppe zugeordnet. Durch die ausführliche Darstellung der Rahmenbedingungen werden sie in eine identische Ausgangssituation versetzt.<sup>30</sup> Eine maßgebliche Grundlage für zufrieden stellende Ergebnisse stellt damit die vollständige Illustration der Entscheidungssituation dar, so dass sich die Probanden vor der Wahl einer Alternative in die entsprechende Situation versetzen können. Neben der Erläuterung der vollständigen Randbedingungen kommt der Darstellungsweise der betrachteten Alternativen eine entscheidende Rolle zu. Folgende grundlegende Antwortformen, die sich hinsichtlich des Skalentyps sowie der Anzahl an Varianten und Beobachtungen unterscheiden, haben sich in der Praxis etabliert:<sup>31</sup>

- Transfer Pricing,
- Stated Preference,<sup>32</sup>
- Stated Ranking,
- Stated Choice und
- Priority Evaluator.

Die Form Transfer Pricing verlangt die Angabe eines Geldbetrages, bei dem die Bereitschaft zur Nutzung oder zum Verzicht einer Alternative erreicht ist. Die monetäre intervallskalierte Fragestellung für zwei Alternativen ergibt je Frage eine Beobachtung. Bei der Antwortform Stated Preference ist die Bewertung einer Variante auf einer Intervallskala vorzunehmen. Mit Hilfe von verschiedenen Skalen, z.B. Schulnoten oder einem System von sehr akzeptabel bis nicht akzeptabel, wird jeweils eine Beobachtung erzielt. Befragte, die mit der Variante Stated Ranking konfrontiert werden, sollen einen Satz von üblicherweise fünf bis zwölf Alternativen in eine Rangfolge einordnen. Durch die oft als komplex empfundene Aufgabe werden mit einer Einordnung auf einer ordinalen Skala zwischen drei und fünf Beobachtungen erreicht. Bei der Form Stated Choice wählen die Respondenten eine Variante aus mehreren Angeboten aus. In dem ordinal skalierten Verfahren können im

<sup>30</sup> Vgl. AXHAUSEN (1995), S. 211 und AXHAUSEN, SAMMER (2001), S. 276.

<sup>31</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 12f und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 19.

<sup>32</sup> Die Bezeichnung "Stated Preference" wird sowohl für die Methode der SP als auch für diese Antwortform verwendet.

Regelfall zwischen zwei und fünf Alternativen integriert werden, die jeweils eine Beobachtung liefern. Die Methode Priority Evaluator basiert auf der Verteilung eines konstanten Budgets auf verschiedene Merkmale. Sie ist ordinal skaliert, kann üblicherweise zwei bis sechs Alternativen verarbeiten und erbringt je Situation eine Beobachtung.

## 4.3 Statistische Versuchsplanung

Im Rahmen von Methoden der SP werden die zur Auswahl stehenden Alternativen als ein Bündel der Ausprägungen aller einbezogenen Merkmale dargestellt (vgl. Abschnitt 3.2.2). Die in einer Erhebung präsentierten Situationen werden unter Verwendung der statistischen Versuchsplanung<sup>33</sup> so konstruiert, dass eine unabhängige Schätzung der Wirkungen aller Merkmale gewährleistet werden kann. Die Aufdeckung der Präferenzstrukturen zur Erklärung des Wahlverhaltens erfordert eine möglichst vollständige Analyse des Entscheidungsraums der Respondenten. Die Realisierung eines vollständigen Versuchsplans (full factorial design),<sup>34</sup> mit der Vorlage jeder möglichen Kombination der betrachteten Ausprägungen, kann jedoch bereits bei einer geringen Anzahl an Merkmalen und Ausprägungen nicht mehr durchgeführt werden. Die Vielzahl der Situationen, die sich aus der Multiplikation der Anzahl an Ausprägungen über alle Merkmale ergibt, würde nicht nur den Umfang einer Erhebung sprengen, sondern insbesondere eine Übermüdung und Überforderung der Probanden hervorrufen. Bereits bei vier Merkmalen mit jeweils zwei Ausprägungen und zwei weiteren Merkmalen mit jeweils drei Ausprägungen würden sich z.B.  $n = 2^4 * 3^2 = 144$  Kombinationen ergeben. Diesem Problem kann mit der Verwendung von reduzierten Versuchsplänen begegnet werden. Die auch als partielle Versuchspläne (fractional factorial designs)<sup>35</sup> bezeichneten Schemata stellen eine definierte Auswahl aus allen möglichen Kombinationen bei ausreichender Abdeckung des Entscheidungsraums der Befragten zur Verfügung, mit deren Hilfe eine ausreichend genaue Messung der Wirkungen aller Merkmale sichergestellt wird. Eine einfache Methode zur Erzeugung eines reduzierten Versuchsplans liegt in der Vernachlässigung von bestimmten Situationen, in denen eine Alternative klar dominiert.<sup>36</sup> In der Praxis kommt aber in der Regel zur Konstruktion eines partiellen Versuchsplans eines der folgenden drei Verfahren zur Anwendung.<sup>37</sup>

- Der **feste Versuchsplan** ist die am einfachsten umzusetzende Methode und basiert auf bereits vor der eigentlichen Erhebung verbindlich vorgegebenen Ausprägungen.

<sup>33</sup> Vgl. HICKS (1980), S. 18, RASCH, GUIARD, NÜRNBERG (1992), S. 4f, SACHS (1974), S. 429f, SCHEFFLER (1997), S. 5f, STAHEL (1995), S. 286f und TOUTENBERG (1994), S. 3.

<sup>34</sup> Vgl. LOUVIERE *et al.* (2000), S. 84f und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 29.

<sup>35</sup> Vgl. LOUVIERE *et al.* (2000), S. 89f und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 33f.

<sup>36</sup> Vgl. PEARMAIN *et al.* (1991), S. 38.

<sup>37</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 20.

Erfahrungen der Befragten, die erst während der Erhebung geäußert werden, können nicht mehr in den Versuchsplan einfließen. Besonders bei der Untersuchung von Merkmalen mit geographischen Einflüssen, wie z.B. der Reisezeit, ist ein fester Versuchsplan nicht immer für alle Respondenten realistisch. Die parallele Verwendung von mehreren festen Versuchsplänen in Abhängigkeit einer räumlichen Größe, wie z.B. dem Wohnort, kann den Realitätsbezug deutlich steigern.

- Ein **erfahrungsabhängiger fester Versuchsplan** legt vorab nur die relativen Ausprägungen verbindlich fest. Mit Hilfe von im Rahmen der Befragung ermittelten Erfahrungswerten der Testpersonen werden schließlich die absoluten Ausprägungen berechnet. Die Beschreibung einer auf die Fragestellung angepassten beispielhaften Fahrt dient häufig als Quelle der individuellen Daten und steigert den Realitätsbezug ungemein. Erfahrungsabhängige feste Versuchspläne sind gut zu realisieren, erfordern aber bei der Darstellung der berechneten Ausprägungen einen höheren Aufwand als feste Versuchspläne.
- Die Grundlage von **entscheidungsabhängigen variablen Versuchsplänen** besteht in einem Rechenalgorithmus, der nach den ersten fest definierten Situationen alle weiteren Schritte in Abhängigkeit der bisherigen Antworten bestimmt. Der Versuchsplan wird erst während der Befragung mit Hilfe von Nutzenwerten fortgeschrieben, so dass dem Probanden möglichst ähnliche Alternativen präsentiert werden. Zur Anwendung ist ein entsprechender Algorithmus, wie er in ähnlicher Form auch im Rahmen der in Kapitel 3.3.3 beschriebenen ACA zur Anwendung kommt, erforderlich, so dass eine Erhebung zwingend computerorientiert durchgeführt werden muss. Der entscheidungsabhängige variable Versuchsplan vermeidet unnötige Fragen, da die Testpersonen ihre Präferenzen immer genauer angeben müssen, ist aber durch den großen, insbesondere technischen Aufwand, schwieriger zu realisieren als die beiden anderen Typen von Versuchsplänen.

Partielle Versuchspläne reduzieren mit Hilfe statistischer Verfahren die Anzahl der Situationen auf das notwendige Mindestmaß, um eine ausreichend genaue Schätzung der Einflüsse aller Merkmale zu garantieren. Im Anschluss an die Erhebung werden im Rahmen einer Parameterschätzung die eigentlichen Effekte der Merkmale (Haupteffekte) sowie bei Bedarf auch die Wirkungen bestimmt, die bei dem gleichzeitigen Auftreten von mindestens zwei Faktoren sichtbar werden (Wechselwirkungen).<sup>38</sup> In Abbildung 4.2 sind beispielhaft die Haupteffekte eines Merkmals und die Wechselwirkungen zwischen zwei Faktoren aufgezeigt.

---

<sup>38</sup> Vgl. HICKS (1980), S. 145f, LOUVIERE *et al.* (2000), S. 86f, SCHEFFLER (1997), S. 66 und TOUTENBERG (1994), S. 173.



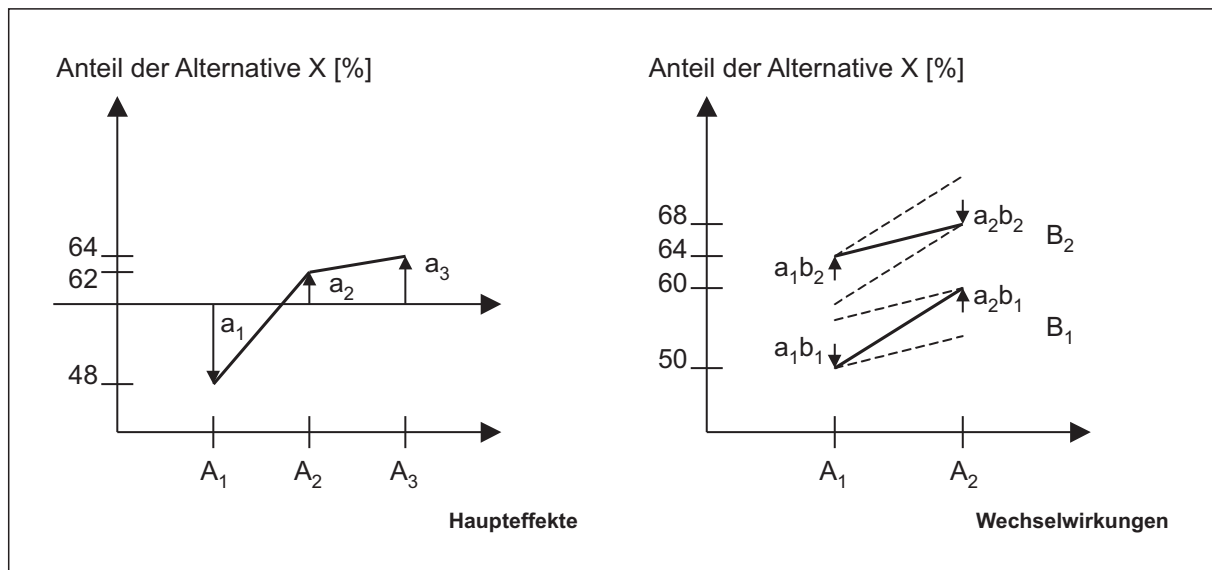


Abbildung 4.2: Haupteffekte und Wechselwirkungen von Merkmalen<sup>39</sup>

Im linken Teil der Graphik sind die Haupteffekte  $a_1$ ,  $a_2$  und  $a_3$  für ein Merkmal mit den drei Ausprägungen  $A_1$ ,  $A_2$  und  $A_3$  abgebildet. In diesem Beispiel wird die Alternative  $X$  zu 48% gewählt, wenn das betrachtete Merkmal die Ausprägung  $A_1$  annimmt. Bei den Ausprägungen  $A_2$  bzw.  $A_3$  kann die Alternative  $X$  Anteile von 62% bzw. 64% erreichen. Die Effekte sind in Bezug einer virtuellen Nullachse so dargestellt, dass ihre Summe den Wert null ergibt. Daraus wird ersichtlich, dass nur zwei der drei Haupteffekte (z.B.  $a_2$  und  $a_3$ ) unabhängig voneinander gemessen werden können und der dritte Effekt ( $a_1$ ) in Abhängigkeit der ersten beiden berechnet werden kann ( $a_1 = -a_2 - a_3$ ).<sup>40</sup> Haupteffekte beschreiben demnach nicht direkt die Wirkung der  $n$  Ausprägungen eines Merkmals, sondern mit  $n - 1$  unabhängigen Koeffizienten die Änderung des Einflusses eines Faktors beim Wechsel zwischen den einzelnen Ausprägungen.

Im zweiten Teil der Abbildung 4.2 sind die zwei Merkmale  $A$  und  $B$  mit jeweils zwei Ausprägungen ( $A_1$  und  $A_2$  sowie  $B_1$  und  $B_2$ ) dargestellt. Die Alternative  $X$  wird unter der konstanten Ausprägung  $B_1$  zu 50% beim Auftreten der Ausprägung  $A_1$  und zu 60% bei  $A_2$  gewählt, was einer Steigerung von 10%-Punkten entspricht. Im Vergleich dazu kann die betrachtete Alternative durch die Veränderung der Ausprägung  $A_1$  zu  $A_2$ , bei der konstanten Ausprägung  $B_2$ , nur eine Steigerung von 4%-Punkten erreichen (68% – 64%). Folglich sind die Wahlanteile der Alternative  $X$  unter Berücksichtigung der Ausprägungen des Faktors  $A$  nicht unabhängig vom Vorhandensein der Ausprägungen des Merkmals  $B$ . Dieser als Wechselwirkung zwischen den Merkmalen bezeichnete Effekt kann graphisch durch eine Parallelverschiebung der Haupteffekte veranschaulicht werden und wird mathe-

<sup>39</sup> Quelle: In Anlehnung an SCHEFFLER (1997), S. 69.

<sup>40</sup> Vgl. SCHEFFLER (1997), S. 69 und TRAIN (1986), S. 28.

matisch als halbe Differenz zwischen ihnen definiert. Prinzipiell können bei zwei Faktoren mit jeweils zwei Ausprägungen die vier Wechselwirkungen  $a_1b_1, a_2b_1, a_1b_2$  und  $a_2b_2$  identifiziert werden, von denen aber nur eine unabhängig ist (z.B.  $a_2b_2$ ) und die anderen mit Hilfe der Gleichungen  $a_1b_1 = a_2b_2$  und  $a_2b_1 = a_1b_2 = -a_2b_2$  bestimmt werden können.<sup>41</sup>

In Abhängigkeit der Anzahl von  $k$  Merkmalen existieren Wechselwirkungen erster Ordnung, bei der Kombination der Ausprägungen zweier Merkmale, zweiter Ordnung bei drei Ausprägungen etc. bis zu  $(k-1)$ -ter Ordnung bei  $k$  kombinierten Ausprägungen. Die Haupteffekte haben im Vergleich zu den Wechselwirkungen eine deutlich höhere Erklärungskraft für die modelltechnisch abgebildeten Zusammenhänge. Der Anteil der Haupteffekte an der erklärenden Varianz einer SP-Untersuchung liegt zwischen 70% und 90%. Der Anteil der Wechselwirkungen erster Ordnung zur Erklärung beträgt 3% bis 15%, der von Wechselwirkungen zweiter Ordnung in der Regel zwischen 0,5% und 1%.<sup>42</sup> Wechselwirkungen höherer Ordnung tragen den sehr geringen verbleibenden Anteil bei. Die Anzahl aller vorhandenen Haupteffekte und Wechselwirkungen einschließlich des Mittelwertes aller Parameter entspricht der Anzahl an möglichen Kombinationen eines vollständigen Versuchsplans.<sup>43</sup> Dementsprechend ist die unabhängige Schätzung aller Parameter bei der Verwendung eines reduzierten Versuchsplans nicht möglich. Partielle Versuchspläne nutzen die Verteilung der erklärenden Varianz und vermengen die Haupteffekte und Wechselwirkungen erster Ordnung mit Wechselwirkungen höherer Ordnung. Unter der Annahme, die Effekte der Wechselwirkungen höherer Ordnung seien gleich Null, erreichen sie damit eine unabhängige Messung der entscheidenden Parameter.

Mit Anwendung der statistischen Versuchsplanung kann eine Reduzierung der Kombinationen um etwa 80% bis 95% erreicht werden. Für viele Anwendungsfälle sind die Versuchspläne in Katalogen verfügbar.<sup>44</sup> Wenn die Zahl der reduzierten Situationen aufgrund einer zu befürchtenden Überforderung dennoch zu groß ist, um sie jedem Probanden vorzulegen, so kann mit Hilfe einer zufälligen Blockbildung<sup>45</sup> eine angemessene Anzahl von Entscheidungssituationen je Respondent geschaffen werden. Um auch mit der Aufteilung der Situationen des reduzierten Versuchsplans auf mehrere Probanden im Rahmen der Schätzung die statistische Genauigkeit der Einflüsse aller Merkmale zu sichern, sind je Block an Entscheidungssituationen 15 Respondenten erstrebenswert und mindestens zehn erforderlich.<sup>46</sup>

<sup>41</sup> Vgl. PEARMAIN *et al.* (1991), S. 34 und SCHEFFLER (1997), S. 69.

<sup>42</sup> Vgl. LOUVIERE *et al.* (2000), S. 94 und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 37.

<sup>43</sup> Vgl. LOUVIERE *et al.* (2000), S. 94, PEARMAIN *et al.* (1991), S. 37 und SCHEFFLER (1997), S. 66.

<sup>44</sup> Vgl. ADELMAN (1962a), ADELMAN (1962b) und MCLEAN, ANDERSON (1984).

<sup>45</sup> Vgl. BOX, HUNTER, HUNTER (1978), S. 208f und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 39.

<sup>46</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 27.

## 4.4 Befragungsformen

Die empirische Sozialforschung stellt eine Reihe von Befragungsformen zur Verfügung,<sup>47</sup> die prinzipiell alle Anwendung in den Methoden der SP finden können.<sup>48</sup> Schriftliche Erhebungen auf Papier können nur mit einem festen Versuchsplan durchgeführt werden. Die Verwendung von Filtern und Gabelungen zur Berücksichtigung von verschiedenen Varianten der Befragung lässt sich nur sehr schwierig mit einem auf den ersten Blick sehr lang erscheinenden Fragebogen realisieren, der auf die Probanden abschreckend wirkt und während der Durchführung zu mühsamem Blättern führt. Die Verwendung von Computern erhöht die Flexibilität bei der Durchführung von SP-Erhebungen. Die Verwendung von erfahrungsabhängigen festen und entscheidungsabhängigen variablen Versuchsplänen sowie die spezielle Anpassung der Erhebung auf mehrere verhaltenshomogene Gruppen sind möglich. Für die Respondenten kann sich eine rechnergestützte Befragung bei entsprechender Realisierung als ansprechend, einfach und kurzweilig darstellen. In Abhängigkeit der Befragungsgruppe kann eine computerorientierte Erhebung aber auch abschreckend wirken oder aufgrund der fehlenden Verfügbarkeit von Rechnern überhaupt nicht durchführbar sein. Für telefonische Befragungen kommt grundsätzlich jede Art des Versuchsplans in Frage. Die direkte Kommunikation zwischen Interviewer und Proband kann einerseits fördernd wirken, da Fragen und Unklarheiten direkt beantwortet werden können. Andererseits kann sich durch das Verhalten verschiedener Interviewer auch eine unerwünschte Abhängigkeit zwischen dem Befrager und den Ergebnissen einstellen. Mündliche Befragungen bieten sich für Erhebungen vor Ort, z.B. in öffentlichen Verkehrsmitteln, an, können aber auch am Arbeitsplatz oder zu Hause durchgeführt werden. Durch die Situation zwischen Interviewer und Testperson lassen sich ähnliche Vorteile und Probleme wie beim Telefoninterview ausmachen. Der Einsatz von Rechnern erweitert die Möglichkeiten der mündlichen Erhebung und lässt auch die Verwendung komplexer Fragebögen und Versuchspläne zu. Da der Computer nicht von den Befragten selbst zu bedienen ist, kann eine abschreckende Wirkung nicht festgestellt werden. Der Aufwand von mündlichen Befragungen, insbesondere durch die einzusetzenden Interviewer, ist jedoch sehr groß.<sup>49</sup>

## 4.5 Daten der Revealed Preferences

Die Schwächen von verhaltensorientierten Verkehrsmodellen in Form von RP haben zur Entwicklung und zum Einsatz von Methoden der SP geführt. Besonders die kaum mögliche

---

<sup>47</sup> Vgl. DIEKMANN (1998), S. 17f, HOEPNER (1994), S. 7f und KUSS (1995), S. 191f.

<sup>48</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 21 und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 52f.

<sup>49</sup> Vgl. DIEKMANN (1998), S. 439.

Untersuchung von noch nicht im Markt befindlichen Angeboten und die nur unter Umwegen durchführbare Einbeziehung von qualitativen Einflussfaktoren machen die Probleme der RP deutlich. SP-Analysen hingegen können alle quantitativ sowie qualitativ bedeutenden Merkmale erfassen und erlauben eine unabhängige Schätzung der zugehörigen Parameter. Die Bewertung der oft noch nicht real existierenden Alternativen in hypothetischen Konstellationen erfordert aber von den Probanden eine hohe Vorstellungskraft und Abstraktionsfähigkeit. Um dennoch valide Ergebnissen zu erhalten, stellt die Einbeziehung von Daten der RP eine geeignete und unumgängliche Möglichkeit dar.<sup>50</sup> Die Durchführung einer Befragung in Form von SP im Anschluss an die Erhebung des tatsächlichen Verhaltens erleichtert den Befragten die Vorstellung der nachfolgenden hypothetischen Situationen und ermöglicht eine Schätzung der Parameter aus den Datensätzen von RP und SP.

Die Einbeziehung der RP-Daten kann grundsätzlich direkt innerhalb der Parameterschätzung oder aber im Rahmen der Eichung des Modells unabhängig von den Methoden der SP erfolgen. Die gemeinsame Schätzung der Parameter auf Basis von Daten der RP und SP kann mit Hilfe des in Abschnitt 3.1.4 beschriebenen Nested-Logit-Modells vorgenommen werden. Die unterschiedliche Verteilung der Störterme beider Datensätze und die in dem Modell verwendeten Skalierungsparameter  $\mu$  zur Abbildung der Unterschiede, lassen das Nested-Logit-Modell geeignet erscheinen.<sup>51</sup> Die zweite Möglichkeit zur Integration von Daten der RP liegt in der Eichung der Ergebnisse einer SP-Erhebung im Rahmen einer Gesamtuntersuchung anhand der zusätzlich erhobenen realen Alternativenwahl für die derzeitige Situation.

## 4.6 Zusammenfassende Darstellung der Methoden der Stated Preferences

In dem vorliegenden Kapitel wurden die Methoden der SP hinsichtlich ihrer elementaren Dimensionen und den damit verbundenen unterschiedlichen Gestaltungsmöglichkeiten einer individuellen SP-Analyse vorgestellt. Auf die explizite Auswahl einzelner Bestandteile wurde dabei bewusst nicht eingegangen, da dieser Schritt erst im weiteren Verlauf infolge der Spezifikation einer Untersuchung erfolgen kann.

Unter dem Punkt der Identifikation relevanter Parameter werden, in Abhängigkeit der einzelnen Aufgabenstellung, sowohl die bedeutenden Alternativen als auch die wichtigen Merkmale mit ihren Ausprägungen ermittelt. Neben der vergleichsweise einfachen

---

<sup>50</sup> Vgl. PEARMAIN *et al.* (1991), S. 80f und JONES, SWANSON (1998), S. 10.

<sup>51</sup> Vgl. BEN-AKIBA, MORIKAWA (1987) und VRTIC, AXHAUSEN (2002), S. 7.

Festlegung der Alternativen kommt der präzisen und gewissenhaften Bestimmung der Attribute und ihrer Ausprägungen eine entscheidende Bedeutung zu. Im Anschluss an die Zusammenstellung eines möglichst vollständigen Satzes an potenziellen Faktoren werden die gefundenen Merkmale mit Hilfe unterschiedlicher Verfahren, zu denen z.B. direkte Befragungstechniken zählen, zu zentralen Beurteilungsdimensionen verdichtet. Schließlich werden die für die Untersuchung relevanten Merkmale anhand ihrer Wichtigkeiten ausgewählt. Anschließend müssen individuell, entsprechend der Charakteristika der einzelnen Attribute, die Anzahl und Werte der Ausprägungen definiert werden.

Als weitere Elemente der Verfahren der SP sind eine geeignete Antwortform, die sich anhand des gewünschten Skalentyps sowie der Anzahl an Alternativen und Beobachtungen unterscheiden, ein passender statistischer Versuchsplan sowie eine adäquate Befragungsform festzulegen. Unter Verwendung eines festen, eines erfahrungsabhängigen festen oder eines entscheidungsabhängigen variablen Versuchsplans kann die, eine Überforderung der Probanden auslösende hohe Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten der ausgewählten Merkmale und ihrer Ausprägungen in geeigneter Weise reduziert werden. Zusätzlich besteht, mit Hilfe einer zufälligen Blockbildung, die Möglichkeit einer weiteren Reduktion der den Respondenten vorzulegenden Entscheidungssituationen. Die Wahl der Befragungsform zwischen einer schriftlichen, telefonischen oder mündlichen Erhebung orientiert sich neben der angestrebten räumlichen Umgebung im Zuge der Durchführung an dem definierten Versuchsplan und dem optionalen Einsatz von Computern. Als abschließender Bestandteil einer Analyse in Form von SP wird der Einsatz von Daten der RP im Rahmen der Validierung bestimmt.



# Kapitel 5

## Spezifikation der Untersuchung

Die in dem Kapitel 4 vorgestellten Methoden der SP werden in der Verkehrsplanung im Rahmen von Untersuchungen eingesetzt, in denen mit Verfahren auf alleiniger Basis von RP keine akzeptablen Ergebnisse erreicht werden können. Insbesondere im Bereich der Modal-Split-Modelle können SP-Untersuchungen aufgrund einer Vielzahl neuer Maßnahmen und Angebote, deren Wirkungen zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl analysiert werden soll, zum Einsatz kommen. Im Rahmen dieser Arbeit werden die Verfahren der SP angewendet, um für einen innovativen Mobilitätsdienst im Berufsverkehr die Auswirkungen auf die Wahl der Verkehrsmittel abschätzen zu können. Grundlagen der Analysen in Form von SP bilden die innerhalb von empirischen Erhebungen geäußerten Präferenzen der Verkehrsteilnehmer. Die Präsentation der Alternativen in realen und hypothetischen Situationen anhand detaillierter Rahmenbedingungen erlaubt die Erfassung von Einstellungen und Reaktionen zu sowohl aktuellen als auch zu noch nicht auf dem Markt befindlichen Varianten der Dienstleistung "M21 FahrPLUS". Die Untersuchung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer und die Messung der Einflüsse aller entscheidenden Faktoren, besonders in den hypothetischen Konstellationen, wird bei Erhebungen in Form von SP durch den systematischen Aufbau von vorab festzulegenden Entscheidungssituationen erreicht.

Die Konstruktion der planmäßigen Auswahl-situationen im Rahmen einer SP-Erhebung erfordert demnach die Definition der den Probanden zur Auswahl stehenden Alternativen, der für diese Untersuchung bedeutenden Einflussfaktoren und Ausprägungen sowie der gesamten Randbedingungen bereits vor der Auswahl und der methodischen Konzeption der eigentlichen Erhebung. Da im Zuge der Befragung keine weiteren Änderungen oder Anpassungen mehr vorgenommen werden können, ist der Erfolg einer Untersuchung in Form von SP von einer exakten Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes vor der Durchführung der Befragung abhängig. Um eine geeignete Auswahl der Methoden, Modelle und Vorgehensweisen bestimmen zu können, wird in diesem Kapitel die detaillierte

Definition des Untersuchungsgegenstandes anhand der folgenden sechs Schritte vorgenommen:

- Mit Hilfe der Beschreibung der **Fragestellung** werden die Ziele der vorliegenden Untersuchung detailliert definiert.
- Die Festlegung der **Zielgruppen** erfolgt in erster Linie in Abhängigkeit der Fragestellung und wird zusätzlich von zeitlichen und räumlichen Zwängen bestimmt.
- Die Formulierung der **Szenarien** resultiert aus den Eigenschaften der zu untersuchenden Personen sowie der eindeutigen und exakten Beschreibung des zu analysierenden Problems.
- Die Auswahl des **Untersuchungsraums** wird anhand vorhandener Strukturen und Modelle auf Basis der Eigenschaften der Zielgruppe vorgenommen.
- Die Definition des **Anwendungsumfelds** umfasst die Beschreibung aller weiteren für die Analyse erforderlichen Rahmenbedingungen der Untersuchung.
- Die Entwicklung des **Untersuchungsdesigns** legt anhand der vorangegangenen Punkte der Spezifikation die methodische Vorgehensweise der Analysen fest.

## 5.1 Die Fragestellung

Die zentrale Dienstleistung im Rahmen des in Abschnitt 2.7 beschriebenen öffentlich-privaten Gemeinschaftsprojekts “M21 - neue Mobilitätsdienstleistungen für das 21. Jahrhundert” stellt der flexible Mitfahrservice “M21 FahrPLUS” dar. Mit Hilfe dieser Untersuchung sollen die Wirkungen der an den Bedürfnissen von Mitarbeitern in Gleitzeitmodellen orientierten, automatisierten Vermittlung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr analysiert werden. Neben der Untersuchung der Änderungen der Verkehrsmittelwahl werden das Verhalten der Verkehrsteilnehmer erklärt und die Akzeptanz der angebotenen Dienstleistung in unterschiedlichen Situationen ermittelt. Über die Identifizierung von Optimierungspotenzialen für “M21 FahrPLUS” hinaus sollen auch Lösungsansätze für die Bewertung anderer Mobilitätsdienste im Rahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements ermittelt werden. Im Mittelpunkt der Untersuchung stehen folgende Ziele und Fragestellungen:

- Analyse der Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer infolge der betrieblichen Förderung von Fahrgemeinschaften am Beispiel des dynamischen Mitfahrdienstes “M21 FahrPLUS”:



- Bestimmung der Akzeptanz der unterschiedlichen Elemente des Leistungsspektrums von “M21 FahrPLUS”.
  - Ermittlung der Wirkungen einer flexiblen Organisation von Fahrgemeinschaften im Vergleich zu traditionellen starren Vermittlungssystemen.
  - Identifizierung einer optimalen Ausgestaltung der Dienstleistung “M21 FahrPLUS”.
- Modellierung des Verkehrsmittelwahlprozesses unter Berücksichtigung der innovativen Mobilitätsdienstleistung “M21 FahrPLUS” am Beispiel der Mitarbeiter des MTC in Sindelfingen:
    - Abbildung der Verkehrsmittelwahl mit der Implementierung von “M21 FahrPLUS” zum Zeitpunkt der Erhebung.
    - Ableitung der Verkehrsmittelwahl für den Zeitpunkt vor der Einführung von “M21 FahrPLUS”.
    - Prognose der Verkehrsmittelwahl für differenzierte Ausbaustufen von “M21 FahrPLUS”.
  - Entwicklung einer geeigneten methodischen Vorgehensweise auf Basis der Verfahren der SP:
    - Konzeption einer Methode zur Abbildung von “M21 FahrPLUS” am Standort des MTC.
    - Gewährleistung der Anwendung des Verfahrens auf andere räumliche Strukturen durch entsprechende Anpassungen im Untersuchungsdesign.
    - Sicherstellung der Übertragbarkeit der grundsätzlichen Vorgehensweise auf andere Mobilitätsdienstleistungen.

## 5.2 Die Zielgruppen

Der zweite entscheidende Punkt im Zuge der Definition des Untersuchungsgegenstandes besteht in der Festlegung von Zielgruppen bzw. Marktsegmenten. “M21 FahrPLUS” wurde für den Ballungsraum Stuttgart konzipiert und im Rahmen eines Pilotversuches am Standort Sindelfingen für die ca. 6000 Mitarbeiter des 1999 neu eröffneten MTC erprobt.<sup>1</sup> Die Nutzung der Dienstleistung wurde allen Mitarbeitern des MTC über das unternehmensinterne Intranet zugänglich gemacht. Die Auswirkungen von “M21 FahrPLUS” auf

---

<sup>1</sup> Vgl. HOLZWARTH *et al.* (2000), S. 553.

das veränderte Verhalten aller Mitarbeiter werden somit im Hinblick auf die vollständige Verkehrsmittelwahl im MTC für den Verkehrszweck Berufsverkehr<sup>2</sup> untersucht.

Die Grundgesamtheit der ca. 6000 Verkehrsteilnehmer kann aufgrund eines einzelnen Arbeitgebers mit identischen Bestimmungen und Regeln für alle Angestellten als homogen angesehen werden. Unterschiede der Mitarbeiter sind aber durch verschiedene Arbeitszeitmodelle, der Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln und soziodemographischen Kennwerten gegeben.<sup>3</sup> Eine detaillierte Aufteilung der Grundgesamtheit führt einerseits zu einer hohen Anzahl an sehr gleichartigen Untersuchungsgruppen und andererseits zu einem deutlich höheren Aufwand der Analysen. Um der Forderung nach möglichst homogenen Gruppen nachzukommen, aber gleichzeitig den Untersuchungsaufwand in Grenzen zu halten, werden die beiden Faktoren Arbeitszeit und Pkw-Verfügbarkeit als Schlüsselmerkmale identifiziert, so dass sich die folgenden vier Untersuchungsgruppen herausbilden:

- **Gruppe I:** Mitarbeiter mit Pkw-Verfügbarkeit und Gleitzeitmodell.
- **Gruppe II:** Mitarbeiter ohne Pkw-Verfügbarkeit und festen Arbeitszeiten.
- **Gruppe III:** Mitarbeiter mit Pkw-Verfügbarkeit und festen Arbeitszeiten.
- **Gruppe IV:** Mitarbeiter ohne Pkw-Verfügbarkeit und Gleitzeitmodell.

Die Einteilung der Respondenten in eine der vier definierten Gruppen erfordert eine entsprechende Abfrage von Arbeitszeit und Pkw-Verfügbarkeit zu Beginn der Erhebung. Neben diesen Schlüsselkriterien werden innerhalb der Untersuchung weitere relevante Merkmale berücksichtigt und separat zu den Auswahl-situationen des SP-Experiments erhoben. Die Wohnorte der Mitarbeiter anhand von Postleitzahlen (Plz), der Besitz von ÖV-Zeitfahrkarten und bedeutende soziodemographische Kennwerte dienen im Rahmen der Auswertungen zur Unterscheidung der Verhaltensweisen der Teilnehmer.

### 5.3 Die Szenarien

In der vorliegenden Arbeit werden das Verkehrsmittelwahlverhalten von Mitarbeitern der DaimlerChrysler AG im Berufsverkehr analysiert und die entsprechenden Entscheidungsgründe der Verkehrsteilnehmer für die Verkehrsmittelwahl aufgedeckt. Auf Grundlage der ca. 6000 Mitarbeiter des MTC in Sindelfingen und ihrer Klassifizierung in vier Gruppen (vgl. Abschnitt 5.2) wird der Prozess der Verkehrsmittelwahl im Hinblick auf die

---

<sup>2</sup> In dieser Untersuchung wird der Auszubildendenverkehr nicht betrachtet, da die Anzahl der Auszubildenden im MTC vernachlässigt werden kann.

<sup>3</sup> Vgl. VERBAND REGION STUTTGART (2001), S. 53.

Einführung des dynamischen Mitfahrdienstes “M21 FahrPLUS” modelliert. Die zentralen, bereits im Rahmen der Fragestellung in Kapitel 5.1 dargestellten Untersuchungsziele, werden mit Hilfe der Abbildung eines Nullfalls und neun Szenarien (S1 bis S9) analysiert.

Um das Modell anhand der realen Verkehrsmittelwahl zu eichen, wird der Ausbauzustand von “M21 FahrPLUS” zum Zeitpunkt der empirischen Untersuchung im März und April 2002 als Nullfall definiert. Der zu diesem Zeitpunkt als Online-Dienst angebotene flexible Mitfahrerservice “M21 FahrPLUS” wird durch folgende Merkmale charakterisiert:<sup>4</sup>

- Information sowie Buchung und Stornierung von Einzel- und Daueraufträgen für Fahrtangebote, Mitfahrwünsche und optionale Angebote erfolgen über eine Hotline oder die “M21-Homepage” im Intranet und Internet.
- Spezielle Treffpunkte, im Regelfall von den Wohnorten der Teilnehmer zu Fuß zu erreichen, sind eingerichtet und auf der “M21-Homepage” beschrieben.
- Die Buchung eines Fahrtangebotes kann mit optionaler Angabe der freien Sitzplätze erfolgen.
- Die Buchung eines Mitfahrwunsches kann mit optionaler Angabe eines Wunschfahrers erfolgen.
- Die Buchung eines Fahrtangebotes oder eines Mitfahrwunsches muss spätestens eine Stunde vor der gewünschten Abfahrtszeit erfolgen.
- Die Bestätigung einer erfolgreichen oder auch erfolglosen Vermittlung erfolgt über Email, SMS, Telefon, Fax oder Pager.
- Die Organisation von Notfallfahrten für nicht vermittelte Mitfahrer wird wahlweise mit kostenlosen ÖPNV-Fahrkarten oder Fahrzeugen des internen Fuhrparks, mit einer Eigenbeteiligung der Teilnehmer entsprechend des geldwerten Vorteils, durchgeführt.
- Die Fahrten werden mit den Privatfahrzeugen der Teilnehmer durchgeführt.
- Die Fahrzeit des Fahrers einer Fahrgemeinschaft ist auf maximal 120% der Fahrzeit seiner direkten Fahrt begrenzt.
- Für die Kostenbeteiligung der Mitfahrer wird eine Empfehlung von 0,065 Euro je Kilometer gegeben. Die Abrechnung erfolgt direkt je einzelner Fahrt zwischen Fahrern und Mitfahrern.

---

<sup>4</sup> Vgl. MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG, DAIMLERCHRYSLER AG (2002), S. 14.

- Am Werk existieren keine speziellen Parkplätze für Fahrgemeinschaften.<sup>5</sup>

Zur Berechnung der Änderungen der Verkehrsmittelwahl und der Wirkungen von “M21 FahrPLUS” im Nullfall wird im Vergleich die Situationen vor der Einführung des Dienstes in einem Szenario entwickelt:

- **S1 - Persönliche Absprache:** Fahrgemeinschaften können vor der Einführung von “M21 FahrPLUS” nur durch persönliche Absprache der Mitarbeiter zustande kommen.

Weitere fünf Szenarien sollen die Prognose von einzelnen Maßnahmen zur Unterstützung von Fahrgemeinschaften im Rahmen eines betrieblichen Mobilitätsmanagements ermöglichen:

- **S2 - Abholung der Mitfahrer** durch die Fahrer unmittelbar von zu Hause.
- **S3 - Reservierte Parkplätze** für Fahrgemeinschaften in unmittelbarer Nähe der Werkstore.
- **S4 - Steigerung des Vertrauens** der Teilnehmer durch Einführung von Teilnehmergruppen, so dass sich z.B. ganze Abteilungen gemeinsam anmelden können. Durchführung der Fahrten nur unter der Voraussetzung, dass die Teilnehmer einer Gruppe entstammen.
- **S5 - Fahrzeuge vom Arbeitgeber**, die exklusiv für die Nutzung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr zur Verfügung gestellt werden. Unabhängig von der Funktion der Fahrgemeinschaftsteilnehmer als Fahrer oder Mitfahrer sind Teilnahmegebühren an das Unternehmen für den Gebrauch der Fahrzeuge zu zahlen.
- **S6 - Optimierung der Fahrzeit** von Fahrgemeinschaften, z.B. durch besondere Fahrspuren, um den Zeitverlust bei der Abholung der Mitfahrer auszugleichen.

Einzelmaßnahmen reichen aber nicht aus, um die optimale Ausgestaltung des Mobilitätsdienstes “M21 FahrPLUS” zu ermitteln. In den abschließenden drei Szenarien werden Situationen entsprechend der in die Untersuchung einzubeziehenden Merkmale so konstruiert, dass eine optimierte Nutzung für Mitfahrer, für Fahrer und für alle Teilnehmer entsteht:

---

<sup>5</sup> Auch vor der Einführung von “M21 FahrPLUS” existierten keine ausschließlich für Fahrgemeinschaften reservierten Parkplätze.

- **S7 - “M21 FahrPLUS” für Mitfahrer**, orientiert an den Ansprüchen der Mitfahrer von betrieblichen Fahrgemeinschaften.
- **S8 - “M21 FahrPLUS” für Fahrer**, basierend auf den Bedürfnissen der Fahrer von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr.
- **S9 - “M21 FahrPLUS” für Mitfahrer und Fahrer**, angepasst sowohl für Mitfahrer als auch für Fahrer, um eine optimierte Nutzung der Fahrgemeinschaften zu gewährleisten.

## 5.4 Der Untersuchungsraum

Die Definition des Untersuchungsgebietes zur Analyse des Verhaltens der Mitarbeiter der DaimlerChrysler AG in Bezug auf die Verkehrsmittelwahl für die tägliche Fahrt in das MTC in Sindelfingen erfordert die Berücksichtigung der Wohnorte aller Mitarbeiter und ihrer Gliederung in geographische Bereiche. Im Zuge der geeigneten Einteilung der räumlichen Strukturen werden Verkehrszellen zur Abgrenzung und Aufteilung des Untersuchungsraums und die Wohnortverteilung<sup>6</sup> aller Mitarbeiter herangezogen. Als Basis zur Einteilung der Wohnorte der MTC-Mitarbeiter werden die 121 Mittelbereiche in Baden-Württemberg verwendet. Die räumliche Gliederung der Mittelbereiche beruht auf verkehrstechnischen Beziehungen und Strukturen und ist von ihrem Detaillierungsgrad zwischen den Kreis- und Gemeindeebenen angesiedelt. Die Mittelbereiche wurden bereits als Grundlage der verkehrstechnischen Untersuchungen zur Erstellung des Generalverkehrsplans Baden-Württemberg (GVP) 1995 verwendet.<sup>7</sup> In Abbildung 5.1 ist die Wohnortverteilung der Mitarbeiter des MTC auf Grundlage der Mittelbereiche in Baden-Württemberg in Promille dargestellt.

Für die Analysen des Regionalverkehrsplans (RVP)<sup>8</sup> für die Region Stuttgart aus dem Jahr 2001 kamen neben Verkehrszellen erster Ordnung, die den Mittelbereichen entsprechen, feinere Einteilungen in Verkehrszellen zweiter, dritter und vierter Ordnung zur Anwendung. In Abbildung 5.1 ist der Planungsraum des RVP, der sich aus der Region Stuttgart zusammensetzt,<sup>9</sup> dunkelgrau und der Umgebungsraum des RVP hellgrau eingefärbt. Es zeigt sich, dass in der Region Stuttgart 89,1% und in dem Gebiet aus Planungs- und Umgebungsraum 97,4% der Mitarbeiter aus dem MTC leben. Die Wohnorte der übrigen

<sup>6</sup> Die räumliche Aufteilung der Wohnorte wurde zum Stichtag des 01.01.2002 auf Basis von Daten der Personalabteilung des MTC durchgeführt.

<sup>7</sup> Vgl. IVT, IWW (1995), S. 53.

<sup>8</sup> Vgl. VERBAND REGION STUTTGART (2001), S. 21f.

<sup>9</sup> Die Region Stuttgart besteht aus der Stadt Stuttgart sowie den umliegenden Landkreisen Böblingen, Esslingen, Ludwigsburg, Göppingen und dem Rems-Murr-Kreis.

Mitarbeiter verteilen sich zu 2,2% auf die verbleibenden Gebiete in Baden-Württemberg und zu 0,4% auf das restliche Bundesgebiet.

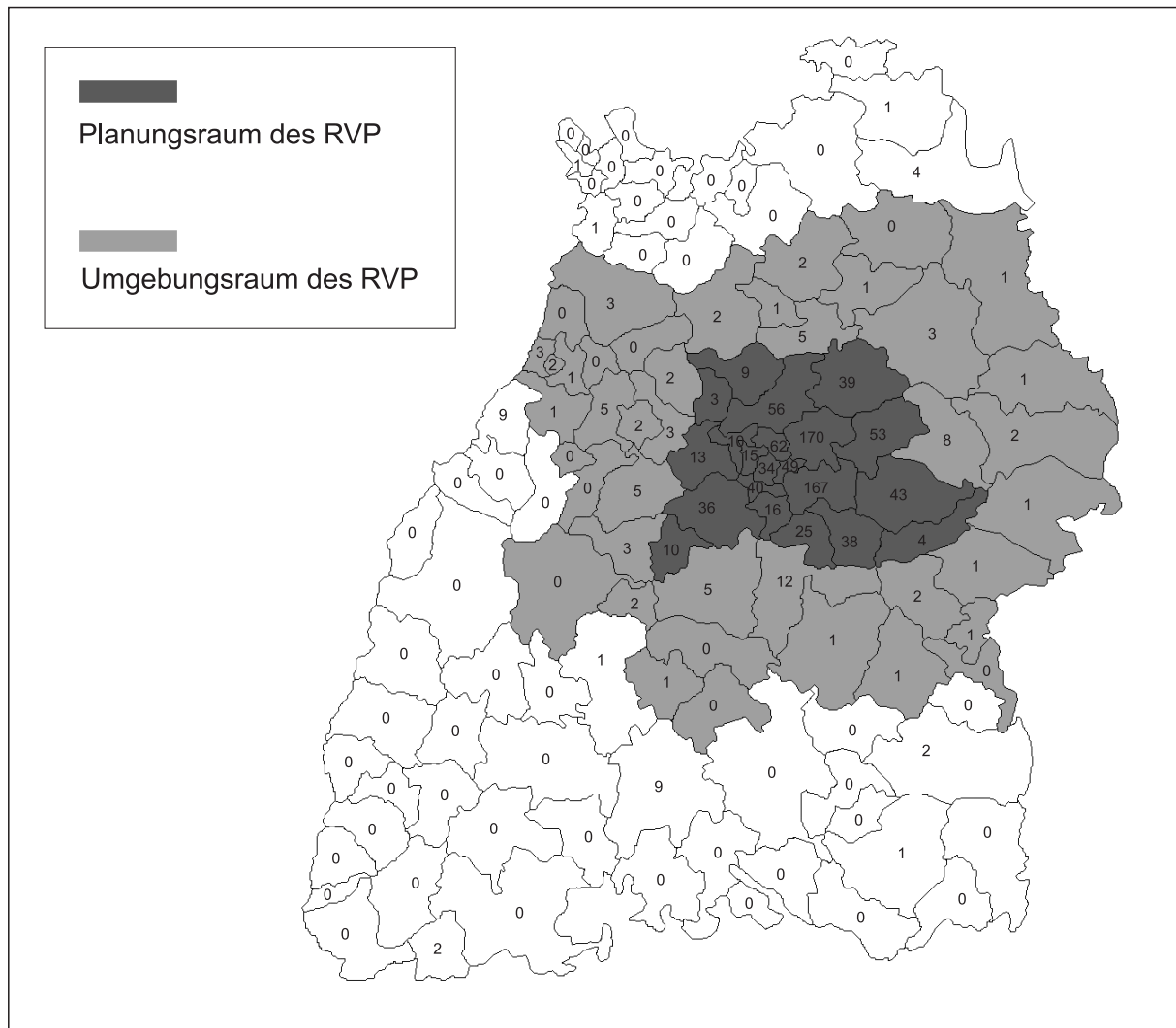


Abbildung 5.1: Verteilung der Wohnorte der Mitarbeiter des MTC in Sindelfingen auf Basis von Mittelbereichen in Promille<sup>10</sup>

Für die vorliegende Untersuchung werden die räumlichen Strukturen und Daten des Regionalverkehrsplans für den Planungs- und Umgebungsraum des RVP aus dem Jahr 1995 auf Grundlage der Verkehrszellen dritter Ordnung verwendet. Außerhalb dieser Gebiete kommen für Baden-Württemberg die Mittelbereiche und für das übrige Gebiet der Bundesrepublik kreisübergreifende Einteilungen zur Anwendung. Insgesamt ergeben sich 855 Verkehrszellen, die sich folgendermaßen auf die räumliche Gliederung des Untersuchungsgebietes verteilen:

- 624 Verkehrszellen im Planungsraum des RVP,

<sup>10</sup> Quelle: Eigene Darstellung, auf Grundlage des GVP, vgl. IVT, IWW (1995), S. 53.

- 136 Verkehrszellen im Umgebungsraum des RVP,
- 59 Verkehrszellen in Baden-Württemberg, außerhalb vom Planungs- und Umgebungsraum des RVP sowie
- 36 Verkehrszellen im Bundesgebiet, außerhalb von Baden-Württemberg.

## 5.5 Das Anwendungsumfeld

Bereits die Entwicklung der Fragestellung und die Festlegung der Zielgruppen haben die empirische Untersuchung auf den Verkehrszweck Berufsverkehr eingegrenzt. Die Quelle-Ziel-Beziehungen der zu betrachtenden Fahrten entsprechen einer Matrix, die aus  $n$  Quellen, den Wohnorten der Mitarbeiter und einem Ziel, dem MTC in Sindelfingen, besteht. Auf Basis dieser alltäglichen Fahrt vom Wohnort zur Arbeit sollen die Respondenten innerhalb der Erhebung ihre Entscheidung der Verkehrsmittelwahl treffen. Dabei werden ihnen wechselnde Bedingungen zur Nutzung von flexiblen Fahrgemeinschaften in realen und hypothetischen Situationen unterbreitet. Diese hohe Anforderung an das Vorstellungsvermögen der Befragten verlangt nach einer einfachen und zugleich speziell definierten sowie eindeutigen Darstellung der Entscheidungssituationen und ihrer Randbedingungen. Allen Probanden soll somit ein identischer Informationsstand gewährleistet werden, damit statistisch vergleichbare Ergebnisse erreicht werden können.

Um den Befragten die Situation so einfach wie möglich zu gestalten, werden die Entscheidungsaufgaben möglichst real in Anlehnung an eine typische alltägliche Fahrt formuliert. Neben dem persönlich am häufigsten auftretenden Abfahrtsort, in der Regel dem Wohnort, werden keine weiteren Abfahrtsorte berücksichtigt. Die Beachtung von Wegeketten und eine Unterscheidung in Hinfahrt und Rückfahrt wird nicht vorgenommen. Die detaillierte Darstellung der individuellen Situationen einer typischen Fahrt zur Arbeit erfordert die Abfrage von Plz und Pkw-Verfügbarkeit zu Beginn der Erhebung, die ebenfalls für die Einteilung der Befragten in eine der vier Untersuchungsgruppen nötig ist (vgl. Abschnitt 5.2). In Abhängigkeit der Plz kann somit jedem Respondenten eine der 855 Verkehrszellen (vgl. Kapitel 5.4) zugewiesen werden. Mit Hilfe der den Zellen zugeordneten durchschnittlichen verkehrstechnischen Daten wird den Probanden eine individuell typische Fahrt anhand folgender Kriterien präsentiert:

- mIV-Reisezeit,
- mIV-Kosten,
- ÖV-Reisezeit,

- ÖV-Kosten,
- ÖV-Umsteigehäufigkeit,
- ÖV-Bedienungshäufigkeit in Form des Taktes und
- ÖV-Haltestellenentfernung am Wohnort.

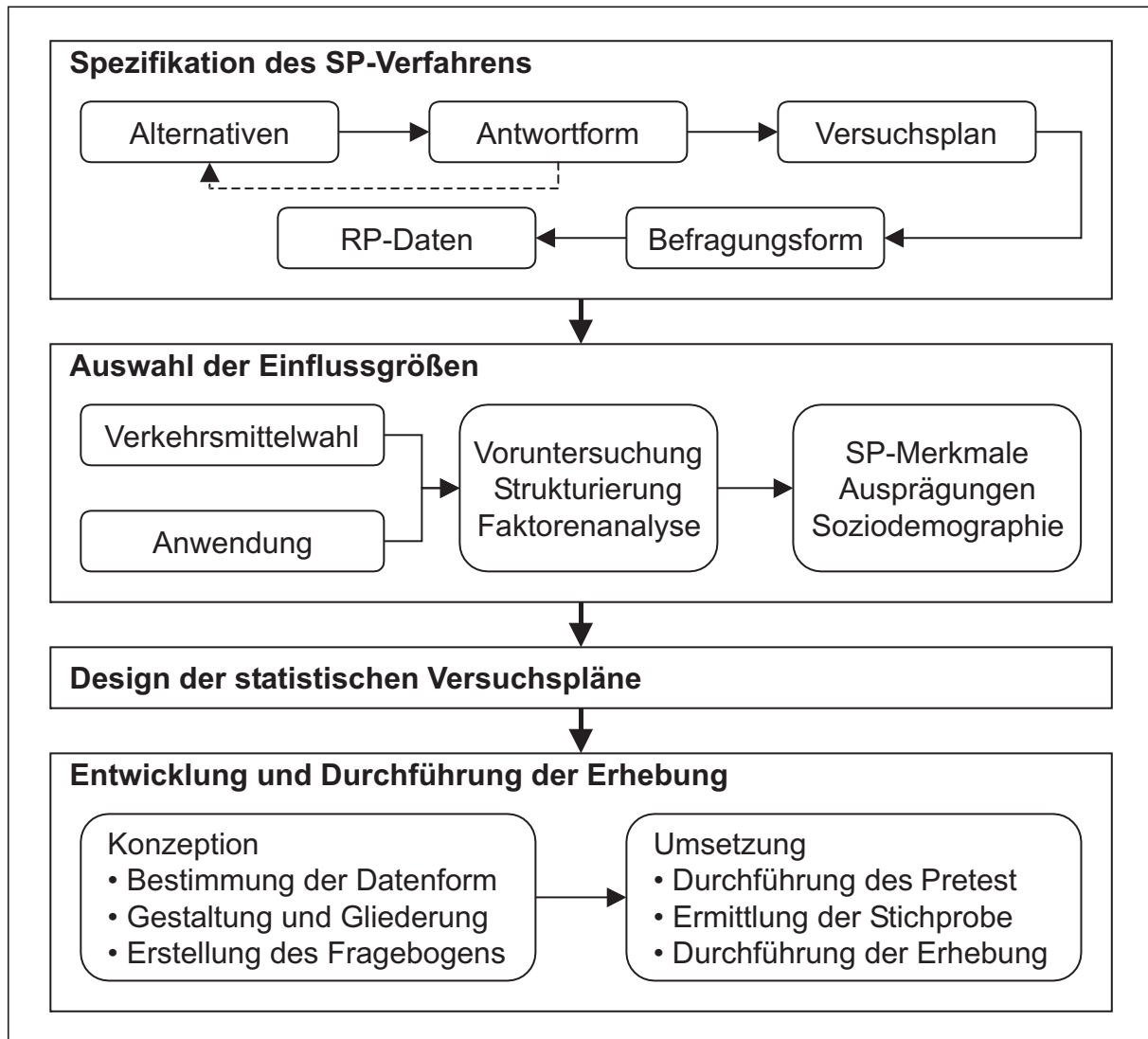
Die Reisezeit und die Kosten für den mIV werden entsprechend nur dargestellt, wenn der Befragte auch einen Pkw für seine Fahrt zur Arbeit zur Verfügung hat. Da die Daten auf Mittelwerten der Verkehrszellen beruhen, haben die Probanden anschließend die Möglichkeit ihre individuellen Erfahrungen durch Korrektur der dargestellten Werte einzubringen. Hat ein Respondent keine Erfahrungen mit dem ÖV, so bieten ihm die dargestellten mittleren Werte dennoch Anhaltspunkte für einen Vergleich der Verkehrsmittel. So kann je Befragten ein persönlicher Datensatz geschaffen werden, der zur Verdeutlichung der Ausprägungen der täglich zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel dient. Diese Form der Darstellung als Kombination aus durchschnittlichen Daten der Verkehrszellen und individuellen Erfahrungswerten wird in allen, im weiteren Verlauf der Erhebung präsentierten, Entscheidungssituationen wiederholt. Sie bietet den Respondenten eine geeignete Grundlage zur Einschätzung und zum Vergleich der Merkmale der Teilnahme an einer Fahrgemeinschaft mit den Eigenschaften von mIV und ÖV.

## 5.6 Das Untersuchungsdesign

Auf Basis der Methoden der SP ist ein Untersuchungsdesign zu entwickeln, das eine geeignete Modellierung der Verkehrsmittelwahl unter Berücksichtigung des dynamischen Fahrgemeinschaftsvermittlungsdienstes “M21 FahrPLUS” gewährleistet. Die zu konzipierende Vorgehensweise wird aber nicht alleine für den Anwendungsfall des MTC in Sindelfingen ausgelegt. Vielmehr soll eine offene Struktur entworfen werden, die durch entsprechende Anpassungen sowohl auf andere Untersuchungsgebiete als auch, zumindest von ihren grundlegenden Funktionen her, auf weitere Mobilitätsdienstleistungen anzuwenden ist.

Als Kernpunkt einer flexiblen Gestaltung des Untersuchungsdesigns ist die Definition der unterschiedlichen Elemente und Formen der SP zu betrachten. Der zweite wichtige Punkt liegt in der Ermittlung der für jede Analyse individuell erforderlichen Faktoren. Aufgrund der empirischen Charakteristik des angestrebten Verfahrens sind sowohl die Konzeption der einzelnen Aufgaben zur Bewertung der integrierten Verkehrsmittel oder Varianten, mit Hilfe der statistischen Versuchsplanung, als auch die Planung und Durchführung der Erhebung von zentraler Bedeutung. In Abbildung 5.2 ist das identifizierte Design der vorliegenden Untersuchung, in Anlehnung an die zuvor beschriebenen Schritte, dargestellt.



Abbildung 5.2: Das Untersuchungsdesign<sup>11</sup>

Im Rahmen der Spezifikation des SP-Verfahrens sind die Alternativen, die Antwortform, die Form des Versuchsplans, die Befragungsform und die Einbindung von Daten der RP festzulegen. Es ist auf die Rückkopplung zwischen den ersten beiden Punkten zu achten. Aus den Eigenschaften der Verkehrsmittelwahl im Allgemeinen sowie den Kriterien der betrachteten speziellen Anwendung, z.B. "M21 FahrPLUS", werden mit Hilfe von Voruntersuchungen, Strukturierungen und Faktorenanalysen die individuell für die aktuelle Untersuchung relevanten Merkmale, ihre Ausprägungen und notwendige soziodemographische Kenngrößen ermittelt. Dem Design der erforderlichen statistischen Versuchspläne folgen die Entwicklung und Durchführung der Erhebung. Die Konzeption umfasst dabei die Teilaufgaben der Bestimmung der Datenform, der Gestaltung und Gliederung des Erhebungsinstruments sowie der Erstellung eines entsprechenden Fragebogens. Im Rahmen der Umsetzung wird vor dem Start der eigentlichen Erhebung ein Pretest durchgeführt

<sup>11</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

und die Stichprobe der Untersuchung festgelegt.

## 5.7 Zusammenfassende Darstellung der Spezifikation der Untersuchung

Aufgrund der Strukturen der SP-Verfahren, die keinerlei Anpassungen im Verlauf einer Analyse erlauben, liegt in der gewissenhaften Spezifikation ein entscheidender Erfolgsfaktor der Untersuchung. Fragestellung, Zielgruppen, Szenarien sowie Untersuchungsraum, Anwendungsumfeld und Untersuchungsdesign müssen dabei bereits vor der Konzeption der methodischen Vorgehensweise definiert werden.

Im Kern dieser Untersuchung werden die Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer untersucht sowie die Abbildung und die Prognose der Verkehrsmittelwahl für unterschiedliche Entwicklungsstufen eines dynamischen Vermittlungsdienstes für betriebliche Fahrgemeinschaften berechnet. Dabei sollen sowohl die Wirkungen einzelner Maßnahmen als auch die Einflüsse einer optimalen Ausgestaltung von “M21 FahrPLUS” bestimmt werden. Aufgrund der beiden als Schlüsselkriterien identifizierten Faktoren des Arbeitszeitmodells und der Pkw-Verfügbarkeit werden die Respondenten aus einer Grundgesamtheit der ca. 6000 betrachteten Mitarbeiter des MTC in Sindelfingen in vier homogene Gruppen eingeteilt.

Neben dem Nullfall, der die Situation zum Zeitpunkt der Befragung beschreibt, wird das Szenario S1 als Konstellation vor der Einführung von “M21 FahrPLUS” definiert. Fünf Szenarien beschäftigen sich mit der Erfassung der Wirkungen von separaten Maßnahmen zur Unterstützung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr. Weitere drei Szenarien werden eingesetzt, um die Optimierungspotenziale für flexible Fahrgemeinschaften anhand der Bedürfnisse der Mitfahrer, der Fahrer und den Anforderungen beider Teilnehmergruppen ausfindig zu machen.

Als Untersuchungsraum, auf Basis der Wohnortverteilung der zu analysierenden Verkehrsteilnehmer, werden in Anlehnung an die räumlichen Strukturen des GVP und des RVP 855 Verkehrszellen in die Untersuchung einbezogen. Als weitere Rahmenbedingung wird festgelegt, den Respondenten ihre individuelle Fahrt zur Arbeit, als Grundlage für den Vergleich der Verkehrsmittel mIV und ÖV mit den Bedingungen zur Teilnahme an einer Fahrgemeinschaft, anzubieten. Diese Vorgehensweise, die zum besseren Verständnis der SP-Auswahlsituationen beiträgt, wird als Kombination von mittleren Werten der Verkehrszellen und den Erfahrungen der Probanden realisiert. Zur Anwendung kommen die Kriterien der Reisezeit und der Kosten im mIV und ÖV sowie die Anzahl der Umstiege, die Taktzeiten und die Haltestellenentfernung im ÖV.

---

Das Design der Untersuchung ist so ausgelegt, dass auf Basis der Methoden der SP nicht nur die vorliegende Analyse durchgeführt werden kann. Mit entsprechenden Modifikationen kann das entwickelte Design bei veränderten räumlichen Strukturen sowie in seiner Grundidee auch für andere Mobilitätsdienstleistungen zur Anwendung kommen. Die konzipierte Vorgehensweise stützt sich auf die vier Schritte der Definition der SP-Elemente, der Bestimmung der relevanten Einflussgrößen, der Auswahl der statistischen Versuchspläne sowie der Konzeption und Umsetzung der Erhebung.



# Kapitel 6

## Aufbau und Durchführung der Untersuchung

Im Anschluss an die Auswahl der Methoden der SP als geeignete Analysemethode und der Darlegung ihrer verschiedenen Formen und Varianten in den Abschnitten 3 und 4, wurden die Untersuchungsziele der vorliegenden Arbeit in Kapitel 5 bestimmt. Aufbauend auf dieser Spezifikation wird in diesem Kapitel der Gang der empirischen Untersuchung dargestellt. Im Zuge der Vorstellung der Methoden der SP wurden fünf wichtige Schritte zur Auswahl einer individuell qualifizierten Analyseform lokalisiert. Aufgrund der Verflechtungen innerhalb dieser Teilaufgaben können die Identifikation der relevanten Merkmale, die Festlegung der Antwortform, des statistischen Versuchsplans und der Befragungsform sowie die Einbeziehung von Daten der RP jedoch nicht in dieser streng sequentiellen Reihenfolge behandelt werden. Die Grundlage der detaillierten Beschreibung des Aufbaus und der Durchführung der Analysen stellt das bereits in Abschnitt 5.6 entwickelte Untersuchungsdesign dar.

Zu Beginn des Aufbaus dieser Untersuchung werden im Rahmen der Bestimmung des Erhebungsverfahrens die Alternativen, die Antwortform, die Form des Versuchsplans, die Befragungsform und die Art der Einbeziehung der tatsächlichen Verkehrsmittelwahl grundsätzlich festgelegt. Erst mit Hilfe der daraus resultierenden Rahmendaten des ausgewählten SP-Verfahrens können die Merkmale und Ausprägungen spezifiziert werden. Im Anschluss wird das eigentliche Design des statistischen Versuchsplans anhand der ausgewählten Faktoren erstellt und schließlich die Entwicklung und Durchführung der Befragung vorgenommen.

### 6.1 Bestimmung des Erhebungsverfahrens

In den folgenden Abschnitten werden die geeigneten Analysemethoden der SP-Verfahren zur Abbildung der Fragestellung ausgewählt. In Abhängigkeit der an den Kriterien Pkw-

Verfügbarkeit und Arbeitszeitmodell orientierten vier Zielgruppen, den neun definierten Szenarien und den weiteren Randbedingungen werden die relevanten Alternativen und grundlegenden Dimensionen der durchzuführenden SP-Erhebung festgelegt. Von zentraler Bedeutung sind dabei die Fragestellung nach der Abbildung und Prognose der Verkehrsmittelwahl im MTC sowie die Möglichkeit, einzelne Maßnahmen in ihrer Wirkung überprüfen und eine optimale Ausgestaltung der Dienstleistung “M21 FahrPLUS” identifizieren zu können. Zu beachten sind dabei aber nicht nur die Fahrten in einer Fahrgemeinschaft, sondern zusätzlich die bereits vor der Einführung des Vermittlungsdienstes im MTC vorhandenen Varianten der Verkehrsmittelwahl.

### 6.1.1 Die Alternativen der Verkehrsmittelwahl

Im Verlauf der Bestimmung des SP-Erhebungsverfahrens kam der Auswahl und Vorgabe der Alternativen eine zentrale Bedeutung zu. Die zu untersuchenden Verkehre bezogen sich auf den Berufsverkehr. Sie waren in der Regel durch den Rhythmus der täglichen Fahrt und dem konstanten Ziel des Arbeitsplatzes determiniert, so dass eine Änderung des Ziels oder gar eine Ablehnung der Fahrt nicht in Frage kamen. Um eine zufriedenstellende Abbildung der Realität zu gewährleisten, mussten alle für die Mitglieder der Untersuchungsgruppe nutzbaren Alternativen auch in die Analyse einbezogen werden. Die Methoden der SP begrenzen aber aufgrund der Komplexität der Befragung die zulässige Anzahl an Alternativen in Abhängigkeit der Antwortform der Untersuchung auf eine Anzahl zwischen einer und zwölf Varianten.<sup>1</sup>

Dieser Problematik konnte mit Hilfe einer iterativen Entwicklung der SP-Erhebung begegnet werden, in der auf Basis der Fragestellung die notwendigen Alternativen definiert wurden und in dem Schritt der Wahl der Antwortform eine entsprechende Rückkopplung auf die Festlegung der Varianten vorgenommen wurde. Die Analyse des Vermittlungsdienstes “M21 FahrPLUS” sollte die Entscheidungsgründe für die Nutzung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr, unter besonderer Berücksichtigung der Bedürfnisse von Mitarbeitern in Gleitzeitmodellen, aufdecken. Dieser hohe Grad der Flexibilität in Bezug auf die zeitliche Teilnahme und Form der Nutzung einer Fahrgemeinschaft als Autofahrer oder Beifahrer, erforderte eine entsprechende Differenzierung der Fahrten im IV. Über die Nutzung eines Pkw hinaus standen den Mitarbeitern des MTC in Sindelfingen der ÖPNV, motorisierte und unmotorisierte Zweiräder sowie die Variante des Fußweges zur Verfügung. Für die vorliegende Untersuchung wurden folgende fünf Alternativen festgelegt:

- die Fahrt als Alleinfahrer im mIV mit dem Pkw,

---

<sup>1</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 13.

- die Fahrt im ÖPNV,
- die Fahrt als Fahrer einer Fahrgemeinschaft,
- die Fahrt als Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft und
- die Fahrt mit einem Zweirad oder zu Fuß.

Im Gegensatz zur detaillierten Unterscheidung in Pkw-Alleinfahrer, Fahrer und Mitfahrer im IV, wurde im ÖV, aufgrund der fehlenden Schienenanbindung im MTC, keine Differenzierung in Straßen- und Schienenverkehr vorgenommen. Fahrten mit motorisierten Zweirädern wurden der fünften Variante zugerechnet. Unter der Alternative der Fahrt mit einem Zweirad (motorisiert sowie unmotorisiert) oder dem Weg zu Fuß werden dementsprechend die für die vorliegende Untersuchung nur begrenzt relevanten anderen Verkehrsmittel subsummiert. Die Definition der Alternativen bezog sich auf die Mitarbeiter, die den beiden Gruppen I und III mit der Verfügbarkeit eines Pkw zuzuordnen sind. Für die Respondenten der anderen beiden Gruppen II und mIV reduzierte sich die Auswahlmöglichkeit entsprechend auf die drei Varianten ÖPNV, Mitfahrer und anderer Verkehrsteilnehmer.

### 6.1.2 Die Antwortform

Die Antwortform wird bereits durch die Definition der Untersuchungsfrage stark eingegrenzt. Zur Abbildung der Verkehrsmittelwahl als eine Entscheidung zwischen verschiedenen Alternativen kommen bei zwei Verkehrsmitteln die Formen Transfer Pricing, Stated Choice und Stated Ranking, bei drei oder mehreren Varianten nur die beiden zuletzt genannten Formen zur Anwendung (vgl. Abschnitt 4.2). Da die angestrebte und im vorangegangenen Abschnitt ermittelte Anzahl von fünf Alternativen jedoch nicht mit der Antwortform Transfer Pricing korrespondiert, kommen für diese Untersuchung die beiden Formen Stated Choice und Stated Ranking in Frage. Sie basieren beide auf dem Vergleich der Alternativen und erfordern die Wahl der am höchsten präferierten Variante. Wogegen beim Verfahren Stated Choice die Aufgabe damit beendet ist, müssen die Respondenten bei der Methode Stated Ranking zusätzlich alle angebotenen Alternativen in eine Reihenfolge einordnen. Die Erfahrungen abgeschlossener Untersuchungen haben gezeigt, dass Befragte mit der Antwortform Stated Choice sehr gut zu Recht kommen, da sie die Entscheidungssituation am natürlichsten wiedergibt. Der Vorteil beim Stated Ranking liegt dagegen in der Gewinnung einer größeren Menge an Informationen je präsentierter Situation. Die Antwortform Stated Choice wird gezielt bei komplexen Strukturen der Fragestellung eingesetzt, um eine Überforderung der Respondenten zu vermeiden. Bei

einfachen Zusammenhängen kommt oft die Form Stated Ranking zum Einsatz, um eine maximale Quote an Informationen zu erzielen.<sup>2</sup>

Um die Befragung für die Probanden so einfach wie möglich zu gestalten und eine schnelle Durchführung zu gewährleisten, wurde auf den höheren Informationsgehalt der Form Stated Ranking verzichtet und stattdessen die Form Stated Choice gewählt. Im Rahmen der Auswahl der Antwortform war zu überprüfen, ob die Anzahl der spezifizierten Alternativen mit der gewählten Form der Antworten korrespondiert. Eine Untersuchung unter Verwendung der Antwortform Stated Choice kann mit einer Anzahl an Varianten zwischen zwei und fünf durchgeführt werden,<sup>3</sup> so dass eine Analyse mit den in Abschnitt 6.1.1 definierten fünf Alternativen mit Hilfe dieser Antwortform durchgeführt werden konnte.

Die Antwortform schränkt implizit die Auswahl der dem SP-Verfahren zugrunde liegenden Analysemethodik ein, die in Form eines mathematischen Modells im Rahmen der Auswertung und Anwendung der Untersuchung Verwendung findet. Für die Antwortform Stated Choice können Logit- und Probitmodelle sowie verschiedene Skalierungsverfahren eingesetzt werden.<sup>4</sup> Die der Gruppe der Nutzenmaximierungsmodelle zugehörigen Logit- und Probitmodelle konnten bereits im Abschnitt 3.1 als geeignet zur Abbildung des Verhaltens von Verkehrsteilnehmern identifiziert werden. Soll die Berechnung der Verkehrsmittelwahlanteile im Hinblick auf zwei Alternativen durchgeführt werden, so stellen sowohl binäre Probit- als auch binäre Logit-Modelle einen geeigneten Ansatz dar. Ist die Untersuchung jedoch auf mehrere Varianten ausgerichtet kommen multinominale Probit-Modell nur im Rahmen eines iterativen Verfahrens mit sehr hohem mathematischem Aufwand in Frage und werden in Verkehrsmittelwahlmodellen daher kaum angewendet.<sup>5</sup> Gebräuchlicher dagegen sind multinominale Logit-Modelle, die auch für die vorliegende Arbeit bei der angestrebten Betrachtung von fünf Alternativen der Verkehrsmittelwahl ausgewählt wurden.

### 6.1.3 Die Form des Versuchsplans

Die Grundlage der unabhängigen Schätzung aller Wirkungen der in die Analyse integrierten Merkmale stellt die systematische Präsentation der nach den Regeln der statistischen Versuchsplanung konstruierten Entscheidungssituationen dar. Da bereits bei einer geringen Anzahl von Faktoren und deren Ausprägungen die praktische Anwendung von vollständigen Versuchsplänen in SP-Untersuchungen nicht mehr effizient möglich ist, kommen in der Regel die in Kapitel 4.3 vorgestellten reduzierten Versuchspläne zum Einsatz.

---

<sup>2</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 30.

<sup>3</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 13.

<sup>4</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 30 und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 10.

<sup>5</sup> Vgl. SCHNABEL, LOHSE (1997), S. 245.



Die Form des Versuchsplans wird in Abhängigkeit der Szenarien, der Rahmenbedingungen und besonders des beabsichtigten Realitätsbezugs festgelegt. Erfahrungsabhängige und entscheidungsabhängige Versuchspläne gestalten sich in ihrer Entwicklung komplexer als feste Versuchspläne, bieten aber einen weitaus höheren Bezug zu individuellen Entscheidungssituationen.

Die Auswahl einer geeigneten Form des Versuchsplans erfolgte entsprechend der Forderung nach einer realistischen Darstellung der Situationen zur Verkehrsmittelwahl. Die Einteilung der Probanden in Verkehrszellen mit gleichen Bedingungen für die Fahrt im Berufsverkehr mit dem mIV und dem ÖV erforderte zumindest die Verwendung eines erfahrungsabhängigen festen Versuchsplans. Dessen vor der Erhebung bestimmten relativen Ausprägungen wurden unter Verwendung der Daten der entsprechenden Verkehrszellen im Verlauf der Befragung in absolute Werte umgerechnet und den Respondenten präsentiert. Auf die Anwendung eines entscheidungsabhängigen variablen Versuchsplans wurde im Hinblick auf die hohe Komplexität verzichtet. Der im Rahmen dieser Untersuchung zur Anwendung kommende Versuchsplan konnte erst im Anschluss an die Festlegung der Einflussfaktoren und ihrer Ausprägungen aufgestellt werden.

#### 6.1.4 Die Befragungsform

Die Auswahl der Befragungsform resultiert zu einem Teil aus der Definition der Untersuchung und wird darüber hinaus aus den Entscheidungen über Antwortform und Versuchsplan abgeleitet. Eine klassische schriftliche Befragung auf Papier kann z.B. nur mit Hilfe eines festen Versuchsplans umgesetzt werden. Hingegen können Erhebungen auf der Grundlage von erfahrungsabhängigen und entscheidungsabhängigen Versuchsplänen unter Verwendung von Computern in verschiedenen Formen durchgeführt werden.<sup>6</sup>

Die im vorangegangenen Abschnitt definierte Verwendung eines erwartungsabhängigen festen Versuchsplans konnte in geeigneter Weise nur unter Anwendung einer computerorientierten Erhebung durchgeführt werden. Grundsätzlich können Rechner sowohl in schriftlichen, telefonischen als auch mündlichen Befragungen vor Ort Verwendung finden (Vgl. Kapitel 4.4). Eine schriftliche Erhebung setzt aber die Verfügbarkeit von Computern voraus und birgt durch einen möglichen unpersönlichen Ablauf die Gefahr der Ablehnung. Die beiden anderen Formen können nur mit einem erheblich höheren Personalaufwand umgesetzt werden und unterliegen zudem dem Einfluss der verschiedenen Interviewer.

Die vorliegende Untersuchung beschränkte sich auf das MTC in Sindelfingen, das mit seinen Entwicklungsabteilungen eine vollständige Abdeckung der zu befragenden Mitarbeiter

---

<sup>6</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 29.

mit Computern bot. Zur Begrenzung des Untersuchungsaufwandes wurde eine interaktive schriftliche Befragung über das unternehmensinterne Intranet gewählt, die den Respondenten direkt am Arbeitsplatz präsentiert wurde. Durch diese Vorgehensweise konnte eine ansprechende und direkte Form der Erhebung realisiert werden, ohne eine Ablehnung der Befragung bereits im Vorfeld durch komplexe und fehleranfällige Prozeduren zu provozieren. Eine Beeinflussung der Befragten aufgrund von verschiedenen Interviewern konnte ausgeschlossen werden.

### 6.1.5 Die Parameter der tatsächlichen Verkehrsmittelwahl

Glaubwürdige Prognosen der zukünftigen Verkehrsmittelwahl und des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer können nur durch die Einbeziehung von Daten der RP erreicht werden (vgl. Abschnitt 4.5). Aufgrund der Erhebung von Präferenzen sind Modelle der SP in ihrer grundlegenden Form auch gar nicht geeignet, valide Vorhersagen der Verkehrsmittelwahl zu erzeugen.<sup>7</sup> Erst mit Hilfe einer Eichung der Modellergebnisse für eine bekannte Situation anhand der realen Verkehrsmittelwahl können die Angaben der Probanden auch für die Prognose des zukünftigen Verhaltens der Verkehrsteilnehmer verwendet werden.

Im Verlauf dieser Untersuchung wurden die Ergebnisse für den als Basisszenario definierten Nullfall (vgl. Kapitel 5.3) mit der tatsächlichen Wahl der Verkehrsmittel skaliert. Eine optimale Grundlage zur Gewinnung von realen Daten besteht in der Beobachtung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer. Da die damit verbundenen, in der Regel sehr aufwändigen Verfahren, wie z.B. analoge oder digitale Verkehrszählungen, in der Praxis für detaillierte Fragestellungen nur selten umzusetzen sind, kommen häufig direkte Befragungstechniken zum Einsatz. Besonders im Rahmen der vorliegenden SP-Untersuchung bot sich die parallele Erhebung der realen Verkehrsmittelwahl an, so dass eine Eichung anhand der an der SP-Erhebung beteiligten Personen ermöglicht werden konnte.

Die Analyse der Verkehrsmittelwahl und des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer in Bezug auf das Angebot des dynamischen Vermittlungsdienstes "M21 FahrPLUS" erforderte die Implementierung der in Abschnitt 6.1.1 dargestellten fünf Alternativen als Pkw-Alleinfahrer, ÖPNV-Nutzer, Fahrer oder Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft und anderer Verkehrsteilnehmer. Im Vergleich zur Beobachtung der Verkehrsmittelwahl unterlag die direkte Abfrage des tatsächlichen Verhaltens im Berufsverkehr größeren Unsicherheiten hinsichtlich der Genauigkeit der Angaben, da hohe Anforderungen an das Erinnerungsvermögen der Probanden gestellt wurden. Die notwendige vollständige Aufmerksamkeit der Respondenten konnte durch die Entwicklung einer möglichst einfachen und natürlichen

---

<sup>7</sup> Vgl. JONES, SWANSON (1998), S. 10.

Fragestellung erreicht werden. Neben der weiteren Differenzierung der Alternative Alleinfahrt im mIV in die Varianten Pkw, Motorrad bzw. Roller (ab  $125\text{cm}^3$ ) und Moped bzw. Roller (bis zu  $125\text{cm}^3$ ) sowie die Unterscheidung zwischen den Möglichkeiten Fahrrad und Fußweg, wurde die folgende zweiteilige Frage entworfen:

- Welche der folgenden Verkehrsmittel kamen überhaupt zum Einsatz.
- Zu wie viel Prozent wurden die eingesetzten Verkehrsmittel genutzt.

Im Rahmen der computerunterstützten Erhebung konnte diese Strategie erfolgreich umgesetzt werden, so dass sich die erste Frage für die Probanden als eine einfache Entscheidung zwischen “Ja” und “Nein” für die acht angebotenen Verkehrsmittel darstellte. Die weitaus schwierigere Aufgabe der prozentualen Aufteilung musste im Zuge der zweiten Frage nur noch unter den wenigen individuell eingesetzten Alternativen durchgeführt werden.

## 6.2 Auswahl der Merkmale und Ausprägungen

Von entscheidender Wichtigkeit für die erfolgreiche Durchführung der Untersuchung der Verkehrsmittelwahl ist die Definition der Merkmale und ihrer Ausprägungen. Die in Kapitel 4.1 beschriebenen notwendigen Schritte zur Auswahl der relevanten Einflussgrößen und Ausprägungen beziehen sich auf die Erfassung aller potenziell relevanten Faktoren, die Verdichtung dieser Merkmale zu zentralen Beurteilungsdimensionen sowie die endgültige Festlegung der in die Analyse einfließenden Merkmale und Ausprägungen. Für eine interaktive, schriftliche Erhebung unter Verwendung eines erwartungsabhängigen festen Versuchsplans mit der Antwortform Stated Choice ist ein Umfang von zehn bis maximal 15 Faktoren anzustreben.<sup>8</sup>

Mit Hilfe von Erfahrungen aus vorherigen Untersuchungen und dem Pilotexperiment von “M21 FahrPLUS” im MTC wurde ein möglichst vollständiger Katalog von Einflussfaktoren zusammengestellt. Die Untersuchung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer in Bezug auf den dynamischen Mitfahrerservice “M21 FahrPLUS” erforderte sowohl die Berücksichtigung von allgemeinen Faktoren zur Wahl der Verkehrsmittel im Berufsverkehr als auch die Integration von speziellen, das Angebot der Dienstleistung beschreibenden Merkmalen. Im Anschluss an die Zusammenstellung wurden die identifizierten Faktoren im Rahmen einer Voruntersuchung im MTC analysiert und schließlich zu beurteilungsrelevanten Dimensionen verdichtet. Neben der endgültigen Festlegung der in die SP-Erhebung zu integrierenden Attribute und ihrer Ausprägungen wurden abschließend zusätzliche soziodemographische Einflussgrößen definiert, die unabhängig von den Situationen der SP in einem weiteren Teil der Befragung erhoben wurden.

---

<sup>8</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 25.

### 6.2.1 Charakteristika der Verkehrsmittelwahl

Die Zusammenstellung der potenziellen Einflussfaktoren der Verkehrsmittelwahl wurde in Bezug auf die Differenzierung zwischen den für diese Untersuchung festgelegten fünf Alternativen der Alleinfahrt im mIV (P),<sup>9</sup> der Fahrt als Fahrer (F) bzw. als Mitfahrer (M) in einer Fahrgemeinschaft, der Fahrt im ÖV (O) und der Fahrt mit einem anderen Verkehrsmittel (A) vorgenommen. Infolge der großen Anzahl an durchgeführten Untersuchungen in diesem Themenfeld<sup>10</sup> konnte aus den vorliegenden Erfahrungen eine umfangreiche Menge von 34 Merkmalen zusammengestellt werden. In den Tabellen 6.1 und 6.2 sind diese Faktoren aufgeführt und entsprechend ihrer Bedeutung den unterschiedlichen Verkehrsmitteln zugeordnet.

Nr	Merkmal	P	O	F	M	A
1	Aktivitäten während der Fahrt, z.B. arbeiten, lesen	-	x	x	x	-
2	Alter der Fahrzeuge	-	x	-	-	-
3	Angebot eines Firmentickets	-	x	-	-	-
4	Anzahl der Umstiege	-	x	-	x	-
5	Einfluss von Familie und Freunden	x	x	x	x	x
6	Einsatz neuer Technologien	x	x	x	x	-
7	Entfernungen beim Umsteigen	-	x	-	x	-
8	Entfernungen zwischen Verkehrsmittel und Arbeitsplatz	x	x	x	x	x
9	Entfernungen zwischen Wohnort und Verkehrsmittel	x	x	x	x	x
10	Entspannung, Privatsphäre während der Fahrt	x	x	x	x	x
11	Förderung der Verkehrsmittel durch den Staat	x	x	x	x	x
12	Förderung der Verkehrsmittel durch das Unternehmen	x	x	x	x	x
13	Gepäckmitnahme	x	x	x	x	x
14	Gesellschaftliche Akzeptanz der Verkehrsmittel	x	x	x	x	-
15	Informationen vor der Fahrt, z.B. Staus, Fahrpläne	x	x	x	x	-
16	Informationen während der Fahrt, z.B. Staus, Anschlüsse	x	x	x	x	-
17	Komfort während der Fahrt, z.B. Sitze, Einstieg, Klimaanlage	x	x	x	x	x
18	Kontaktmöglichkeiten während der Fahrt	-	x	x	x	-
19	Kosten	x	x	x	x	x
20	Kostenlose Parkplätze am Arbeitsort	x	-	x	-	-
21	Persönliche Sicherheit vor Übergriffen und Diebstahl	x	x	x	x	x
22	Pünktliche Abfahrt	-	x	x	x	-
23	Pünktliche Ankunft	-	x	x	x	-
24	Reisezeit (Zugangszeit, Wartezeit, Fahrzeit, Abgangszeit)	x	x	x	x	x
25	Räumliche Flexibilität (Aktivitäten direkt nach der Arbeit)	x	x	x	x	x

Tabelle 6.1: Charakteristische Merkmale der Verkehrsmittelwahl, Teil 1

<sup>9</sup> Die Bezeichnung (P) wurde aus dem Wort Pkw abgeleitet, da die Fahrten der Alleinfahrer in der Regel mit einem Pkw durchgeführt werden.

<sup>10</sup> Vgl. ECKHOFF (2001), HENSHER, DALVI (1978), KNAPP (1998), LOUVIERE *et al.* (2000), MAHMASSANI *et al.* (1990), VALDEZ, ARCE (1990), WANG *et al.* (2000) und YEN *et al.* (1998).

Nr	Merkmal	P	O	F	M	A
26	Räumliche Verfügbarkeit der Verkehrsmittel	-	x	-	x	-
27	Sitzplatzgarantie	-	x	-	-	-
28	Staufreie Fahrt	x	-	x	-	-
29	Umweltschutz	x	x	x	x	x
30	Unfallgefahr im Straßenverkehr	x	x	x	x	x
31	Witterungsschutz beim Umsteigen	-	x	-	x	-
32	Zeitliche Flexibilität (Änderung der Abfahrtszeit)	x	x	x	x	x
33	Zeitliche Verfügbarkeit der Verkehrsmittel	-	x	x	x	-
34	Zustand und Sauberkeit der Fahrzeuge	-	x	-	-	-

Tabelle 6.2: Charakteristische Merkmale der Verkehrsmittelwahl, Teil 2

### 6.2.2 Dienstespezifische Eigenschaften

Neben den Merkmalen der Verkehrsmittelwahl, die sich auf die Bewertung mehrerer Alternativen oder nur auf den ÖV auswirken, konnten weitere 22 potenzielle dienstespezifische Eigenschaften lokalisiert werden, die die Akzeptanz und Nutzung von Fahrgemeinschaften als eine Dienstleistung im betrieblichen Mobilitätsmanagement charakterisieren. Als Quellen der identifizierten Entscheidungskriterien wurden neben der Literatur zu Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr in Deutschland sowie in Nordamerika<sup>11</sup> auch abgeschlossene Untersuchungen der im Projekt “M21” integrierten wissenschaftlichen Begleitforschung verwendet.<sup>12</sup> Weiterhin konnten die Erfahrungen des Testbetriebs von “M21 FahrPLUS” für den Zeitraum von Juli 1999 bis Dezember 2001 Verwendung finden.<sup>13</sup> Die Tabelle 6.3 zeigt die ermittelten Merkmale hinsichtlich der Teilnahme an Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr und den Besonderheiten des Mobilitätsdienstes “M21 FahrPLUS”. Die Faktoren sind entsprechend ihrer Wirkung auf die Alternativen Fahrer (F) und Mitfahrer (M) gekennzeichnet.

### 6.2.3 Verdichtung der Merkmale mit Hilfe einer Voruntersuchung

Im Verlauf der Reduktion der Dimensionen wurden die insgesamt 56 potenziellen Merkmale der Verkehrsmittelwahl unter Verwendung einer direkten Befragung analysiert. Zur Anwendung kam ein dualer Fragebogen, mit dessen Hilfe die persönliche Situation der

<sup>11</sup> Vgl. BALLARIN (2000), S. 70, BLACK (1995), S. 147, DEE ANGELL, ERCOLANO (1991), S. 70, HWANG, GIULIANO (1990), S. 6f, KISH, ORAM (1991), S. 133, PAJONK (1983), S. 332f, POLLUTION PROBE (2001), S. 21, REINKE (1985), S. 48f, REINKOBER (1994), S. 52f, TSUCHIDA, WILSHUSEN (1991), S. 31 und WERNSPERGER (1995), S. 21f.

<sup>12</sup> Vgl. ARBEITSGRUPPE BEGLEITFORSCHUNG M21 DER UNIVERSITÄT STUTTGART (2002), S. 7f.

<sup>13</sup> Vgl. MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG, DAIMLERCHRYSLER AG (2002), S. 5.

Nr.	Merkmal	F	M
35	Abholort der Mitfahrer	-	x
36	Anzahl der Haltepunkte zum Zustieg der Mitfahrer	x	-
37	Bequeme Abrechnung	x	x
38	Bereitstellung der Fahrzeuge	x	x
39	Differenz zwischen gewünschter und tatsächlicher Abfahrtszeit	x	x
40	Einfache Anmeldung beim Vermittlungsdienst (ohne Verpflichtungen)	x	x
41	Faire Kostenaufteilung (ohne zusätzlich Kosten der Vermittlung)	x	x
42	Flexible Teilnahme als Fahrer und Mitfahrer	x	x
43	Flexible zeitliche Teilnahme, auch an wenigen Tagen im Monat	x	x
44	Heimfahrgarantie für nicht vermittelbare Mitfahrer	-	x
45	Individuelle Festlegung der maximalen Anzahl der Mitfahrer	x	-
46	Individuelle Festlegung des maximalen Umweges der Fahrer	x	-
47	Kurze Umwege beim Abholen der Mitfahrer	x	-
48	Lage der Haltepunkte zum Zustieg der Mitfahrer	x	-
49	Leistungsumfang des Vermittlungsdienstes	x	x
50	Service und Beratung, z.B. Bequeme Buchung, persönliche Betreuung	x	x
51	Solidarität mit unmotorisierten Kollegen	x	x
52	Unterstützung bei der Suche nach Fahrgemeinschaftspartnern	x	x
53	Vermittlungsquote	x	x
54	Vertrauen durch die Fahrt mit bekannten Kollegen	x	x
55	Zugangsmöglichkeiten zu dem Vermittlungsdienst	x	x
56	Zusatzdienste, z.B. Stauinformationen	x	x

Tabelle 6.3: Spezifische Merkmale von Fahrgemeinschaften

Probanden erhoben wurde. Die Respondenten mussten unabhängig von ihren derzeit genutzten Verkehrsmitteln alle Faktoren einzeln für ihren Arbeitsweg bewerten. Diese Fragestellung nach der persönlichen Wichtigkeit aller Merkmale wurde durch eine Ratingskala mit den fünf Antwortmöglichkeiten: “Sehr wichtig”, “Wichtig”, “Teils-teils”, “Weniger wichtig” und “Nicht wichtig” realisiert.

Für die Faktoren, deren Einflüsse nicht nur für eine Alternative relevant waren, musste ein zweiter Fragenteil beantwortet werden. Dabei waren die wesentlichen Verkehrsmittel von den Probanden hinsichtlich vorhandener Unterschiede in Bezug auf das entsprechende Merkmal zu bewerten. Die vom ersten Teil bekannte, verbal angepasste Skala wurde um das Antwortfeld “Weiß nicht” erweitert. In der Abbildung 6.1 wird die zweiteilige Fragestellung der Vorerhebung am Beispiel der Einflussgröße der Reisezeit verdeutlicht.

Am Ende des Fragebogens wurde den Probanden mit zwei offenen Fragen die Möglichkeit gegeben, real existierende Merkmale und hypothetische Wünsche anzugeben, die im Zuge der Erhebung nicht dargestellt wurden. Die Erhebung wurde im Juli und August 2001 schriftlich in Form einer persönlichen Befragung auf Papier durchgeführt. Aus den Mitar-

beitern des MTC wurden im Rahmen einer einfachen Zufallsstichprobe<sup>14</sup> 90 Respondenten ausgewählt. Durch die Herstellung von intensiven persönlichen Kontakten, konnte mit 78 Mitarbeitern ein Interview vereinbart werden, von denen schließlich 62 erfolgreich durchgeführt wurden.

Zur Auswertung des Fragebogens wurden eine Kodierung der Antworten entsprechend der verwendeten Skala in die Werte eins bis fünf vorgenommen.<sup>15</sup> Alle Faktoren wurden hinsichtlich der Wichtigkeit auf Grundlage der Mittelwerte der zwischen eins (“Sehr wichtig”) und fünf (“Nicht wichtig”) geäußerten Antworten aus dem ersten Fragenteil ausgewertet. In der Tabelle 6.4 sind die 24 bedeutenden Merkmale mit einem Mittelwert der Wichtigkeiten kleiner 2,0 dargestellt.

Nr.	Merkmal	Mittelwert
26	Räumliche Verfügbarkeit der Verkehrsmittel	1,2581
20	Kostenlose Parkplätze am Arbeitsort	1,3226
32	Zeitliche Flexibilität (Änderung der Abfahrtszeit)	1,3871
4	Anzahl der Umstiege	1,4516
28	Staufreie Fahrt	1,4839
43	Flexible zeitliche Teilnahme, auch an wenigen Tagen im Monat	1,5161
24	Reisezeit (Zugangszeit, Wartezeit, Fahrzeit, Abgangszeit)	1,5484
40	Einfache Anmeldung beim Vermittlungsdienst (ohne Verpflichtungen)	1,6129
44	Heimfahrgarantie für nicht vermittelbare Mitfahrer	1,6452
33	Zeitliche Verfügbarkeit der Verkehrsmittel	1,6774
52	Unterstützung bei der Suche nach Fahrgemeinschaftspartnern	1,7742
38	Bereitstellung der Fahrzeuge	1,7742
50	Service und Beratung, z.B. Bequeme Buchung, persönliche Betreuung	1,8065
25	Räumliche Flexibilität (Aktivitäten direkt nach der Arbeit)	1,8387
7	Entfernungen beim Umsteigen	1,8710
55	Zugangsmöglichkeiten zu dem Vermittlungsdienst	1,8710
8	Entfernungen zwischen Verkehrsmittel und Arbeitsplatz	1,9032
53	Vermittlungsquote	1,9032
54	Vertrauen durch die Fahrt mit bekannten Kollegen	1,9032
9	Entfernungen zwischen Wohnort und Verkehrsmittel	1,9355
35	Abholort der Mitfahrer	1,9355
47	Kurze Umwege beim Abholen der Mitfahrer	1,9355
19	Kosten	1,9355
49	Leistungsumfang des Vermittlungsdienstes	1,9677

Tabelle 6.4: Die bedeutenden Merkmale der Vorerhebung

Im zweiten Teil der Erhebung waren die Probanden aufgefordert, die verschiedenen Verkehrsmittel in Bezug zu den Faktoren zu bewerten, deren Wirkungen sich auf mehrere

<sup>14</sup> Zur Durchführung einer einfachen Zufallsstichprobe vgl. Abschnitt 6.4.5.

<sup>15</sup> Die Antwortmöglichkeit “Weiß nicht” im Rahmen der Bewertung der einzelnen Verkehrsmittel wurde mit dem Wert 99 belegt und nicht in die Auswertungen einbezogen.

Alternativen bezogen. Das Ziel dieser Fragestellung lag in dem Ausschluss der Merkmale, die hinsichtlich der Verkehrsmittelwahl zwar als wichtig eingestuft, aber für alle Verkehrsmittel in ihrem Einfluss gleich bewertet wurden. Als Basis zum Vergleich der bewerteten Verkehrsmittel wurden aus den Antworten von eins (“Sehr niedrig”) bis fünf (“Sehr hoch”) Mittelwerte für die entsprechenden Alternativen abgeleitet. Unter Verwendung der Nullhypothese, dass “die Befragten zwei Verkehrsmittel in Bezug auf ein Merkmal durchschnittlich gleich bewerten”, wurden die Mittelwerte paarweise mit Hilfe eines t-Tests bei gepaarten Stichproben verglichen.<sup>16</sup> Für die entsprechenden Faktoren wurden für alle Kombinationen der in der Befragung aufgeführten Alternativen entsprechende t-Tests durchgeführt. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% mussten im Verlauf der Testserie sämtliche Nullhypothesen zurückgewiesen werden, so dass kein Merkmal aufgrund gleicher Bewertung für mehrere Verkehrsmittel ausgeschlossen wurde. Die offenen Fragen am Schluss der Erhebung konnten nicht zur Identifizierung neuer, noch nicht berücksichtigter Faktoren beitragen.

**Wie wichtig ist für Ihren Arbeitsweg der Aspekt einer kurzen Reisezeit?**

Sehr wichtig <input type="checkbox"/>	Wichtig <input type="checkbox"/>	Teils-teils <input type="checkbox"/>	Weniger wichtig <input type="checkbox"/>	Nicht wichtig <input type="checkbox"/>
---------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	--	--

Bitte **bewerten** Sie die Verkehrsmittel **Pkw, ÖPNV, Fahrer und Mitfahrer** einer Fahrgemeinschaft sowie **Rad/ zu Fuß** hinsichtlich der **Reisezeit!**

Verkehrsmittel	Sehr niedrig	Niedrig	Mittel	Hoch	Sehr hoch	Weiß nicht
Die <b>Reisezeit</b> mit dem <b>Pkw</b> ist:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die <b>Reisezeit</b> mit dem <b>ÖPNV</b> ist:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die <b>Reisezeit</b> als <b>Fahrer</b> ist:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die <b>Reisezeit</b> als <b>Mitfahrer</b> ist:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die <b>Reisezeit</b> mit <b>Rad/ zu Fuß</b> ist:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abbildung 6.1: Duale Fragestellung im Rahmen der Vorerhebung<sup>17</sup>

## 6.2.4 Festlegung der relevanten Einflussgrößen

Im Anschluss an die Erfassung und Verdichtung der potenziellen Einflussgrößen wurden die in der SP-Untersuchung zur Anwendung kommenden relevanten Merkmale auf Grundlage der Rangfolge der gemittelten Wichtigkeiten der Vorerhebung abgeleitet. Um einer Überforderung der Respondenten vorzubeugen wurde entsprechend den Ausführungen in

<sup>16</sup> Vgl. BROSIUS (1998), S. 467.

<sup>17</sup> Quelle: Eigene Darstellung.



Kapitel 4.1.3 eine Anzahl von maximal 15 Faktoren angestrebt. Neben der Begrenzung der Anzahl erforderte die Auswahl der relevanten Merkmale die Berücksichtigung möglichst vieler Aspekte der Verkehrsmittelwahl, insbesondere hinsichtlich der Teilnahme an Fahrgemeinschaften, um eine möglichst vollständige Abbildung der Entscheidungssituationen zu gewährleisten. Einen wichtigen Beitrag zur realistischen Darstellung der Situationen leistete die in Abschnitt 5.5 beschriebene wiederkehrende Darstellung der täglichen Fahrt im Berufsverkehr anhand der fünf Attribute der Reisezeit und Kosten im mIV und ÖV sowie der Umsteigehäufigkeit, der Bedienungshäufigkeit in Form des Taktes und der Haltestellenentfernung am Wohnort für den ÖV.

Obwohl die Faktoren von mIV und ÖV im Zuge der angestrebten SP-Erhebung nicht variieren, werden sie zweifelsohne von den Probanden bei der Wahl der Verkehrsmittel berücksichtigt. Die maximale Anzahl der die Situation der Fahrgemeinschaften charakterisierenden Merkmale reduzierte sich entsprechend auf einen Wert von zehn. Ein direkter factorspezifischer Vergleich der Fahrt als Fahrer oder Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft mit den Varianten mIV und ÖV konnte nur durch die Einbeziehung der beiden Merkmale Reisezeit (M1) und Kosten (M2) einer Fahrgemeinschaft geschaffen werden. Die Auswahl dieser beiden Attribute konnte durch die Präsenz der Reisezeit (24) und der Kosten (19) unter den 24 wichtigsten Faktoren in der Tabelle 6.4 untermauert werden. Die Reisezeit wurde als Zeit von Haustür zum Arbeitsplatz, inklusive der Komponenten Zugangszeit, Fahrzeit, Wartezeit und Abgangszeit, definiert, so dass auch das Attribut der Umwege der Fahrer (47) implizit involviert wurde. Aufgrund der für die vorliegende Untersuchung untergeordneten Bedeutung der anderen Varianten Zweirad bzw. Fußweg wurden für die fünfte Alternative weder Reisezeit und Kosten noch weitere Merkmale definiert.

Die detaillierte Betrachtung der Ergebnisse der Vorerhebung in der Tabelle 6.4 machte deutlich, dass die Attribute einer staufreien Fahrt (28) und der Vermittlungsquote (53) nicht direkt durch das Angebot einer Mobilitätsdienstleistung zu beeinflussen sind, so dass sie keine Anwendung in der SP-Untersuchung fanden. Die Merkmale der Anzahl der Umstiege (4) und der Entfernung beim Umsteigen (7) wurden für den ÖV bereits im Rahmen der Darstellung der Fahrt mit dem ÖV berücksichtigt. Da jedoch ebenfalls die Faktoren der räumlichen Verfügbarkeit der Verkehrsmittel (26), der Entfernung zwischen Wohnort und Verkehrsmittel (9) und der Abholort der Mitfahrer (35) von relevanter Bedeutung sind, wurde als drittes Merkmal der SP-Untersuchung der Abholort der Mitfahrer (M3) festgelegt, in dem sich auch ein möglicher Umstieg vom eigenen Pkw zur Fahrgemeinschaft wiederfindet.

Aus der Relevanz der kostenlosen Parkplätze (20) und der Entfernung zwischen dem Verkehrsmittel und dem Arbeitsplatz (8) konnte auf die Bedeutung der Parkplatzsituation am Werk geschlossen und ein entsprechender vierter Faktor (M4) definiert werden. Als

weitere relevante Attribute konnten die zeitliche Flexibilität (32) und (43), die zeitliche Verfügbarkeit (33) sowie die räumliche Flexibilität (25) der Verkehrsmittel identifiziert werden. Gemäß der zentralen Bedeutung des Elements der flexiblen Verkehrsmittelwahl wurde die Flexibilität der Vermittlung von Fahrgemeinschaften (M5) als fünftes Merkmal bestimmt. Neben der Flexibilität schien auch die noch grundlegendere Art und Weise der Unterstützung bei der Suche von Partnern zur Bildung von Fahrgemeinschaften einen entscheidenden Einfluss zu besitzen. In Anlehnung an die Unterstützung bei der Suche nach Fahrgemeinschaftspartnern (52) sowie den Attributen einer einfachen Anmeldung (40), von Service und Beratung (50), den Zugangsmöglichkeiten (55) und dem Leistungsumfang (49), wurde die Form der angebotenen Möglichkeiten zur Suche von Fahrgemeinschaften (M6) als sechster Faktor spezifiziert. Basierend auf ihrer besonderen Wichtigkeit wurden den drei Charakteristika der Heimfahrgarantie für nicht vermittelbare Mitfahrer (44), der Bereitstellung von Fahrzeugen (38) und dem Vertrauen durch die Fahrt mit bekannten Kollegen (54) die adäquaten eigenständigen Merkmale (M7), (M8) und (M9) zugeordnet.

### 6.2.5 Festlegung der relevanten Ausprägungen aller Merkmale

Die Ausprägungen der Merkmale wurden so gewählt, dass sowohl reale als auch hypothetische Situationen abgebildet werden konnten. Die glaubwürdige Schilderung von hypothetischen Entscheidungssituationen konnte dabei durch die ausführliche Präsentation der persönlichen Rahmenbedingungen für die Fahrt im mIV und ÖV gewährleistet werden. In Abhängigkeit der Faktoren des Nullfalls und den umzusetzenden Szenarien S1 bis S9 (vgl. Abschnitt 5.3) wurden die Anzahl und Werte der Merkmalsausprägungen festgelegt. Bei der Konstruktion der einzelnen Werte wurde zur Vermeidung von individuellen Interpretationen besonderes Gewicht auf die eindeutige und überschneidungsfreie Definition gelegt. Um den Probanden jedoch die Gelegenheit einer differenzierten Bewertung aller Alternativen zu ermöglichen, wurde versucht, die Spannweite der Ausprägungen zu maximieren.

Von den neun für die SP-Untersuchung in Kapitel 6.2.4 definierten Merkmalen beeinflussen die beiden Faktoren Abholort (M3) und Notstrategie (M7) ausschließlich die Alternative der Fahrt als Mitfahrer in einer Fahrgemeinschaft. Für den Abholort wurde die Ausprägung eines Treffpunktes in fußläufiger Entfernung direkt aus der Beschreibung des Nullfalls abgeleitet. Neben einer Abholung von zu Hause wurde auch die Abholung von einem Treffpunkt der in der Regel nur mit dem Pkw zu erreichen ist, z.B. ein Park und Mitnahmeplatz,<sup>18</sup> in die Untersuchung aufgenommen. Die beiden bereits im Nullfall vor-

<sup>18</sup> In Baden-Württemberg wurden durch das Umwelt- und Verkehrsministerium zur Förderung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr spezielle, so genannte Park und Mitnahmeplätze in unmittelbarer Nähe zu verschiedenen Anschlussstellen der Autobahnen eingerichtet.

handenen Möglichkeiten der Notfallstrategie für nicht vermittelte Mitfahrer wurden in einer entsprechenden Ausprägung der Nutzung von unternehmensinternen Fuhrparkfahrzeugen mit einem Kostenbeitrag der Nutzer entsprechend des geldwerten Vorteils oder der alternativen kostenlosen Fahrt mit dem ÖPNV umgesetzt. Infolge des bereits qualitativ hochwertigen Angebotes im Nullfall wurde die zweite Ausprägung in Anlehnung an eine Situation ohne jegliche Unterstützung als kostenpflichtige Nutzung des ÖPNV definiert. Die Analyse des dritten Faktors der Bereitstellung von Fahrzeugen (M8), der sich alleine auf die Variante der Fahrt als Fahrer einer Fahrgemeinschaft bezieht, wurde durch die Einführung der beiden Ausprägungen Privatfahrzeuge und vom Arbeitgeber gestellte Fahrzeuge realisiert.

Die verbleibenden sechs Merkmale wirken im Prozess der Verkehrsmittelwahl sowohl auf die Fahrt als Fahrer als auch auf die Teilnahme als Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft. Zur Abbildung der Parkplatzsituation am Werk (M4) wurde die Situation im MTC zum Zeitpunkt der Erhebung mit der entsprechenden Ausprägung keine reservierten Parkplätze um die Möglichkeit von speziell für Fahrgemeinschaften in Tornähe reservierten Plätzen erweitert. Die Flexibilität (M5) eines Verkehrsmittels kann in geeigneter Form durch die notwendige Vorlaufzeit von der Entscheidung bis zum Antritt einer Fahrt charakterisiert werden. In Anlehnung an diese Definition wurde die Integration der Flexibilität für die Teilnahme an Fahrgemeinschaften mit Hilfe des Zeitfensters zwischen Buchung bzw. Absprache und Fahrtbeginn operationalisiert. Es wurden drei Ausprägungen für einen hoch dynamischen Dienst, für einen Dienst mit begrenzter Flexibilität und für die Situation einer längerfristigen Absprache, z.B. unter Kollegen ohne das Vorhandensein einer Dienstleistung, festgelegt. Die entsprechenden Werte wurden auf eine Stunde, drei Stunden und einen Tag definiert. Die Analyse des Einflusses von Vertrauen durch Kollegen (M9) wurde mit Hilfe der beiden Ausprägungen Fahrt mit bekannten Kollegen und Fahrt auch mit unbekanntem Kollegen umgesetzt. In Anbetracht der vielfältigen Formen von angebotenen Möglichkeiten zur Suche von Fahrgemeinschaften (M6) wurde durch die Spezifikation der Ausprägungen persönliche Absprache, schwarzes Brett und Online-Dienst eine für die Probanden einfache und verständliche Vorgehensweise gewählt.

Die Definition der Ausprägungen für die Merkmale Kosten (M2) und Zeit (M1) wurde nicht in absoluter, sondern in relativer Form vorgenommen, um die individuellen Eigenschaften der Respondenten zu berücksichtigen. In Abhängigkeit der Verkehrszellen wurden die absoluten Werte erst im Zuge der Erhebung aus der mittleren Reisezeit im mIV sowie der durchschnittlichen Entfernung und einem Grundpreis von 0,065 Euro je Kilometer und Mitfahrer errechnet. Für das Merkmal der Kosten wurden in Anbetracht des niedrigen Grundpreises drei relative Ausprägungen der Werte 1,0, 1,5 und 2,0 zu Grunde gelegt. Der im Nullfall zur Anwendung kommende maximale Umweg eines Fahrers von 20% zur

Abholung seiner Mitfahrer wurde bei der Definition der relativen Werte für die Reisezeit berücksichtigt. Neben der Ausprägung von 1,2 wurden die Faktoren 1,0 und 1,4 festgelegt, um sowohl längere Umwege als auch mögliche zeitliche Vorteile für Fahrgemeinschaften im Straßenverkehr (z.B. durch spezielle Fahrspuren für Fahrgemeinschaften) abbilden zu können.

In der Tabelle 6.5 sind die neun ausgewählten Merkmale der SP-Untersuchung zusammenfassend mit ihren identifizierten Ausprägungen dargestellt. Zusätzlich sind die Kennzeichnungen hinsichtlich der Wirkungsweise der Faktoren auf eine Fahrt in einer Fahrgemeinschaft als Fahrer (F) und Mitfahrer (M) angegeben. Im Rahmen der SP-Erhebung wurden die Merkmale in Form von systematisch aufgestellten Konstellationen ihrer Ausprägungen in Kombination mit der Darstellung der festen Attribute für die Fahrt im mIV und ÖV präsentiert. Die Festlegung der den Respondenten präsentierten Kombinationen an Ausprägungen erfolgt im Verlauf dieser Untersuchung unter Anwendung der statistischen Versuchsplanung in Abschnitt 6.3. Anzumerken ist, dass in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit der Probanden (vgl. Kapitel 5.2) nur für die Gruppen I und III ein vollständiger Satz an neun Faktoren zur Anwendung kam. Bei Befragten der Gruppen II und IV, ohne Verfügbarkeit eines Pkw, wurde ein um das Attribut der Bereitstellung von Fahrzeugen reduzierter Umfang von acht Merkmalen präsentiert.

Nr.	Merkmal	F	M	Stufe1	Stufe2	Stufe3
M3	Abholort	-	x	Zu Hause	Treffpunkt fußläufig	Treffpunkt Pkw
M7	Notstrategie	-	x	Fuhrpark/ ÖPNV	nur ÖPNV	-
M8	Fahrzeuge	x	-	Privat	Arbeitgeber	-
M4	Parkplätze	x	x	Keine	Reservierte	-
M5	Flexibilität	x	x	1 Stunde	3 Stunden	1 Tag
M9	Kollegen	x	x	Bekannte	Unbekannte	-
M6	Suche	x	x	Absprache	Schwarzes Brett	Online-Dienst
M2	Kosten	x	x	1,0	1,5	2,0
M1	Zeit	x	x	1,0	1,2	1,4

Tabelle 6.5: Ausgewählte Merkmale und ihre Ausprägungsstufen

### 6.2.6 Soziodemographische Einflussgrößen

Im Verlauf der Festlegung der relevanten Einflussgrößen in Abschnitt 6.2.4 konnte die Bedeutung von spezifischen Komponenten der angebotenen Mobilitätsdienstleistung wie z.B. dem Abholort oder den Parkplätzen aufgezeigt werden. Daneben wurde aber auch die Relevanz von persönlichen Elementen wie dem Vertrauen im Rahmen einer gemeinsamen Fahrt mit bekannten oder unbekanntem Kollegen deutlich. Die Identifikation der

bedeutenden Faktoren hat jedoch einen Schwerpunkt von technisch orientierten Attributen ergeben, die eine Erhebung weiterer persönlicher Charakteristika in deskriptiver Form zwingend erforderlich machte.

Getrennt von den als SP-Befragung konzipierten Entscheidungssituationen der Verkehrsmittelwahl, wurde die Erhebung von soziodemographischen Merkmalen festgelegt. Die zusätzlich gewonnenen Daten können sowohl im Rahmen einer deskriptiven Auswertung zur Charakterisierung der Probanden genutzt als auch darüber hinaus in Form von weiteren Faktoren in das zu entwickelnde Modell der Verkehrsmittelwahl integriert werden. Die Identifikation der soziodemographischen Einflussgrößen wurde anhand der Zielgrößen der vorliegenden Arbeit, unter Beachtung der Erfahrungen von bereits durchgeführten Untersuchungen im Umfeld von Mobilitätsdienstleistungen, vorgenommen.<sup>19</sup> Abhängigkeiten der Verkehrsmittelwahl im Berufsverkehr, unter besonderer Berücksichtigung von Fahrgemeinschaften, wurden von dem Geschlecht, dem Alter, dem Familienstand, der Anzahl an Erwachsenen und Kindern im Haushalt und dem Einkommen der Respondenten vermutet. Im Hinblick auf die Anforderungen eines Vermittlungsdienstes für Fahrgemeinschaften, unter dem Blickwinkel von Mitarbeitern mit flexiblen Arbeitszeitmodellen, wurden die Einflüsse der Arbeitsstunden pro Woche sowie die Anzahl an Tagen pro Monat ohne einen direkten Weg zur und von der Arbeit als weitere bedeutende Attribute lokalisiert. Nachfolgend sind die zu erhebenden soziodemographischen Werte inklusive ihrer Antwortoptionen dargestellt.

- Geschlecht: weiblich, männlich.
- Alter: <20, 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, >59.
- Familienstand: ledig, verheiratet, getrennt lebend, geschieden, verwitwet.
- Anzahl Erwachsener im Haushalt: 1, 2, 3, 4, 5, >5.
- Anzahl Kinder im Haushalt: 0, 1, 2, 3, 4, 5, >5.
- Arbeitsstunden pro Woche: <15, 15-20, 21-25, 26-30, 31-35, 36-40, >40.
- Brutto-Monatseinkommen in Euro: <500, 500-1000, 1001-1500, 1501-2000, 2001-2500, 2501-3000, 3001-4000, 4001-5000, 5001-7500, >7500.
- Tage je Monat ohne direkten Weg von zu Hause zur Arbeit: <6, 6-10, 11-15, >15.
- Tage je Monat ohne direkten Weg von der Arbeit nach Hause: <6, 6-10, 11-15, >15.

<sup>19</sup> Vgl. FLIEGNER (2002), S. 93, KÖNIG (2001), S. 21 und KÖNIG, SCHLICH, AXHAUSEN (2000), S. 5.

### 6.3 Design der statistischen Versuchspläne

Die unabhängige Schätzung der Einflüsse aller Merkmale und ihrer Ausprägungen kann nur mit Hilfe der systematischen Präsentation in vorab konstruierten Entscheidungssituationen erreicht werden (vgl. Abschnitt 4.3). Die vollständige Abdeckung des Entscheidungsraums unter Verwendung eines vollständigen Versuchsplans konnte für die vorliegende Untersuchung mit vier Merkmalen zu je zwei Ausprägungen und fünf Faktoren zu je drei Ausprägungen nicht realisiert werden. Um dennoch eine unabhängige Schätzung der Wirkungen zu gewährleisten, wurde die Anzahl an möglichen Kombinationen von  $n = 2^4 * 3^5 = 3888$  mit Hilfe eines erfahrungsabhängigen, festen Versuchsplans (vgl. Kapitel 6.1.3) auf die statistisch notwendige minimale Anzahl reduziert.

Vor der Auswahl einer geeigneten Methode zur Reduktion der Kombinationen wurden die Parameter bestimmt, für die eine unabhängige Schätzung der Einflüsse ermöglicht werden sollte. Auf Grundlage der hohen Erklärungskraft wurden neben den direkten Einflüssen der Merkmale, bezeichnet als Haupteffekte, auch die Wechselwirkungen erster Ordnung als relevante Parameter definiert (vgl. Kapitel 4.3). Infolge der geringen Erklärungskraft der Wechselwirkungen höherer Ordnung wurde ihre Wirkung auf die Verkehrsmittelwahl vernachlässigt, so dass ihre Koeffizienten als nicht signifikant unterschiedlich von null definiert werden konnten. Entsprechend den neun Merkmalen mit ihren insgesamt 23 Ausprägungen ergab sich kombinatorisch eine Anzahl von 14 Haupteffekten und 86 Wechselwirkungen erster Ordnung. Auf Basis der Vermengung dieser 100 Effekte mit den übrigen Wechselwirkungen höherer Ordnung wurde ein reduzierter Versuchsplan mit 324 Kombinationen aus dem Katalog nach MCLEAN, ANDERSON (1984) ausgewählt.<sup>20</sup> Mit Hilfe des in Anhang A dargestellten Versuchsplans wurden die Ausprägungen der Merkmale für jede einzelne in der Erhebung zur Anwendung kommende Kombination eindeutig festgelegt. Die abstrakten Werte (0, 1, 2) wurden erst im Rahmen der Erhebung durch ihre korrespondierenden Ausprägungen ersetzt.

Es war jedoch offensichtlich, dass auch der reduzierte Versuchsplan mit seinen 324 Kombinationen in seiner Gesamtheit nicht jedem Probanden vorgelegt werden konnte. Um eine Überforderung der Respondenten zu vermeiden, musste die Anzahl an Auswahlaufgaben begrenzt werden. Bei der gleichzeitigen Verwendung eines erfahrungsabhängigen, festen Versuchsplans und der Antwortform Stated Choice, konnten den Probanden höchstens zwölf bis 15 Situationen präsentiert werden.<sup>21</sup> Für die vorliegende Untersuchung wurde aufgrund der hohen Komplexität der Fragestellung eine maximale Anzahl von zwölf Situationen festgelegt. Da im Zuge der Datenauswertung zur Gewährleistung von realistischen

<sup>20</sup> Vgl. MCLEAN, ANDERSON (1984), S. 156.

<sup>21</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 22.

und glaubwürdigen Antworten in der Regel eine Entscheidungssituation als Kontrollfrage zum Einsatz kommt,<sup>22</sup> reduzierte sich die Anzahl der für die SP-Auswertung zur Verfügung stehenden Situationen auf elf. Entsprechend mussten 30 Blöcke mit jeweils elf Aufgaben definiert werden, so dass der reduzierte Versuchsplan mit seinen 324 Kombinationen von insgesamt 30 Personen abgearbeitet werden konnte.

## 6.4 Konzeption und Umsetzung der Datenerhebung

Der Aufbau der durchzuführenden SP-Erhebung wurde individuell für die Analyse der Verkehrsmittelwahl im MTC, unter Beachtung der innovativen Mobilitätsdienstleistung "M21 FahrPLUS", festgelegt. Im Rahmen der Definition des Erhebungsverfahrens, der Auswahl der zu integrierenden Faktoren und des Designs des verwendenden Versuchsplans konnte die Relevanz des möglichst exakten Abbildes der realen Situationen der Verkehrsmittelwahl verdeutlicht werden. In diesem Abschnitt werden die darauf aufbauende Konzeption und anschließende Durchführung der Befragung dargestellt.

Eine den Anforderungen entsprechende lebensnahe Darstellung der Entscheidungssituationen kann durch die besondere Aufmerksamkeit auf die Interaktion mit den Respondenten erzielt werden. Als wichtige Punkte der Konzeption der interaktiven Befragung werden die Form der Daten, die Gestaltung des Erhebungsinstruments sowie die Erstellung eines geeigneten Fragebogens vorgestellt. Der Beschreibung und Auswertung des Pretest folgend, wird die Zusammenstellung der repräsentativen Untersuchungstichprobe und abschließend die Umsetzung der Befragung vorgestellt.

### 6.4.1 Auswahl der Datenform

Zu Beginn des Designs der Befragung musste die auf die Fragestellung der Untersuchung und ihrer Rahmenbedingungen angepasste, geeignete Form der Daten ausgewählt werden. In Abhängigkeit des gewünschten zeitlichen Ablaufs werden die Daten einer Erhebung in folgende Typen unterschieden:<sup>23</sup>

- **Zeitreihendaten** werden über regelmäßige Zeiträume erhoben.
- **Verlaufsdaten** werden über einen fest definierten Zeitraum bestimmt.
- **Querschnittsdaten** geben Auskunft über einen bestimmten Zeitpunkt.
- **Paneldaten** sind Daten, die an wenigen Zeitpunkten bestimmt werden.

---

<sup>22</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 34.

<sup>23</sup> Vgl. DIEKMANN (1998), S. 274.

Zeitreihendaten geben Auskunft über Eigenschaften und deren Änderungen von einzelnen Personen oder Gruppierungen über lange Zeiträume wie z.B. die Geburtenrate eines Landes. Verlaufsdaten messen Charakteristika, z.B. qualitative Merkmale eines Produktes, über seine Lebensdauer. Querschnittsdaten erlauben die Analyse von Zusammenhängen zu einem bestimmten Zeitpunkt und können im Vergleich zu Paneldaten keine direkten Rückschlüsse auf die Veränderung von Verhaltensweisen liefern. Paneldaten bestehen aus mehreren Querschnittsuntersuchungen zu verschiedenen Zeitpunkten oder einer Untersuchung, die sich mit Hilfe von retrospektiven Fragen auf Ereignisse in der Vergangenheit bezieht. Die zweite Variante der Paneldaten muss jedoch in ihrer Anwendung als kritisch betrachtet werden, da an das Erinnerungsvermögen der Befragten sehr hohe Anforderungen gestellt werden.

Die beiden zuerst angeführten Datentypen spielen bei der Untersuchung von Entscheidungssituationen eine untergeordnete Rolle. Für die vorliegende Untersuchung in Form von SP kommt sowohl die Verwendung von Querschnitts- als auch von Paneldaten in Betracht. Da eine Umsetzung der in den Szenarien definierten Maßnahmen in naher Zukunft nicht zu erwarten war, wurde auf die Durchführung von mehreren Befragungen zur Erzeugung von Paneldaten verzichtet. Die durchzuführende interaktive Erhebung zur Verkehrsmittelwahl im Berufsverkehr wurde entsprechend als Querschnittsuntersuchung konzipiert.

### 6.4.2 Gestaltung des Erhebungsinstruments

Die empirische Untersuchung wurde als schriftliche, computergestützte und interaktive Erhebung im Intranet der DaimlerChrysler AG im MTC entwickelt. Aufgrund der fehlenden Hilfestellung durch einen Interviewer wurde auf die besonders sorgfältige Beschreibung der Situationen und Rahmenbedingungen geachtet. Auf eine mögliche Unterstützung der Respondenten mit graphischen Hilfsmitteln<sup>24</sup> wurde jedoch, in Bezug auf eine nicht vollständig auszuschließende Ablenkung der Probanden, verzichtet. Ein wesentlicher Schwerpunkt der Entwicklungen bestand in der Realisierung einer Befragung, die sowohl den hohen Anforderungen einer komplexen SP-Untersuchung als auch der Sicherstellung einer einfachen und schnellen Teilnahme gerecht wurde. In Anbetracht der angestrebten Integration von individuellen Daten und Erfahrungen der Probanden in die Präsentation der hypothetischen Entscheidungssituationen wurde die Erhebung aus Sicht der Respondenten im Kern als zweiteilige Befragung mit den Bereichen des heutigen und des zukünftigen Mobilitätsverhalten auf dem Berufsweg entwickelt. Ergänzend um die Soziodemographie und einem entsprechenden Rahmen, wurde folgende Struktur spezifiziert:

---

<sup>24</sup> Vgl. Kuss (1995), S. 190.



- Einleitung,
- derzeitiges Mobilitätsverhalten (Teil I):
  - allgemeine Angaben,
  - persönliche Verkehrsmittelwahl,
- zukünftiges Mobilitätsverhalten (Teil II):
  - persönliche Mobilitätssituation,
  - Erläuterung der Aufgabe in den Entscheidungssituationen,
  - Darstellung der zwölf Entscheidungssituationen,
- soziodemographische Faktoren und
- Danksagung.

Neben der Begrüßung diente die Einleitung zur Motivation der Probanden,<sup>25</sup> indem die Ziele dargestellt und ein Hinweis auf die Veröffentlichung von Ergebnissen der Erhebung zu einem späteren Zeitpunkt im Intranet gegeben wurde. Des weiteren wurden der Aufbau und die Dauer der Befragung dargestellt, ein Hinweis auf den Datenschutz gegeben sowie das Angebot der Hilfestellung durch Angabe der Telefonnummer einer Hotline vorgestellt.

Im ersten Teil der Erhebung hatten die Respondenten ihr derzeitiges Mobilitätsverhalten anzugeben, um u.a. die Zuordnung der Respondenten zu einer Verkehrszelle und in eine der vier homogenen Gruppen zu gewährleisten (vgl. die Abschnitte 5.2 und 5.5). Die allgemeinen Angaben der Erhebung bezogen sich auf die Postleitzahl des Wohnortes, den Arbeitsort, das Arbeitszeitmodell sowie die Verfügbarkeit von Pkw und Zeitfahrkarten des ÖV. Im Falle einer Pkw-Verfügbarkeit wurde, im Hinblick auf die Berechnung der zu berücksichtigenden Kosten im mIV, der Besitz eines Dienstwagens oder der Verbrauch des Privatfahrzeuges abgefragt. Für den Fall des Besitzes von Zeitfahrkarten mussten die Probanden, entsprechend der Vielfalt angebotener Fahrkarten und Tarife in den verschiedenen Verkehrsverbänden, die Kosten ihrer Karten nennen. In Anlehnung der Ausführungen des Kapitels 6.1.5 wurde die tatsächliche Verkehrsmittelwahl unter Verwendung einer zweiseitigen Frage realisiert, in der die Respondenten zuerst nach den von ihnen grundsätzlich benutzten Verkehrsmitteln befragt wurden und erst danach eine prozentuale Aufteilung unter ihren individuellen Alternativen vornehmen mussten.

Im Mittelpunkt des zweiten Teils der Erhebung stand die Bewertung des zukünftigen Mobilitätsverhaltens in Form von hypothetischen Situationen zur Verkehrsmittelwahl, unter

---

<sup>25</sup> Vgl. HOEPNER (1994), S. 54.

besonderer Beachtung der betrieblichen Unterstützung von Fahrgemeinschaften. Die notwendige Voraussetzung eines objektiven Vergleichs aller Verkehrsmittel in den Entscheidungssituationen<sup>26</sup> wurde durch die vorherige Präsentation der, entsprechend Abschnitt 5.5, ausgearbeiteten Kriterien für den mIV und den ÖV erreicht. In Abhängigkeit des Wohnortes und der Verfügbarkeit eines Pkw wurden den Probanden im Rahmen ihrer persönlichen Mobilitätssituation mittlere Kenngrößen der dem Heimatort korrespondierenden Verkehrszelle nur für den ÖV bzw. auch zusätzlich für den mIV präsentiert. Den Respondenten mit keiner oder wenig Erfahrung in der Nutzung des ÖV wurden somit durchschnittliche Vergleichswerte für ihre individuelle Situation angeboten. Mit Hilfe der Möglichkeit zur prozentualen Anpassung der präsentierten Werte konnten die Probanden jedoch auch ihre individuellen Erfahrungen sowohl für den ÖV als auch für den mIV einbringen. Als Kenngrößen wurden neben der Reisezeit für den mIV und den ÖV, angegeben als Zeit von der Haustür bis zum Arbeitsplatz, die Kosten des Arbeitsweges dargestellt. Zur Berücksichtigung der persönlichen Situation wurden den Befragten bei der Verfügbarkeit einer Zeitfahrkarte die monatlichen Kosten und für den Fall ohne Zeitfahrkarte die Kosten für eine einzelne Fahrt vergleichend für den mIV und den ÖV angeboten. Zusätzlich wurden für den ÖV die Anzahl der Umstiege bei einer optimalen Verbindung und der Takt, jeweils in der Hauptverkehrszeit, sowie die Entfernung vom Wohnort zur nächsten nutzbaren ÖPNV-Haltestelle, umgerechnet in Minuten, präsentiert.

Im Anschluss an die Erläuterung der hypothetischen Situationen wurden den Respondenten zwölf Entscheidungssituationen zur Auswahl eines Verkehrsmittels aus den fünf Alternativen Pkw, ÖPNV, Fahrer oder Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft sowie anderer Verkehrsteilnehmer (vgl. Kapitel 6.1.1) präsentiert. Den Probanden ohne Pkw-Verfügbarkeit wurden nur die drei entsprechenden Varianten zur Auswahl angeboten. Zur Gewährleistung eines optimalen Vergleichs der Alternativen wurde die übernommene oder abgeänderte persönliche Mobilitätssituation für jede neue Entscheidungssituation wiederholend dargestellt. Im Zentrum der einzelnen Situationen standen die in Abschnitt 6.2.4 festgelegten neun Merkmale mit ihren Ausprägungen. Zur Gewährleistung des Verständnisses hatten die Respondenten bereits auf der Erläuterungsseite die Möglichkeit, ein weiteres Browser-Fenster mit umfangreichen Erklärungen zu öffnen und parallel zur Befragung nach Bedarf einzusehen. Auf allen Seiten der zwölf Situationen wurde das Symbol eines roten Fragezeichens dazu verwendet, den Probanden die Möglichkeit zu geben, sich ausführliche Beschreibungen der einzelnen Merkmale anzeigen zu lassen. Um den Befragten eine schnellere Aufnahme der neuen Situationen zu ermöglichen, wurden ab der zweiten Entscheidungssituation die Merkmale mit veränderten Ausprägungen, im Vergleich zur vorangegangenen Situation, rot eingefärbt.

---

<sup>26</sup> Vgl. PEARMAIN *et al.* (1991), S. 57.

Die fünfte Entscheidungssituation wurde für alle Probanden mit den gleichen Ausprägungen, entsprechend den aktuellen Bedingungen zur Förderung von Fahrgemeinschaften im MTC, als Kontrollfrage spezifiziert. Somit konnte mit Hilfe eines Vergleiches des gewählten Verkehrsmittels mit der persönlichen Verkehrsmittelwahl aus dem ersten Teil der Befragung die Glaubwürdigkeit der Respondenten überprüft werden. Aufbauend auf dem in Abschnitt 5.3 beschriebenen Nullfall zur Beschreibung des Angebots von “M21 FahrPLUS” zum Zeitpunkt der empirischen Untersuchung wurden die in Tabelle 6.6 dargestellten Ausprägungen für die Situation fünf definiert.

Nr.	Merkmal	Ausprägung
M3	Abholort	Treffpunkt in fußläufiger Entfernung
M7	Notstrategie	Fuhrparkfahrzeuge/ ÖPNV
M8	Fahrzeuge	Privatfahrzeuge
M4	Parkplätze	Keine reservierten Parkplätze
M5	Flexibilität	Buchung/ Absprache spätestens 1 Stunde vor der Abfahrt
M9	Kollegen	Unbekannte (und bekannte) Kollegen
M6	Suche	Online-Dienst
M2	Kosten	1,0 (0,065 Euro je km)
M1	Zeit	1,2 (120% der Pkw-Reisezeit)

Tabelle 6.6: Die Merkmale und ihre Ausprägungsstufen im Nullfall

Die Ausprägungen der übrigen elf Situationen wurden entsprechend der statistischen Versuchsplanung (vgl. Kapitel 6.3) spezifiziert. Die 324 Kombinationen des Versuchsplans wurden zufällig in 29 Blöcke mit elf und einen Block mit fünf Situationen eingeteilt. Der letzte Block wurde mit willkürlich ausgewählten Kombinationen aufgefüllt, die aber nicht in die Auswertung einbezogen wurden. Im Verlauf der Erhebung wurden die Blöcke sukzessiv in wiederholender Reihenfolge abgearbeitet, so dass jedem Respondenten entsprechend seiner zeitlichen Teilnahme ein bestimmter Block an Entscheidungssituationen zugewiesen wurde. Nach Abfrage der in Kapitel 6.2.6 beschriebenen soziodemographischen Charakteristika, die durch die Integration der Auswahlmöglichkeit “keine Angabe” auf freiwilliger Basis erhoben wurde, endete die Befragung mit einer Danksagung.

### 6.4.3 Konzeption des Fragebogens

Im Rahmen von SP-Untersuchungen werden mit Hilfe von geeignet präsentierten Entscheidungssituationen Präferenzen hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Alternativen erhoben. Als Messinstrument innerhalb einer schriftlichen interaktiven Erhebung kommt ein Fragebogen zur Anwendung, dessen Konzeption die drei Effekte der sozialen Erwünschtheit, der hohen Komplexität und der Meinungslosigkeit unbedingt vermeiden

sollte.<sup>27</sup> Die Erstellung muss so erfolgen, dass sich die Probanden in die realen oder hypothetischen Situationen hinein versetzt fühlen und nicht ihre Vorstellungen oder Wünsche angeben. Dieser zu vermeidende Effekt der sozialen Erwünschtheit tritt umso häufiger auf, desto persönlicher und schwieriger die Fragen konzipiert sind. Besteht die Gefahr von sozialer Erwünschtheit, so können mit Hilfe von Kontrollfragen, die bestimmte Antwortmuster provozieren, Befragte identifiziert werden, die nicht realistisch antworten. Je komplexer und länger ein Fragebogen gestaltet ist, desto größer wird die Wahrscheinlichkeit, dass Respondenten unabhängig vom Inhalt der Fragen eine beliebige Antwort geben. Dieses Phänomen ist ebenfalls bei der Meinungslosigkeit von Befragten zu beobachten, die aufgrund von Desinteresse oder Überforderung willkürliche Angaben machen. Probanden mit solchen Antworten müssen ebenfalls mit Hilfe von speziell konzipierten Kontrollmechanismen von der Auswertung ausgeschlossen werden. Die aufgezeigten Probleme machen die Relevanz einer sorgfältigen Konzeption des Fragebogens deutlich. Folgende Punkte wurden daher bei der Erstellung des Fragebogens berücksichtigt:<sup>28</sup>

- Erstellung eines möglichst kurzen Fragebogens, der die Gefahr der Gleichgültigkeit und der Ignoranz unter den Probanden minimiert.
- Beschränkung der Komplexität, indem je Frage nur ein Sachverhalt abfragt wurde. Schwer verständliche Fragestellungen wurden in mehrteilige Strukturen aufgetrennt.
- Formulierung der einzelnen Fragen, so dass eine Überforderung der Respondenten ausgeschlossen werden konnte:
  - Verwendung von kurzen, verständlichen, eindeutigen und hinreichend präzisen Fragestellungen,
  - Verwendung von neutralen Fragestellungen und Formulierungen,
  - Verwendung von einfachen Wörtern und einem simplen Satzbau,
  - Vermeidung von Fachausdrücken, Fremdwörtern, Subkultur und Dialekt,
  - Vermeidung von doppelten Verneinungen, indirekten und Suggestivfragen,
  - Vermeidung von Fragen mit Bezug zu historischen Ereignissen und
  - Vermeidung von wertbesetzten Begriffen, wie z.B. Gerechtigkeit, Freiheit und Selbstbestimmung.
- Einbau der nötigen Kontrollfragen.

---

<sup>27</sup> Vgl. DIEKMANN (1998), S. 386.

<sup>28</sup> Vgl. DIEKMANN (1998), S. 384f, GREEN, TULL (1982), S. 103f, KUSS (1995), S. 196f und STIER (1999), S. 177.

Die Erhebung wurde auf Basis von Active Server Pages (ASP) mit Anbindung an eine Datenbank für das Intranet im MTC der DaimlerChrysler AG umgesetzt. Diese Vorgehensweise ermöglichte einen direkten Zugang zur Befragung von jedem Arbeitsplatz aus. Durch die Verwendung der Datenbank konnte sichergestellt werden, dass auch bei einer Unterbrechung die Befragung an der entsprechenden Stelle fortgesetzt werden konnte. Durch die Integration der Buttons “Zurück” und “Weiter”, auf jeder Seite der Erhebung, konnten die Probanden auch nach längerer Unterbrechung ihre bisherigen Eingaben erneut einsehen. Die Befragung wurde mit Hilfe umfangreicher interner Testreihen auf Funktionalität, Reaktionen bei Falscheingaben, Übersichtlichkeit und Vollständigkeit überprüft. In Anhang B ist der Fragebogen beispielhaft für einen Probanden mit Pkw-Verfügbarkeit und dem Besitz einer persönlichen Jahresfahrkarte für den Verkehrsverbund Stuttgart (VVS) dargestellt.

#### 6.4.4 Der Pretest

Im Anschluss an die Funktionaltests wurde die Erhebung im Rahmen eines Pretests,<sup>29</sup> unter exakt denselben Bedingungen der späteren Haupterhebung, mit besonderem Hinblick auf Qualität, Zeitbedarf und Verständlichkeit getestet. Die Durchführung des Pretests mit einem Stichprobenumfang von 54 zufällig ausgewählten Personen wurde durch eine persönliche Rücksprache mit allen schriftlich und telefonisch kontaktierten Respondenten unterstützt. Mit Hilfe von 39 durchgeführten Befragungen und den korrespondierenden Gesprächen mit den Testpersonen konnte, neben der Anpassung des Fragebogens und den Formulierungen, auch eine Analyse der Merkmale und ihrer Ausprägungen vorgenommen werden.<sup>30</sup> Im Rahmen der Überprüfung der Abhängigkeiten zwischen allen neun Merkmalen konnten keine signifikanten Korrelationen festgestellt werden, so dass weder Attribute zusammengefasst werden mussten noch davon auszugehen war, dass wichtige Merkmale vernachlässigt wurden. Auch bei allen Ausprägungen wurde eine ausreichende Fähigkeit der Probanden zur Differenzierung der einzelnen Stufen je Merkmal festgestellt.

#### 6.4.5 Die Untersuchungsstichprobe

In Anbetracht der in Abschnitt 6.1.4 gewählten Befragungsform einer interaktiven, schriftlichen und elektronischen Erhebung und der daraus resultierenden geringen Grenzkosten bei einer Steigerung der Anzahl an Probanden wurde im Rahmen der Konzeption eine Vollerhebung angestrebt. Im Verlauf der unabdingbaren Abstimmungen mit der Werkleitung der DaimlerChrysler AG am Standort Sindelfingen konnte, aufgrund von paral-

<sup>29</sup> Vgl. HOEPNER (1994), S. 60 und PEARMAIN *et al.* (1991), S. 59.

<sup>30</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 37 und FOWKES, WARDMAN (1988), S. 30.

lenen Mitarbeiterbefragungen im ersten Halbjahr 2002, einer Erhebung mit mehr als der statistisch notwendigen Anzahl an Respondenten jedoch nicht zugestimmt werden. Die Menge aller Personen, die per Definition den Zielgruppen einer Untersuchung angehören, werden als Grundgesamtheit bezeichnet. Da die Umsetzung einer Totalerhebung zur Erfassung des Verhaltens aller im MTC beschäftigten Personen nicht möglich war, musste ein möglichst repräsentativer Ausschnitt bestimmt werden. Diese als Stichprobe definierte Teilmenge der Grundgesamtheit diente der Sicherstellung von zuverlässigen Ergebnisse über die Verhaltensweisen aller Personen.

Stichproben können grundsätzlich als nicht zufallsgesteuerte Auswahlverfahren (z.B. willkürliche Auswahl, Quotenauswahl) oder als Zufallsauswahl realisiert werden.<sup>31</sup> Bei der zufallsgesteuerten Verfahren wird jedem Element der Grundgesamtheit eine bestimmte Wahrscheinlichkeit zugewiesen, in die Stichprobe zu gelangen. Im Vergleich zur Quotenauswahl, die bewusst auf Basis von inhaltlichen Merkmalen zusammengestellt wird, erfolgt bei der willkürlichen Auswahl keine Kontrolle der Zusammenstellung der Stichprobe. Die repräsentative Abbildung einer Grundgesamtheit verlangt nach kontrollierten Stichprobenverfahren, die nur im Rahmen einer Wahrscheinlichkeitsauswahl realisiert werden können, so dass von den Parametern der Stichprobe auf die unbekannt Kennwerte der Grundgesamtheit geschlossen werden kann. Folgende Verfahren kommen zur Anwendung:<sup>32</sup>

- **Einfache Zufallsstichproben** ermitteln die Elemente der Stichprobe in einem Schritt mit Hilfe von Zufallszahlen oder dem Auslosen der Probanden. Alle Komponenten der Grundgesamtheit haben die gleiche von null verschiedene Wahrscheinlichkeit gezogen zu werden.
- Die **mehrstufige Zufallsauswahl** entspricht von der grundsätzlichen Vorgehensweise der einfachen Zufallsstichprobe, nur dass die Elemente in mehreren Ebenen ermittelt werden. Die Auswahl der Probanden über unternehmensinterne Strukturen wie z.B. Bereich, Abteilung und Team entspricht dieser Vorgehensweise.
- **Geschichtete Stichproben** basieren auf der Einteilung der Grundgesamtheit in mehrere möglichst homogene Gruppen. Je Gruppe erfolgt eine eigene Zufallsziehung innerhalb der die Elemente die gleichen Wahrscheinlichkeiten besitzen ausgewählt zu werden. Geschichtete Stichproben weisen durch die Homogenität der Schichten, die anhand von sachlichen, z.B. soziodemographischen Gesichtspunkten zusammengestellt werden, größerer Genauigkeiten auf.

<sup>31</sup> Vgl. DIEKMANN (1998), S. 328, HOEPNER (1994), S. 39, HÜTTNER (1989), S. 87 und STIER (1999), S. 113f.

<sup>32</sup> Vgl. BEN-AKIBA, LERMAN (1985), S. 229f, COCHAN (1977), S. 18f, DIEKMANN (1998), S. 330f, HERZ *et al.* (1992), S. 93f, STIER (1999), S. 125f und STOPHER (2000), S. 241f.

Der notwendige Stichprobenumfang bei der Anwendung von SP-Verfahren ist in erster Linie von dem reduzierten Versuchsplan und der Blockbildung abhängig. Je verwendetem Block ist ein wünschenswerter Umfang von 15 und ein minimaler Umfang von zehn Personen erforderlich, um eine statistisch ausreichende Genauigkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.<sup>33</sup> Für die vorliegende Untersuchung ergab sich bei 30 erforderlichen Blöcken ein entsprechender Umfang an auswertbaren Antworten ( $\bar{N}$ ) von mindestens  $\bar{N} = 30 * 10 = 300$ . Anzustreben war sogar ein Umfang von  $\bar{N} = 30 * 15 = 450$  Antworten. Der zu erwartende Rücklauf einer Erhebung schwankt in Abhängigkeit zahlreicher Faktoren wie Befragungsform, Länge der Erhebung und Umfeld der Probanden. Bei persönlichen oder telefonischen Befragungen kann von einem Rücklauf zwischen 50% und 70% ausgegangen werden.<sup>34</sup> Für die geplante Untersuchung wird, infolge der aufwendigen Konzeption der interaktiven Erhebung, eine Rücklaufquote von mindestens ebenfalls 50% erwartet. Unter Berücksichtigung der Verwendung einer wünschenswerten Anzahl von auszuwertenden Antworten wurde der erforderliche Stichprobenumfang ( $N$ ) entsprechend auf einen Wert von  $N = 450 * \frac{1}{0,5} = 900$  festgelegt.

Die Stichprobe von 900 Personen aus der Grundgesamtheit aller 6000 Mitarbeiter wurde so zusammengestellt, dass mit ihrer Analyse auch zuverlässige Aussagen über das Verhalten aller Personen getätigt werden konnten. Diese repräsentative Übertragung von Eigenschaften der Stichprobe auf die Grundgesamtheit erforderte die Anwendung eines der oben beschriebenen Verfahren zur kontrollierten Wahrscheinlichkeitsauswahl. In Anbetracht der Untersuchungsgruppe, in Bezug auf einen Arbeitgeber und einen Arbeitsort, konnten weder verschiedenen Ebenen noch relevante Inhomogenitäten identifiziert werden, so dass eine einfache Zufallsstichprobe mit Hilfe von Zufallszahlen ermittelt wurde. Jeder Mitarbeiter besaß somit eine Wahrscheinlichkeit ( $P$ ) von  $P = \frac{900}{6000} = 0,15$  an der Befragung teilzunehmen. Entsprechend ergab sich ein prozentualer Auswahlsatz ( $A$ ) der Erhebung von  $A = \frac{900}{6000} * 100 = 15,0\%$ .

### 6.4.6 Umsetzung der Befragung

Im Anschluss an die Konzeption erfolgte die Umsetzung der Befragung unter den in der Stichprobe ausgewählten Mitarbeitern im MTC. Das primäre Ziel der Datenerhebung lag in der Gewinnung einer qualitativ hochwertigen und quantitativ ausreichenden Menge an Daten, um das Verhalten der Mitarbeiter in Bezug auf die Verkehrsmittelwahl abzubilden. Im Vergleich zur Konzeption mit dem Schwerpunkt der Spezifikation eines geeigneten Fragebogens wurde im Rahmen der Umsetzung besonderer Wert auf die Erzielung eines

---

<sup>33</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 27.

<sup>34</sup> Vgl. DIEKMANN (1998), S. 359.

möglichst hohen Rücklaufs gelegt. Neben den in Kapitel 6.4.2 beschriebenen Hilfestellungen im Verlauf wurde der Einstieg in die Erhebung möglichst einfach und zugleich informativ konzipiert. Um die Ablehnung der Befragung in diesem frühen Stadium zu minimieren, wurde allen Respondenten ein persönliches Anschreiben nicht nur in schriftlicher, sondern zusätzlich auch in Form einer Email zugesendet. Mit Hilfe einer in der Email integrierten individuellen URL<sup>35</sup> konnten die Probanden direkt, ohne die Eingabe eines Benutzernamens oder eines Kennworts auf die Startseite der Befragung gelangen. Nach Beendigung der Befragung wurde die entsprechende URL gesperrt, so dass weder eine wiederholte noch eine Teilnahme durch eine fremde, sich nicht in der Stichprobe befindliche Person ermöglicht wurde. Der Ablauf der Erhebung stellte sich wie folgt dar:

- Versendung des persönlichen Anschreibens in schriftlicher und elektronischer Form am 09.02.02.
- Versendung eines Erinnerungs- und Dankschreibens in schriftlicher Form an alle Respondenten am 25.02.02.
- Versendung eines zweiten Erinnerungsschreibens in elektronischer Form an alle Probanden, die die Befragung bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht beantwortet hatten, am 18.03.02.

Nachdem die Befragung ursprünglich für vier Wochen zwischen dem 11.02.02 und dem 08.03.02 geplant war, wurde sie zur Optimierung des Rücklaufs um weitere vier Wochen bis zum 05.04.02 verlängert. Sämtliche Anschreiben wurden als persönliche Briefe bzw. Emails mit der Darstellung der Ziele und der Wichtigkeit der Erhebung sowie dem Nutzen der Befragung für die Mitarbeiter verfasst. Des Weiteren wurden Anonymität und die vertrauliche Behandlung der Daten garantiert. Während des Zeitraums der Erhebung wurde die Funktionalität der Intranetseiten und der Datenbankanbindung in regelmäßigen Abständen überprüft. Die eingegangenen Antworten wurden täglich gesichert.

## 6.5 Zusammenfassende Darstellung des Aufbaus und der Durchführung der Untersuchung

Im Mittelpunkt dieses Kapitels stand die Darstellung des Aufbaus und der Durchführung der empirischen Untersuchung. Aufbauend auf der Auswahl der grundlegenden Elemente einer SP-Erhebung, wurden die relevanten Einflussgrößen und ihre Ausprägungen festgelegt. In Abhängigkeit dieser Definitionen konnte das für die systematische Abbildung

---

<sup>35</sup> Eine URL (Unified Resource Locator) bezeichnet eine eindeutige Adresse im Internet oder einem Intranet.



der Entscheidungssituationen notwendige Design eines statistischen Versuchsplans entwickelt werden. Abschließend wurde die Konzeption und Umsetzung der Datenerhebung aufgezeigt.

Neben der Fahrt im ÖPNV und der Nutzung anderer Verkehrsmittel wurden die Alternativen der Fahrt als Pkw-Alleinfahrer sowie der Fahrt als Fahrer und als Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft spezifiziert. Um den Respondenten natürliche und individuelle Entscheidungssituationen präsentieren zu können, wurde die Antwortform Stated Choice und ein erfahrungsabhängiger fester Versuchsplan gewählt. In Bezug auf die Art des festgelegten Versuchsplans und der vollständigen Abdeckung des MTC mit Computern wurde die vorliegende Analyse als interaktive schriftliche Befragung realisiert. Zur Eichung der Untersuchungsergebnisse wurde die tatsächliche Verkehrsmittelwahl zum Zeitpunkt der Erhebung herangezogen und parallel zu den SP-Situationen erhoben.

Die Auswahl der relevanten Einflussfaktoren und ihrer Ausprägungen erfolgte anhand einer dreistufigen Vorgehensweise. In einer ersten Stufe wurden, neben der Erfassung der allgemeinen Charakteristika der Verkehrsmittelwahl, zusätzlich die für "M21 FahrPLUS" entscheidenden Eigenschaften berücksichtigt, so dass in der Summe eine Anzahl von 56 potenziellen Attributen identifiziert werden konnte. Mit Hilfe einer Voruntersuchung, in Form einer direkten Befragung, wurden die Faktoren in der zweiten Phase auf 24 wichtige Dimensionen reduziert. Abschließend wurden neun Merkmale mit insgesamt 23 Ausprägungen für die SP-Erhebung definiert. Unabhängig von den Auswahl-situationen wurde die Erhebung von weiteren soziodemographischen Werten festgelegt.

In Abhängigkeit der Anzahl der Faktoren und ihrer Ausprägungen wurde ein statistischer Versuchsplan bestimmt, mit dessen Hilfe die notwendige Anzahl an Kombinationen von 3888 auf 324 reduziert werden konnte. Eine akzeptable Anzahl von elf Entscheidungssituationen, ergänzt um eine Aufgabe zur Überprüfung der Glaubwürdigkeit der Respondenten, wurde durch die Einführung von 30 Blöcken erreicht.

Die Erhebung wurde als Querschnittsuntersuchung in zwei Hauptteilen durchgeführt. Der Einleitung folgend hatten die Probanden ihr derzeitiges Mobilitätsverhalten (Teil I) anzugeben. Im Anschluss an die Bearbeitung der zwölf Entscheidungssituationen (Teil II) folgte die Abfrage der soziodemographischen Kenngrößen und abschließend eine Dank-sagung. Nach der erfolgreichen Durchführung verschiedener Funktionaltests und eines Pretests wurde die interaktive Erhebung auf Basis von ASP und einer entsprechenden Datenbankanbindung im Intranet des MTC für eine Stichprobe von 900 Mitarbeitern verwirklicht.



# Kapitel 7

## Datenanalyse und Modellierung

Im folgenden Kapitel werden die im Anschluss an die Erhebung durchzuführenden Prozesse der Datenauswertung und Modellierung beschrieben. In dem ersten Teil der Auswertung sind die Daten hinsichtlich der Ernsthaftigkeit und der Wahlfreiheit der Respondenten sowie eventuell vorhandenen lexikographischen Entscheidungsregeln<sup>1</sup> der Befragten zu untersuchen. Erst mit Hilfe der Ergebnisse aus der Analyse der aktuellen Verkehrsmittelwahl und den soziodemographischen Kenngrößen in der zweiten sowie der graphischen Betrachtung der SP-Situationen in der dritten folgt die quantitative Bestimmung der Modellparameter abschließend in der vierten Stufe der Auswertung. In der Abbildung 7.1 sind die vier Schritte der Datenanalyse und Modellierung mit ihren Teilaufgaben dargestellt.

Die Methoden der SP erfordern aufgrund der für die Probanden eher ungewöhnliche Aufgabe der Beurteilung von hypothetischen Situationen eine Überprüfung der Daten, um Respondenten mit Verständnisproblemen, verzerrten und ungläubwürdigen Antworten oder bewussten Fehleingaben von der weiteren Auswertung ausschließen zu können.<sup>2</sup> Daneben werden Personen, die sich unabhängig von den geschilderten Situationen immer für eine Alternative oder nur zwischen einer Teilmenge der Varianten entscheiden (eingeschränkte Wahlfreiheit) sowie Probanden, die ihre Entscheidung nur aufgrund von einem oder einem Teil der angebotenen Faktoren treffen (lexikographische Entscheidungsregel), aus den gewonnenen Daten gefiltert und gesondert ausgewertet. Im Anschluss an die dargestellte Vorbereitung und Überprüfung der Daten wird für die verbleibenden Datensätze eine Beschreibung der Stichprobe anhand der außerhalb der SP-Situationen erhobenen Kriterien vorgenommen. Der Darstellung der aktuellen Verkehrsmittelwahl sowie den soziodemographischen Kenngrößen der Stichprobe folgt die Identifizierung von Kriterien, die eine direkte Wirkung auf die Wahl der Alternativen im Berufsverkehr besitzen.

---

<sup>1</sup> Vgl. BAMBERG, COENENBERG (1991), S. 51 und WIDLERT (1998), S. 109f.

<sup>2</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 42f.

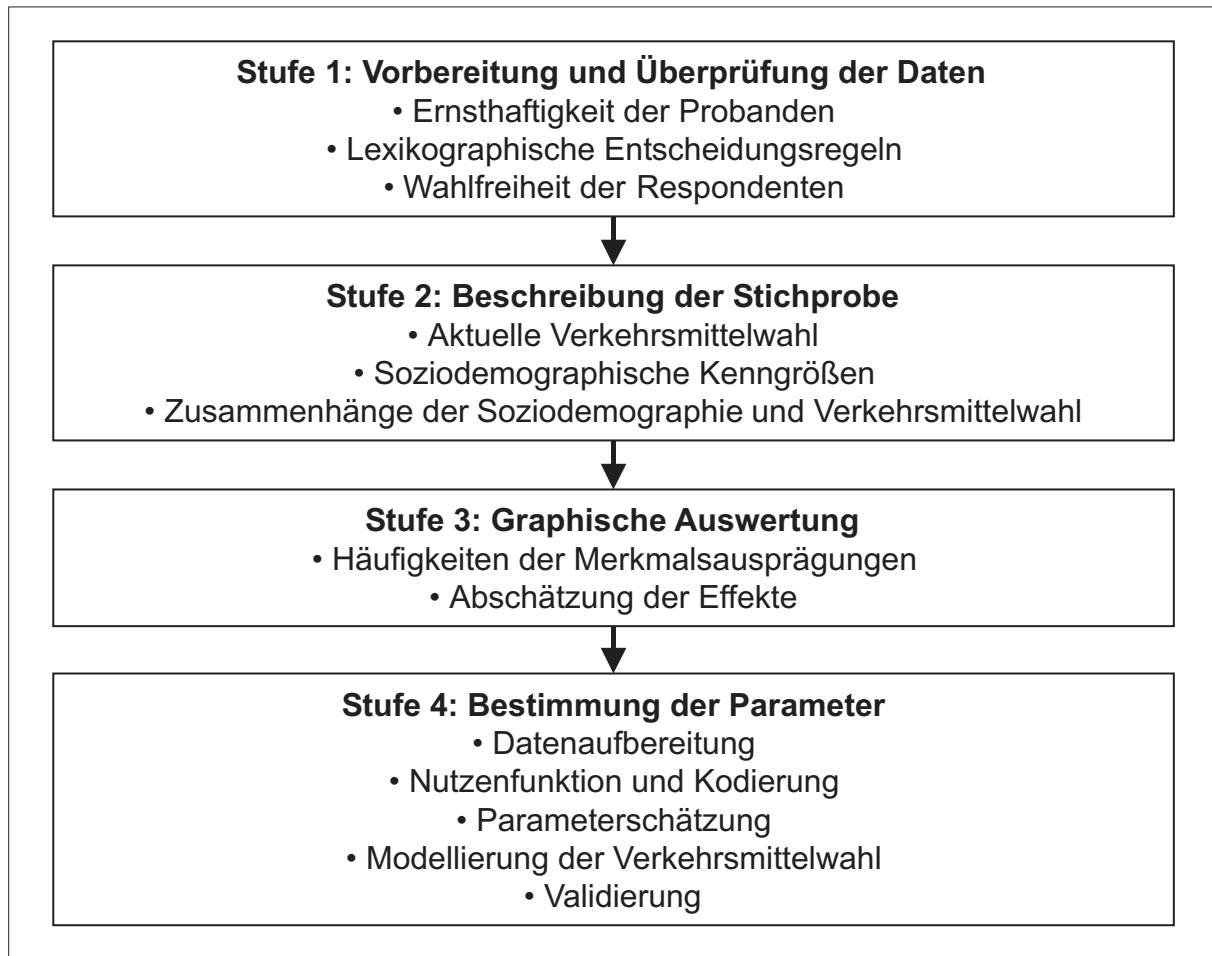


Abbildung 7.1: Gang der Datenauswertung<sup>3</sup>

In den folgenden zwei Stufen werden die Entscheidungssituationen der SP analysiert, um aus den geäußerten Präferenzen der Befragten schließlich ein Modell zur Abbildung und Prognose des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer entwickeln zu können. Die vielfältigen Möglichkeiten einer Modellierung werden in dem dritten Schritt der graphischen Auswertung eingeschränkt.<sup>4</sup> Als Anhaltspunkt der Präferenzstrukturen werden die Häufigkeiten der Ausprägungen aller Merkmale verwendet, aus denen eine erste Abschätzung der Effekte resultiert. Die Aufbereitung der Daten und die Aufstellung von fundamentalen Nutzenfunktionen der fünf in der Befragung berücksichtigten Alternativen dienen in der vierten Phase der Parameterbestimmung als Grundlage, um die Einflüsse der Merkmale so zu bestimmen, dass sich die in der Erhebung bekundeten Präferenzen möglichst gut mit den im Modell abgebildeten Anteilen der Alternativen decken. Dieser als Modellierung bezeichnete Kern der Bestimmung der Parameter wird als iteratives Verfahren durchgeführt, dessen einzelne Schritte mit Hilfe einer Parameterschätzung realisiert werden. Als abschließender Teil der Parameterbestimmung wird die Eichung der Modellergebnisse anhand der parallel

<sup>3</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>4</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 43f.

erhobenen tatsächlichen Verkehrsmittelwahl vorgenommen.

## 7.1 Vorbereitung und Überprüfung der Daten

Die Identifizierung und Eliminierung von typischen Fehleingaben der Befragten während der Erhebung wie z.B. doppelten Nennungen falschen Summen oder unsinnigen Kombinationen, musste im Rahmen der Vorbereitung der Daten nicht mehr berücksichtigt werden, da dies bereits im Verlauf der Befragung durch in die Programmierung integrierter Mechanismen und entsprechenden Fehlermeldungen erfolgreich durchgeführt wurde. Eine Übertragung der Daten in elektronische Form war aufgrund der computerorientierten Erhebung und Speicherung in einer Datenbank nicht notwendig. Von den 900 im Zuge der Festlegung der Stichprobe (vgl. Abschnitt 6.4.5) ausgewählten Probanden konnten elf Personen aufgrund des Wechsels zu anderen Unternehmen oder dem ange tretenen Ruhestand nicht erreicht werden. Mit 605 Antworten konnte ein Rücklauf ( $R$ ) von  $R = \frac{605}{900} * 100 = 67,2\%$  erzielt werden. 23 Befragte brachen die Erhebung bereits vor der Darstellung ihrer persönlichen Mobilitätssituation ab, so dass sie prinzipiell von den Auswertungen ausgeschlossen werden mussten. Die verbleibenden 582 Datensätze wurden hinsichtlich den Aspekten der Ernsthaftigkeit der Antworten sowie eventuell vorhandenen lexikographischen Entscheidungsregeln und festen Alternativen analysiert. Diese vor der weiteren Auswertung durchzuführende Überprüfung der Daten wird als ein wesentlicher Bestandteil von Untersuchungen in Form von SP angesehen.<sup>5</sup>

### 7.1.1 Ernsthaftigkeit der Probanden

Die Untersuchung der Verkehrsmittelwahl im MTC unter realen und hypothetischen Bedingungen für das Angebot des flexiblen Vermittlungsdienstes “M21 FahrPLUS” stellte an die Probanden besondere Anforderungen hinsichtlich ihrer Vorstellungskraft und Bereitschaft zur realistischen Einschätzung ihres Verhaltens, auch in zukünftigen Situationen. Die Ernsthaftigkeit aller Antworten konnte selbst bei sorgfältiger Entwicklung des Fragebogens, ausführlicher Erläuterung der Rahmenbedingungen und Standardisierung des Messinstrumentes nicht vollends sichergestellt werden.

In dem ersten Schritt der Datenauswertung wurden daher die Antworten bezüglich Verständnisproblemen, Verzerrungen und bewusst falschen Eingaben analysiert. In den darauf folgenden Untersuchungen wurden nur die Respondenten betrachtet, die im Zuge der Erhebung die Bereitschaft entwickelt hatten, sich in die entsprechenden hypothetischen

<sup>5</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 42 und FOWKES, WARDMAN (1988), S. 38.

Situationen hineinzusetzen und ihre wahrscheinliche Verkehrsmittelwahl realistisch einzuschätzen vermochten. Die Ernsthaftigkeit der Befragten wurde auf Basis zweier Mechanismen überprüft. Mit Hilfe der vorab definierten fünften Kontrollaufgabe (vgl. Abschnitt 6.4.2) konnte festgestellt werden, ob die Probanden im Rahmen einer SP-Aufgabe die aktuelle Situation im MTC erkannten und ihre derzeitige, reale Verkehrsmittelwahl angeben konnten. Die zweite Überprüfungsmöglichkeit bestand in der Betrachtung der einzelnen Datensätze hinsichtlich vermuteter Entscheidungsregeln der Individuen. Hierzu wurde die Suche nach unverträglichen Alternativen auf Basis der über die gesamte Befragung nicht variierenden Kriterien der Alternativen IV, ÖV und andere Verkehrsteilnehmer herangezogen. Entsprechend konnte bei einem Wechsel zwischen diesen drei Verkehrsmitteln auf mangelnde Konzentration oder auch nicht vorhandenen Willen der Respondenten, sich in die Lage der verschiedenen Situationen zu versetzen, geschlossen werden. Darüber hinaus wurden unvollständige Datensätze von der weiteren Auswertung ausgeschlossen.

Die persönliche Verkehrsmittelwahl aus dem ersten Teil der Befragung wurde als Grundlage für die zu erwartenden Antworten der fünften Situation herangezogen, da sie den derzeitigen, realen Verhältnissen im MTC entsprach. Bei 44 Befragten konnte keine Übereinstimmung festgestellt werden. Die Suche nach unverträglichen Alternativen bezog sich auf die Spezifikation der Erhebung, die nur eine Variation der Merkmale für die beiden Verkehrsmittel Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft zuließ. Die Charakteristika der anderen drei Alternativen wurden aber über alle zwölf Situationen nicht geändert, so dass bei ebenfalls 44 Respondenten die Glaubwürdigkeit in Frage gestellt werden musste, da mindestens ein Wechsel zwischen den drei Varianten vorgenommen wurde. Weitere 43 Probanden konnten aufgrund unvollständiger oder unrealistischer Angaben nicht in die weitere Auswertung einbezogen werden, so dass insgesamt 115 Personen ausgeschlossen werden mussten.<sup>6</sup>

### 7.1.2 Lexikographische Entscheidungsregeln

Respondenten, die ihre Entscheidungen aufgrund von lexikographischen Bedingungen trafen, d.h. nur in Abhängigkeit eines oder weniger Merkmale ihr bevorzugtes Verkehrsmittel ausgewählt haben, wurden aus der geregelten weiteren Auswertung ausgeschlossen. Sie wurden getrennt betrachtet, um sie an entsprechende Stelle in das Modell der Verkehrsmittelwahl integrieren zu können. Diese lexikographischen Entscheidungsregeln wurden mit Hilfe der Untersuchung systematischer Antwortmuster aufgedeckt. Zur Anwendung kam eine nach Befragten und gewählten Verkehrsmitteln getrennte Aufstellung der Summen

---

<sup>6</sup> Die Anzahl von 115 ausgeschlossenen Personen entspricht nicht der Summe  $S$  der einzelnen Ausschlusskriterien ( $S = 44 + 44 + 43 = 131$ ), da Respondenten auch aufgrund von mehreren Gründen ausgeschlossen wurden.

aller verwendeten Merkmalsausprägungen. So konnten die in der Erhebung integrierten neun Merkmale für jeden Respondenten und seine individuell gewählten Verkehrsmittel einzeln analysiert werden. Es wurde geprüft, ob einzelne Ausprägungen des betrachteten Merkmals immer bei der Wahl eines Verkehrsmittels auch in der entsprechenden Situation präsentiert wurden und umgekehrt bei der Wahl einer anderen Alternative nicht vorhanden waren. Aufgrund dieser Prüfung konnten 32 Personen mit individuellen lexikographischen Entscheidungsregeln identifiziert werden.

### 7.1.3 Wahlfreiheit der Respondenten

Neben den Probanden, die ihre Entscheidungen in Abhängigkeit von lexikographischen Regeln trafen, mussten gleichermaßen die Personen, die in allen präsentierten zwölf Situationen ausschließlich ein einziges Verkehrsmittel ausgewählt oder nur zwischen einer Teilmenge der Alternativen differenziert hatten, getrennt von den anderen Respondenten ausgewertet werden. Die Analyse der 467 für die Auswertung zur Verfügung stehenden Antworten ergab eine Anzahl von 199, auch als captive riders zu bezeichnende Personen. Diese Gruppe von Befragten mit festen Alternativen setzte sich aus 152 reinen Pkw-Fahrern, 13 Nutzern des ÖPNV, sieben Fahrern und sechs Mitfahrern einer Fahrgemeinschaft sowie 21 Personen, die ausschließlich andere Verkehrsmittel zur Arbeit benutzen, zusammen.

## 7.2 Beschreibung der Stichprobe

Im Rahmen der Vorbereitung und Überprüfung der Daten wurden ausgehend von einem Rücklauf von 605 Fragebögen insgesamt 138 Probanden<sup>7</sup> aufgrund unvollständiger, unrealistischer oder unglaubwürdiger Antworten aus den weiteren Auswertungen ausgeschlossen. Zur Klassifizierung der verbleibenden 467 Respondenten wurden die anhand der beiden Schlüsselkriterien Pkw-Verfügbarkeit und Arbeitszeitmodell in Kapitel 5.2 definierten Gruppen I bis IV herangezogen. Der Großteil der 438 Personen (93,8%) gehörte der Gruppe I mit verfügbarem Pkw und Gleitzeitmodell an. Die verbleibenden 19 Mitarbeiter mit Pkw-Verfügbarkeit (4,1%) arbeiteten in einem festen Arbeitszeitmodell (Gruppe III). Die Probanden, die für ihren Arbeitsweg nicht auf einen Pkw zurückgreifen konnten, verteilen sich zu acht Personen (1,7%) auf die Gruppe IV (Gleitzeitmodell) und zu zwei Respondenten (0,4%) auf die Gruppe II (festes Arbeitszeitmodell). In der Tabelle 7.1 werden der Rücklauf der Stichprobe, die von der Auswertung ausgeschlossenen Pro-

---

<sup>7</sup> Die Anzahl der 138 setzt sich aus den 23 Respondenten, die bereits vor dem Teil I die Erhebung beendeten, und den 115 von der Befragung ausgeschlossenen Probanden zusammen.

banden sowie die Aufteilung der in den weiteren Analysen zu berücksichtigen Befragten, differenziert anhand der Gruppeneinteilung, dargestellt.

Gruppe	Rücklauf	Ausschluss	Auswertung	Lexiko.	Feste Alt.	Wahlfreie
Gruppe I	562	124	438	31	180	227
Gruppe II	5	3	2	0	1	1
Gruppe III	27	8	19	0	13	6
Gruppe IV	11	3	8	1	5	2
Summe	605	138	467	32	199	236

Tabelle 7.1: Charakterisierung der Stichprobe

In den ersten Spalten sind die Antworten der Erhebung (Rücklauf) sowie die aufgrund unvollständiger Angaben und mangelnder Ernsthaftigkeit auszuschließenden Respondenten (Ausschluss) dargestellt. Die für die weiteren Auswertungen zur Verfügung stehenden Probanden (Auswertung) teilen sich in die Gruppen von Personen mit lexikographischen Entscheidungsregeln (Lexiko.), Probanden mit festen Alternativen (Feste Alt.) und Respondenten ohne Einschränkungen (Wahlfreie) auf.

Von den für die folgenden Untersuchungen verbleibenden 467 Probanden arbeiteten zum Zeitpunkt der Erhebung 94,4% auch tatsächlich im MTC. Die anderen Respondenten gehörten zwar organisatorisch dem MTC an, waren aber an anderen Standorten in Sinfeldingen innerhalb der Verkehrszelle des MTC tätig. Bezogen auf die Stichprobe hatten 97,9% der Befragten einen Pkw für ihre Fahrten zur Arbeit zur Verfügung. 95,5% der Mitarbeiter arbeiteten im Gleitzeitmodell und 4,5% in einem festen Arbeitszeitmodell. 4,5% der Respondenten besaßen eine Zeitfahrkarte für den ÖPNV und 16,9% hatten einen Dienstwagen zu ihrer persönlichen Verfügung.

### 7.2.1 Die aktuelle Verkehrsmittelwahl

Die in die weiteren Auswertungen integrierten Antworten wurden hinsichtlich der aktuellen, realen Verkehrsmittelwahl der Probanden untersucht und sind in der Abbildung 7.2 dargestellt. Den mit großem Abstand höchsten Anteil der Verkehrsmittel erreichte der Pkw mit 74,9%. Neben dem ÖPNV mit 5,8% nutzten die Befragten zu 11,7% Fahrgemeinschaften, die sich auf Fahrer (6,6%) und Mitfahrer (5,1%) aufteilten. Motorisierten Zweirädern kam mit 1,1% für Fahrzeuge ab  $125\text{cm}^3$  und 0,3% für Fahrzeuge bis zu  $125\text{cm}^3$  eine verhältnismäßig geringe Bedeutung zu. Im Vergleich zum relativ häufig genutzten Fahrrad mit 5,5%, wurde die Arbeitswege kaum zu Fuß zurückgelegt (0,7%).



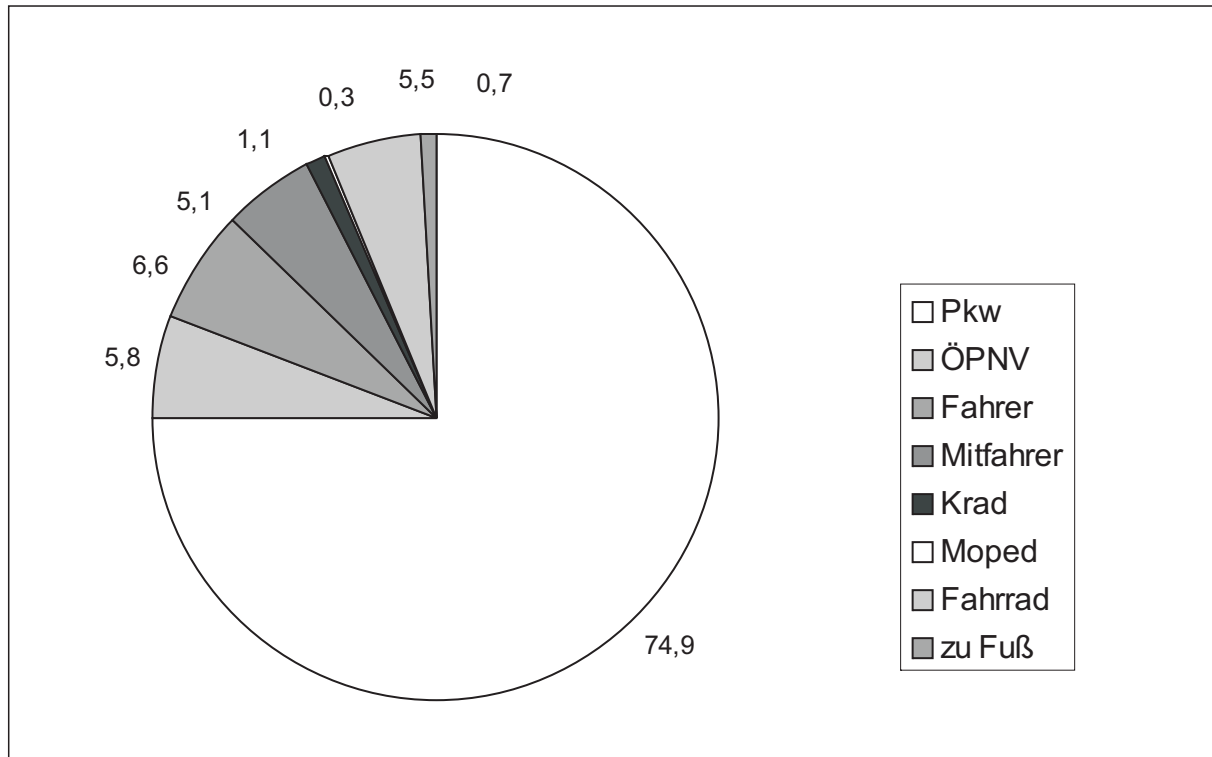


Abbildung 7.2: Die aktuelle Verkehrsmittelwahl zum Zeitpunkt der Erhebung<sup>8</sup>

### 7.2.2 Soziodemographische Kriterien

Im Zuge der Befragung wurden im Anschluss an die Präsentation der Entscheidungssituationen die soziodemographische Struktur der Respondenten auf freiwilliger Basis (vgl. Kapitel 6.4.2) erhoben.<sup>9</sup> Die Mehrheit der Befragten war mit 90,5% männlich. Die Analyse der Altersstruktur ergab hohe Anteile von 41,8% und 34,5% für die Gruppen der 30- bis 39- bzw. der 40- bis 49-jährigen Mitarbeiter. Sowohl die Anteile der jüngeren (20 bis 29 Jahre) als auch der älteren Probanden (50 bis 59 Jahre) fielen mit 12,4% und 11,3% entsprechend geringer aus. Die Gruppen des Familienstandes setzten sich zu 62,3% und 32,5% aus verheirateten und ledigen Mitarbeitern zusammen. Die getrennt lebenden und geschiedenen Personen spielten mit 1,7% und 3,5% eine untergeordnete Rolle. 23,3% der Befragten lebten alleine. Neben den 68,4% der Haushalte mit zwei Erwachsenen konnten 8,3% als Haushalte mit drei oder mehr Erwachsenen identifiziert werden. Bei der Anzahl der Kinder überwogen die Haushalte ohne Kinder mit 54,5%. 14,8% bzw. 22,6% der Befragten lebten mit einem bzw. zwei Kindern zusammen. Zu 8,1% der Haushalte gehörten mehr als zwei Kinder.

<sup>8</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>9</sup> Infolge der freiwilligen Angaben zu den soziodemographischen Fragen standen für die Auswertung der charakteristischen Merkmale der Teilnehmer eine unterschiedlich große Anzahl an Antworten zwischen 335 und 456 zur Verfügung.

Die Untersuchung der Wochenarbeitsstunden ergab einen Schwerpunkt auf die erwarteten Bereiche von 31 bis 35 und 36 bis 40 Stunden mit 35,7% sowie 46,8%. Von 16,0% der Mitarbeiter wurde eine Arbeitszeit von mehr als 40 Stunden in der Woche angegeben. Respondenten in Teilzeitbeschäftigung mit weniger als 31 Stunden wurden nur zu einem Anteil von 1,5% identifiziert. Besonders das Merkmal des Brutto-Monatseinkommens war geprägt von der Antwort "keine Angabe". Der größte Anteil der verbliebenen Antworten ergab sich zu 32,5% für die Gruppe mit einem Verdienst zwischen 5001 und 7500 Euro je Monat. Die folgenden Stufen 4001 bis 5000, 3001 bis 4000, 2501 bis 3000, 2001 bis 2500 und 1501 bis 2000 Euro erreichten Anteile von 20,6%, 23,3%, 11,9%, 5,1% sowie 3,3%. Für die verbleibenden vier Gruppen mit einem sehr hohen Einkommen (> 7500 Euro) bzw. einem sehr niedrigen Gehalt von 1001 bis 1500, 500 bis 1000 und < 500 Euro konnten nur geringe Anteile von 1,5%, 1,2% und zweimal 0,3% lokalisiert werden.

Die Hinfahrt zum Arbeitsplatz wurde von den Probanden in den meisten Fällen von ihrem Heimatort durchgeführt. 87,5% der Befragten gaben an, dass sie an weniger als sechs Tagen im Monat nicht direkt von zu Hause zur Arbeit fahren. An sechs bis zehn, elf bis 15 und mehr als 15 Tagen fuhren 6,8%, 1,9% und 3,8% der Befragten von einem alternativen Ort an ihren Arbeitsplatz. Bei der Rückfahrt von der Arbeit nach Hause konnte eine größere Verknüpfung der Fahrten im Berufsverkehr mit anderen Verkehrszwecken wie z.B. Freizeit oder Einkaufen festgestellt werden. Zu 53,5%, 29,8%, 10,1% und 6,6% wurden an weniger als sechs, zwischen sechs und zehn, zwischen elf und 15 sowie an mehr als 15 Tagen keine direkten Fahrten von der Arbeit nach Hause durchgeführt.

### 7.2.3 Zusammenhänge zur Verkehrsmittelwahl

Sowohl die zu Beginn der Befragung erhobenen allgemeinen Charakteristika als auch im besonderen die im vorherigen Abschnitt beschriebenen soziodemographischen Kriterien wurden hinsichtlich signifikanter Zusammenhänge in Bezug zur aktuellen Verkehrsmittelwahl untersucht. Wie bereits in Kapitel 6.2.6 beschrieben, können die die Verkehrsmittelwahl signifikant beeinflussenden Eigenschaften der Probanden im Rahmen der im weiteren Verlauf der Auswertung folgenden Modellierung als zusätzliche Faktoren in die Nutzenfunktionen der Alternativen integriert werden. Um einen Zusammenhang zwischen persönlichen Kriterien und aktuell präferierten Verkehrsmitteln herstellen zu können, mussten die Probanden vorab in Klassen von Verkehrsteilnehmern mit möglichst homogenen Verhaltensweisen eingeteilt werden. Die in der Erhebung von den Respondenten durchgeführte prozentuale Aufteilung ihrer individuell genutzten Verkehrsmittel wurde entsprechend in eine in der Tabelle 7.2 dargestellte Einteilung der Befragten in neun Typen von Verkehrsteilnehmern umgesetzt.

Nr.	Typ von Verkehrsteilnehmer	Anteil [%]
1	mIV-captives (Pkw + Motorrad + Moped = 100%)	32,5
2	mIV-Typ (Pkw + Motorrad + Mop > 95%)	31,3
3	ÖV-Typ (ÖV > 95%)	4,1
4	Fahrer-Typ (F > 20%, mIV + F > 95%)	8,6
5	Mitfahrer-Typ (M > 20%, ÖV + M > 95%)	1,0
6	Fahrgemeinschafts-Typ (F + M > 20%, F + M + mIV + ÖV > 95%)	6,2
7	Flexibler Anti-Fahrgemeinschafts-Typ (mIV + ÖV > 95%)	4,3
8	Unmotorisierter-Typ (Fahrrad + zu Fuß > 50%)	5,3
9	Wechsler-Typ	6,7

Tabelle 7.2: Typen von Verkehrsteilnehmern

Neben den 32,5% der Probanden, die ausschließlich mit individuellen Verkehrsmitteln ihre Arbeitswege zurücklegen (mIV-captives), bildete die Gruppe der Befragten, die zu mindestens 95% den Pkw, das Motorrad oder das Moped benutzen (IV-Typ), mit einem Anteil von 31,3% den zweiten bedeutenden Typ der Verkehrsteilnehmer. 4,1% der Probanden gehörten einem entsprechenden ÖV-Typ an. Respondenten, die zusätzlich zum mIV oder ÖV noch zu mindestens 20% als Fahrer (F) bzw. als Mitfahrer (M) einer Fahrgemeinschaft ihre Arbeitswege bewältigten, waren zu 8,6% (Fahrer-Typ) und 1,0% (Mitfahrer-Typ) vertreten. 6,2% bzw. 4,3% der Befragten wechselten zwischen IV, ÖV und einer Fahrgemeinschaft (Fahrgemeinschafts-Typ) bzw. nur zwischen dem mIV und dem ÖV (Flexibler Anti-Fahrgemeinschafts-Typ). Neben dem Anteil der unmotorisierten Pendler von 5,3% (Unmotorisierter-Typ), nutzten 6,7% der Befragten verschiedenste Verkehrsmittel im Berufsverkehr (Wechsler-Typ).

Zur Untersuchung von möglichen Zusammenhängen zwischen den Eigenschaften der Probanden und ihrer Verkehrsmittelwahl im Berufsverkehr kam aufgrund des nominalen Skalenniveaus der beschriebenen neun Typen von Verkehrsteilnehmern der Chi-Quadrat-Test zur Anwendung.<sup>10</sup> Als Grundlage der Tests wurden die kombinierten Häufigkeitsverteilungen der analysierten Variablenpaare in Form von zweidimensionalen Kreuztabellen verwendet. Zur Erfüllung der Voraussetzungen für einen Chi-Quadrat-Test wurde sichergestellt, dass die Kreuztabellen mindestens sechs Felder besaßen und dass mindestens 80% der Felder eine erwartete Häufigkeit von  $\hat{n}_{i,j} \geq 5$  aufwiesen. Die erwarteten Häufigkeiten wurden unter der Voraussetzung, dass bei vollkommen unabhängiger Verteilung der beiden Variablen die Verteilung der einen Variable innerhalb der Kategorien der anderen Variable nicht wesentlich voneinander abweicht, aus den Randverteilungen beider Variablen berechnet. Aus den beobachteten ( $n_{i,j}$ ) und erwarteten ( $\hat{n}_{i,j}$ ) Häufigkeiten wurden über die Zeilen (i) und Spalten (j) der Kreuztabellen die Prüfmaße  $\chi^2$  mit Hilfe der Gleichung

<sup>10</sup> Vgl. BROSIUS (1998), S. 402f und MÜHLBACHER (1995), S. 2285f.

chung 7.1 bestimmt.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{(n_{i,j} - \hat{n}_{i,j})^2}{\hat{n}_{i,j}} \quad (7.1)$$

Je größer die Abweichungen zwischen den beobachteten und erwarteten Häufigkeiten waren, desto größere  $\chi^2$  – Werte ergaben sich, die auf einen Zusammenhang zwischen den betrachteten Variablen hindeuteten. Um zufällige Abweichungen auszuschließen, liegt dem Chi-Quadrat-Test eine Verteilung der  $\chi^2$  – Werte zugrunde, die eine Wahrscheinlichkeit als zweiseitige, asymptotische Signifikanz berechnet, dass sich ein bestimmter  $\chi^2$  – Wert ergibt, auch wenn die Variablen in der Grundgesamtheit unabhängig voneinander sind. Unter der Wahl einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% bzw. 5% (s.u.) wurde die Nullhypothese, dass kein Zusammenhang zwischen den Variablen besteht, zurückgewiesen, wenn eine entsprechende Signifikanz ausgewiesen werden konnte. In der Tabelle 7.3 sind die auf einen Zusammenhang zur Verkehrsmittelwahl getesteten Eigenschaften der Respondenten mit ihren  $\chi^2$  – Werten nach Pearson und ihren korrespondierenden Signifikanz dargestellt.

Nr.	Eigenschaft	$\chi^2$ – Wert	Signifikanz
1	Plz	19,749	0,138
2	Arbeitsort	1,198	0,549
3	Arbeitszeitmodell	4,308	0,116
4	Pkw-Verfügbarkeit	102,885	0,000
5	ÖV-Zeitfahrkarte	38,773	0,000
6	Dienstfahrzeug	34,172	0,000
7	Geschlecht	0,138	0,933
8	Alter	17,986	0,006
9	Familienstand	4,023	0,403
10	Erwachsene im Haushalt	12,208	0,057
11	Kinder im Haushalt	6,180	0,403
12	Wochenstunden	15,400	0,017
13	Einkommen	25,984	0,004
14	Tage ohne direkte Fahrt am Morgen	1,697	0,791
15	Tage ohne direkte Fahrt am Abend	18,259	0,006

Tabelle 7.3: Die Eigenschaften der Probanden in Bezug auf ihre Verkehrsmittelwahl

Infolge einer gewählten Irrtumswahrscheinlichkeit von 1% konnte ein Zusammenhang der Verkehrsmittelwahl zu den Kriterien der Verfügbarkeit eines Pkw, einer ÖV-Zeitfahrkarte und eines Dienstwagens sowie dem Alter, dem Einkommen und der Anzahl der Tage ohne direkte Fahrt von der Arbeit zum Wohnort nachgewiesen werden. Bei der Wahl einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% konnte zusätzlich die wöchentliche Arbeitszeit als signifikant abhängig von der Verkehrsmittelwahl belegt werden.

Für die Eigenschaften der Verfügbarkeit eines Pkw, eines Dienstwagens und einer Zeitfahrkarte für den öffentlichen Verkehr ergaben sich die vorab vermuteten Zusammenhänge zur Verkehrsmittelwahl. Die Personen, die den beiden Typen mIV-captives und mIV angehörten, hatten auch überdurchschnittlich häufig einen Pkw und einen Dienstwagen für ihre Arbeitswege zur Verfügung. Entsprechend umgekehrt besaßen die Probanden der Gruppe ÖV-Typ häufiger eine ÖV-Zeitfahrkarte als die übrigen Verkehrsteilnehmer.

Kennzeichnend für den Zusammenhang zwischen Alter und Verkehrsmittelwahl war der überdurchschnittlich hohe Anteil der mIV-captives bei den Altersgruppen 20 bis 29 und 30 bis 39 Jahre. Die Probanden vom Typ mIV hingegen waren mit höheren Anteilen in den Gruppen der 40- bis 49- und 50- bis 59-jährigen vertreten. Für das Einkommen konnte die Vermutung, je höher das Gehalt, desto größer der Anteil der Pkw-Nutzer, nicht bestätigt werden. Für die hohen Einkommensgruppen ( $> 5000$  Euro) konnte sogar ein unterdurchschnittlicher Anteil der mIV-captives und ein überdurchschnittlicher Anteil an Respondenten, die nicht zu den beiden Pkw-Typen gehören, belegt werden. Es konnte nachgewiesen werden, dass die jüngeren Befragten, mit einem im Mittel geringeren Einkommen überdurchschnittlich oft ihren Pkw als Verkehrsmittel im Berufsverkehr nutzen. Die älteren Mitarbeiter mit einem überdurchschnittlichen Gehalt waren dagegen in der Gruppe der Pkw-Fahrer unterrepräsentiert.

Sowohl das Kriterium der Anzahl der Tage ohne einen direkten Weg von der Arbeit nach Hause als auch die Arbeitsstunden je Woche zeigten die erwarteten Zusammenhänge zur Verkehrsmittelwahl auf. Je häufiger nach der Arbeit alternative Ziele angesteuert wurden bzw. je höher die Anzahl der Arbeitsstunden, desto zahlreicher kam der Pkw als Transportmittel zum Einsatz.

## 7.3 Graphische Auswertung

Nach der Beschreibung der Stichprobe in dem vorangegangenen Kapitel dient die graphische Auswertung der Gewinnung eines ersten Überblicks über die in den SP-Situationen geäußerten Präferenzen der Probanden. Eine übersichtliche Darstellung der Häufigkeiten der in der Erhebung angebotenen Faktoren in Bezug auf die durchschnittlichen Anteile der Alternativen ermöglicht eine vorläufige Einschätzung der Haupteffekte aller Merkmale. Bei Einbeziehung eines zweiten Attributs in derselben Darstellung können auch die Charakteristika der Wechselwirkungen erster Ordnung deutlich gemacht werden. Die Betrachtung erfolgt dabei getrennt für jede Alternative, indem die entsprechenden Marktanteile, gemittelt über alle Probanden, auf der Ordinate über den einzelnen Ausprägungen der Merkmale auf der Abszisse abgetragen werden. Ein Vergleich der Marktanteile gibt

Auskunft über die am stärksten präferierten Ausprägungen jedes Faktors. Darüber hinaus bieten die transparent in Erscheinung tretenden funktionalen Zusammenhänge gute Ansatzpunkte für die spätere Modellierung der Verkehrsmittelwahl. Sie können dazu beitragen, den Aufwand bei der Parameterschätzung zu reduzieren.<sup>11</sup>

Einen ersten Eindruck der Bedeutung einzelner Merkmale für die Wahl der verschiedenen Alternativen kann über eine Darstellung der Rangfolge von Wichtigkeiten und relativen Wichtigkeiten erreicht werden.<sup>12</sup>

- Die **Wichtigkeit** eines Merkmals entspricht der Spannweite des Nutzenbereichs seiner Ausprägungen. Ein Merkmal kann durch die Modifikation seiner Ausprägungen maximal eine Erhöhung der Präferenz erreichen, die der größten Differenz der den Ausprägungen zugeordneten Nutzenwerten entspricht.
- Die **relative Wichtigkeit** eines Merkmals wird als relativer Anteil seiner Wichtigkeit an der Summe der Wichtigkeiten aller Faktoren definiert. Die relative Wichtigkeit ist entsprechend der eingehenden Wichtigkeiten von den Nutzendifferenzen der Ausprägungen und nicht von den unterschiedlichen Niveaus der einzelnen Nutzenfunktionen geprägt.

In Anlehnung an diese Definitionen können die Wichtigkeiten und relativen Wichtigkeiten aus den erreichten Marktanteilen bestimmt werden. Die Darstellung dieser Rangfolgen gibt einen Überblick über die Bedeutsamkeit der einzelnen Merkmale und ihrer Ausprägungen.

### 7.3.1 Häufigkeiten der Merkmalsausprägungen

Zur Darstellung der Einflüsse aller in die Untersuchung integrierten relevanten neun Merkmale wurden die relativen Häufigkeiten ihrer insgesamt 23 Ausprägungen über alle Probanden, getrennt nach den gewählten Alternativen, verwendet. Mit Ausnahme der Kontrollfrage in Situation fünf wurden die absoluten Häufigkeiten der präsentierten Merkmalsausprägungen ( $N$ ) über die verbleibenden elf Entscheidungssituationen berechnet. Anhand der von den Respondenten präferierten Verkehrsmittel wurden die Daten der Erhebung in fünf entsprechende Datensätze eingeteilt. Separat für jede Alternative ( $k$ ) wurden die absoluten Häufigkeiten der in den Auswahl-situationen angebotenen Ausprägungen der Merkmale ( $N_k$ ) bestimmt. Die verkehrsmittelspezifischen relativen Häufigkeiten ( $n_k$ ) wurden für alle Ausprägungen zu  $n_k = \frac{N_k}{N}$  ermittelt. Neben diesen isolierten Einflüssen

---

<sup>11</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 43.

<sup>12</sup> Vgl. BACKHAUS *et al.* (2000), S. 579f.

einzelner Merkmalsausprägungen wurden zur Analyse der Abhängigkeiten zwischen den Faktoren zusätzlich zweidimensionale relative Häufigkeiten bestimmt. Dabei wurden für alle Kombinationen von jeweils zwei Ausprägungen unterschiedlicher Merkmale die Häufigkeiten nach dem oben erläuterten Verfahren berechnet.

Infolge der Signifikanz der Eigenschaft der Befragten in Bezug auf die Verfügbarkeit von Zeitfahrkarten (vgl. Abschnitt 7.2) konnte auch unter veränderten Bedingungen zur Nutzung von Fahrgemeinschaften auf eine hohe Konstanz der Anteile der Alternative "ÖV" geschlossen werden. Für die Respondenten, die u.a. die Variante einer unmotorisierten Fahrt für ihren Berufsweg präferierten, konnte eine signifikant geringere Entfernung zwischen Wohnort und Arbeitsplatz nachgewiesen werden. Demzufolge wurden positive Verlagerungseffekte für die Verkehrsmittel Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft zu einem sehr großen Anteil vom Pkw erwartet. Entsprechend wurden die relativen Häufigkeiten der Alternative Pkw-Alleinfahrer detailliert analysiert und graphisch aufbereitet. Zur Darstellung der separaten Einflüsse jeweils eines Merkmals auf die Wahl des Pkw als präferiertes Verkehrsmittel wurden die relativen Häufigkeiten in prozentualer Angabe auf der Ordinate über den entsprechenden auf der Abszisse dargestellten Ausprägungen des betrachteten Faktors abgetragen. Die Veranschaulichung der in Kombination von jeweils zwei Merkmalen auftretenden Wirkungen wurde durch die Einführung einer dritten Dimension in Form von mehreren Funktionsverläufen in einer Graphik erreicht. Die auch als Marktanteile der Variante Pkw zu deutenden relativen Häufigkeiten wurden in Form einer Matrix von 81 Graphiken in Anhang C dargestellt. Getrennt durch die Hauptdiagonale, in der die neun isolierten Einflüsse der Merkmale platziert wurden, erfolgte die Darstellung der 36 unabhängigen Wirkungen infolge der Kombination zweier Faktoren in beiden Hälften der Matrix.

### 7.3.2 Abschätzung der Effekte

Aus der im vorhergegangenen Abschnitt beschriebenen Auswertung und graphischen Aufbereitung der Präferenzen der Probanden in Form der relativen Häufigkeiten der präsentierten Ausprägungen im Fall der Wahl des Pkw als bevorzugtes Verkehrsmittel wurden die Haupteffekte und Wechselwirkungen erster Ordnung (vgl. Kapitel 4.3) der Einflussfaktoren abgeleitet. Am Beispiel des Merkmals Abholort wird die Identifizierung der entsprechenden Haupteffekte anhand der Abbildung 7.3 verdeutlicht. Die bei drei Ausprägungen auftretenden zwei unabhängigen Haupteffekte entsprachen der Veränderung des Marktanteils des Pkw infolge eines Wechsels von einer zur anderen Ausprägung. Wie in der Abbildung zu erkennen, steigerte sich der Anteil der Pkw-Nutzer um 0,5%-Punkte durch die Veränderung des Abholortes der Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft von zu Hause (Haus) zu einem Treffpunkt, der zu Fuß zu erreichen ist (Treff zu Fuß). Der zweite Haupteffekt

fiel mit 13,2%-Punkten infolge der Verlagerung des Abholortes für Fahrgemeinschaften von einem zu Fuß erreichbaren zu einem nur mit dem Pkw zu erreichenden Treffpunkt (Treff mit Pkw) deutlich höher aus.

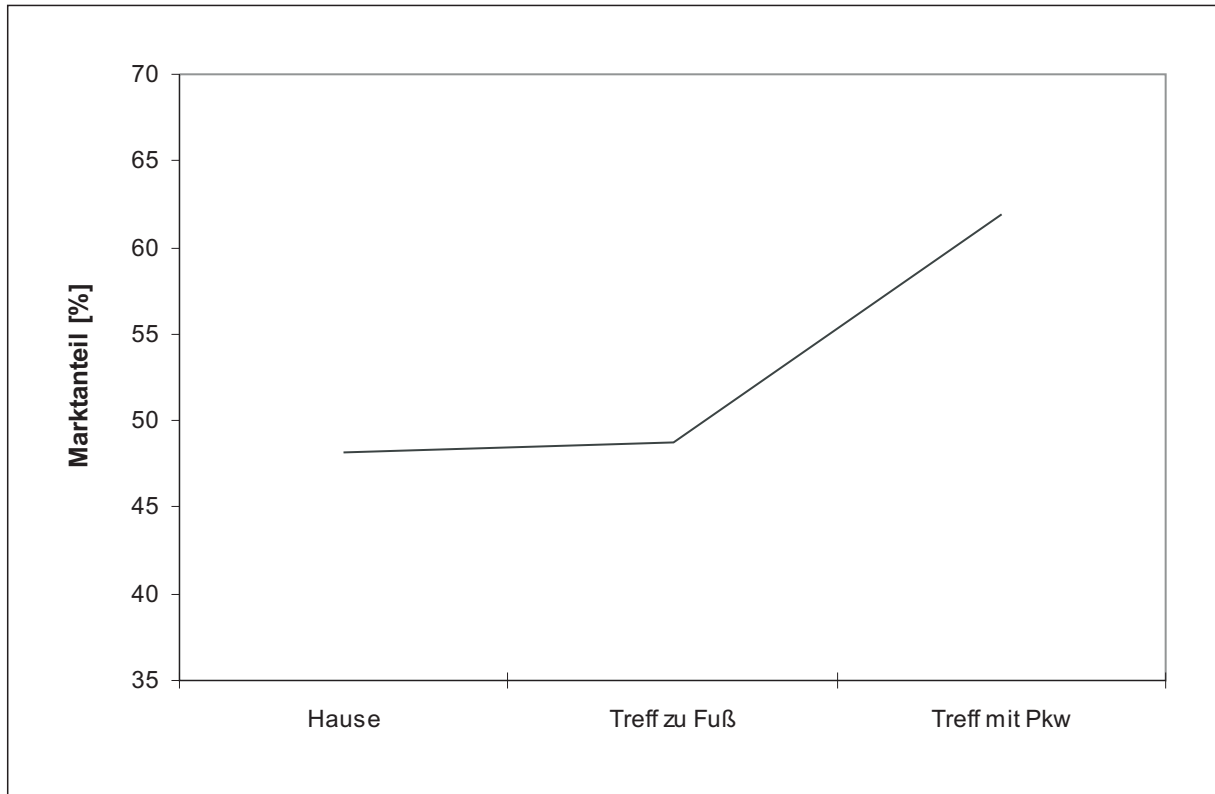


Abbildung 7.3: Haupteffekt des Merkmals Abholort<sup>13</sup>

Zum Vergleich der neun untersuchten Merkmale wurden ihre aus den relativen Häufigkeiten abgeleiteten Wichtigkeiten dargestellt. Die Wichtigkeit eines Faktors wurde zu Beginn dieses Abschnitts als Spannweite des Nutzenbereichs seiner Ausprägungen definiert. Diese Differenz zwischen maximalem und minimalem Nutzenwert entspricht der maximalen Wirkung eines Merkmals auf die Präferenz einer Alternative, die durch die Modifikation seiner Ausprägungen erreicht werden kann. Die Wichtigkeiten der Attribute sind in Abbildung 7.4 dargestellt.

Die Graphik gibt einen guten Überblick über die Einflüsse der Merkmale auf den Marktanteil des Pkw. Die Reisezeit erreicht mit einer Spannweite von 16,0%-Punkten den größten Wert, was im Umkehrschluss darauf deutet, dass die Minimierung der Reisezeit für Fahrgemeinschaften einen entscheidenden Punkt für ihre Nutzung spielt. Der Faktor des Abholortes scheint ebenfalls eine hohe Relevanz zu besitzen. Der abgeleitete Effekt mit 13,7%-Punkten wirkt aber kontraproduktiv zur Reisezeit, da der Marktanteil des Pkw

<sup>13</sup> Quelle: Eigene Darstellung.



nur dann einen entsprechenden kleineren Anteil aufweist, wenn die Abholung der Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft von zu Hause oder einem Treffpunkt in fußläufiger Entfernung stattfindet, was gleichzeitig zu einer Verlängerung der Reisezeit führt. Die Wichtigkeit der Fahrzeuge von 11,8%-Punkten lässt darauf schließen, dass durch die Bereitstellung von unternehmensinternen Fahrzeugen für Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr der Marktanteil des Pkw gesenkt werden kann. Weitere relevante Merkmale zur Förderung von Fahrgemeinschaften scheinen das Angebot eines Online-Dienstes zur Suche von Partnern (9,6%-Punkte) sowie das Angebot einer Notstrategie mit der Wahl zwischen Fuhrparkfahrzeugen und dem ÖPNV (8,5%-Punkte) zu sein. Die Kosten (6,5%-Punkte) und die Bekanntheit der anderen Teilnehmer der Fahrgemeinschaften (6,2%-Punkte), gefolgt von der Flexibilität (3,3%-Punkte) und reservierten Parkplätzen (1,2%-Punkte), weisen entsprechend geringere Potenziale in ihrer Wirkung auf die Marktanteile des Pkw auf.

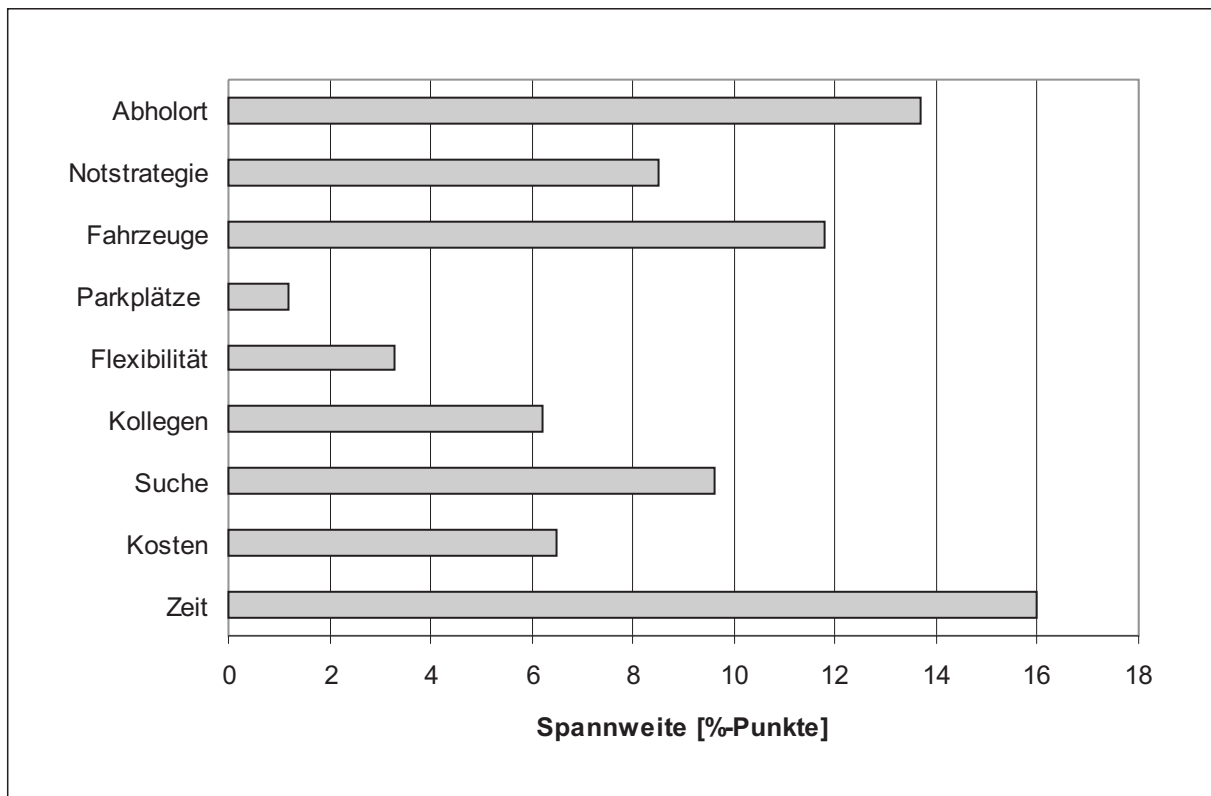


Abbildung 7.4: Wichtigkeiten der Merkmale für die Alternative Pkw<sup>14</sup>

Diese separaten Effekte der Merkmale beschreiben lediglich die geschätzte Veränderung der Wahl der Alternative Pkw unter der Bedingung, dass alle anderen Faktoren in ihren Ausprägungen konstant bleiben. Um jedoch die Wirkung der parallelen Variation von jeweils zwei Merkmalen abschätzen zu können, ist neben der Summierung der einzelnen Haupteffekte beider Merkmale die Wechselwirkung zwischen ihnen zu berücksichtigen. Zur

<sup>14</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

Demonstration der Wirkungsweisen der Wechselwirkungen wird im folgenden das oben angeführte Beispiel des Merkmals des Abholortes um den Faktor der Notstrategie erweitert. In der Abbildung 7.5 ist zusätzlich zum Abholort das Merkmal der Notstrategie mit den beiden Möglichkeiten der Durchführung einer Notfallfahrt mit einem kostenpflichtigen Fuhrparkfahrzeug oder dem kostenlosen ÖPNV (Fuhrpark) sowie dem kostenpflichtigen ÖPNV (ÖPNV) dargestellt. Für diesen Fall mit einem Merkmal zu drei und dem anderen Attribut zu zwei Ausprägungen konnten zwei unabhängige Wechselwirkungen erster Ordnung als halbe Differenzen der parallel verschobenen Funktionen ermittelt werden (vgl. Kapitel 4.3). Für die beiden linken Funktionsteile errechnete sich die erste Wechselwirkung ( $WW1$ ) zu  $WW1 = \frac{(56,1\% - 44,4\%) - (54,7\% - 46,0\%)}{2} = 1,5\%$ -Punkten. Entsprechend wurde die zweite Wechselwirkung ( $WW2$ ) für die rechten Teile der Funktionen zu  $WW2 = -1,0\%$ -Punkten bestimmt.

Die Fragestellung der sich veränderten Marktanteile des Pkw bei gleichzeitiger Variation der Ausprägungen von zwei Merkmalen konnte nun durch die Summierung der beiden Haupteffekte und ihrer gemeinsamen Wechselwirkung beantwortet werden. Für das Beispiel der kombinierten Betrachtung der Merkmale Abholort und Notstrategie wurden zwei unabhängige Ereignisse definiert.

Der Fall eins ( $E_1$ ) beschreibt die parallele Variation der Ausprägungen Abholung von zu Hause zu einem Treffpunkt in fußläufiger Entfernung sowie die Änderung der Notfallfahrt von der Ausprägung Fuhrpark zu der Ausprägung ÖPNV. Das zweite Ereignis ( $E_2$ ) war durch die Veränderung des Abholortes von einem Treffpunkt, der zu Fuß zu erreichen war, zu einem nur mit dem Pkw zu erreichenden Treffpunkt charakterisiert. Die Variation der Notstrategie entsprach dabei der des ersten Falls. Unter Verwendung des Haupteffektes für das Merkmal der Notstrategie von 8,5%-Punkten ergaben sich die Änderungen des Marktanteils für den Pkw zu  $E_1 = 0,5\% + 8,5\% + 1,5\% = 10,5\%$ -Punkten und zu  $E_2 = 13,2\% + 8,5\% - 1,0\% = 20,7\%$ -Punkten. Es wurde deutlich, dass für den Fall eins durch die Kombination der beiden Änderungen ein größerer Effekt erzielt werden konnte, als die einfache Summierung der Haupteffekte vermuten ließ. Im zweiten Fall ergab sich eine entgegengesetzte Wirkung der Wechselwirkung, so dass der gemeinsame Effekt einen kleineren Einfluss auf den Marktanteil hatte als die beiden einzelnen Haupteffekte erwarten ließen.<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Im Zuge einer Auswertung können die summierten Effekte auch direkt aus der Abbildung 7.5 abgelesen werden.

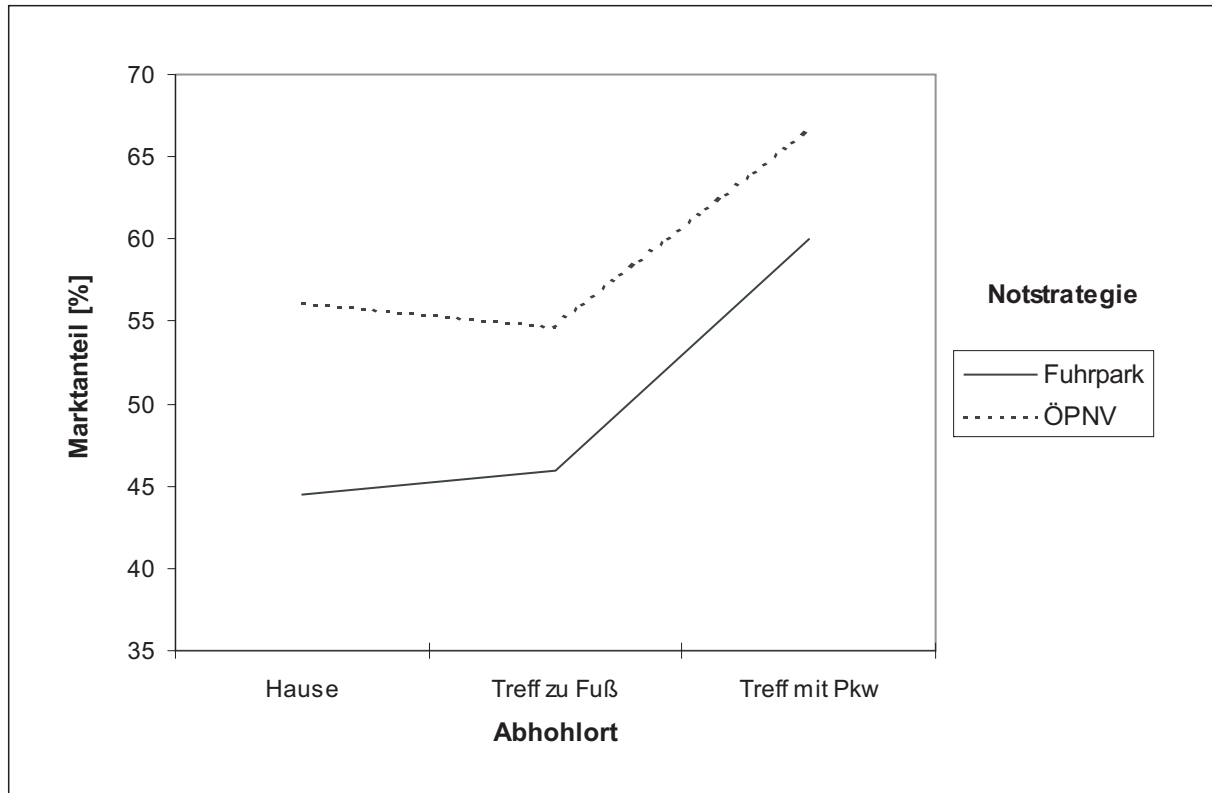


Abbildung 7.5: Wechselwirkungen der Merkmale Abholort und Notstrategie<sup>16</sup>

Entsprechend der oben beschriebenen Vorgehensweise wurden mit Hilfe der Analyse der relativen Häufigkeiten der neun Merkmale und ihrer insgesamt 23 Ausprägungen die 86 Wechselwirkungen erster Ordnung aus den Präferenzen der Respondenten abgeleitet. Aufgrund der im Vergleich zu den Haupteffekten geringeren Bedeutung der Wechselwirkungen (vgl. Kapitel 4.3) werden in diesem Kapitel nur die bedeutendsten Wechselwirkungen vorgestellt. Die Untersuchung der Merkmale Abholort und Flexibilität ergab zwei unabhängige Einflüsse von 7,8%- und 9,8%-Punkten. Bei der gemeinsamen Betrachtung vom Abholort und den Kosten konnten ebenfalls zwei relevante Wechselwirkungen in der Höhe von 4,4%- und 7,4%-Punkten identifiziert werden. Auch die Kombination des Abholortes mit der Reisezeit erbrachte Effekte von 10,4%- und 7,1%-Punkten. Eine einzelne wichtige Wechselwirkung konnte zwischen den für die Fahrt mit einer Fahrgemeinschaft genutzten Fahrzeugen und der Flexibilität mit 5,6%-Punkten ausgemacht werden. Weitere Zusammenhänge wurden zwischen den Merkmalen der Suche nach Fahrgemeinschaftspartnern und den genutzten Fahrzeugen mit 7,3%-Punkten sowie zwischen Kosten und Reisezeit mit 10,0%-Punkten festgestellt.

<sup>16</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

## 7.4 Bestimmung der Parameter

Im Anschluss an die Abschätzung der Wirkungen der Merkmale anhand der graphischen Auswertung ihrer Häufigkeiten, in den Fällen der Wahl des Pkw als präferiertes Verkehrsmittel für die tägliche Fahrt im Berufsverkehr, folgt die Bestimmung der Parameter. Sie dient einer exakten Berechnung aller Einflussfaktoren auf Basis einer individuellen Abbildung der Situation der Verkehrsmittelwahl im MTC. Dieser Prozess der Modellierung stellt zugleich den wichtigsten als auch den schwierigsten Teil der Auswertungen dar.<sup>17</sup> In Anschluss an die Aufbereitung der Daten wird die Aufstellung der Nutzenfunktionen als Abstraktion der komplexen Wirkungszusammenhänge der Realität zu einem Bündel von relevanten Faktoren mit ihren Ausprägungen als Grundlage der folgenden Parameterschätzung verwendet. Die Parameter sind so zu bestimmen, dass die modellierten Marktanteile der fünf Alternativen möglichst genau den in der Erhebung angegebenen Präferenzen der Probanden entsprechen. Nach der Auswahl einer geeigneten Variante des Modells werden die Ergebnisse mit Hilfe der Situation der Verkehrsmittelwahl zum Zeitpunkt der Erhebung geeicht, um Prognosen für die in Abschnitt 5.3 beschriebenen Szenarien zu ermöglichen. Die Erkenntnisse der graphischen Auswertung werden sowohl im Zuge der Erstellung des Modells als auch zur Überprüfung der Ergebnisse herangezogen.

### 7.4.1 Die Datenaufbereitung

Im Rahmen der Vorbereitungen zur Bestimmung der Koeffizienten wurden die in die Schätzung zu integrierenden Datensätze bestimmt. Entsprechend dem in dem Kapitel 7.2 beschriebenen Verhalten der Respondenten wurden sowohl die Befragten mit lexikographischen Entscheidungsregeln als auch die Verkehrsteilnehmer mit festen Alternativen bei der Parameterbestimmung nicht berücksichtigt. Dieser Anteil an Mitarbeitern, die in Bezug auf ihre Verkehrsmittelwahl als nicht wahlfrei zu bezeichnen sind, wird jedoch bei der Berechnung von Prognosen einbezogen. Unter den für die Parameterschätzung verbleibenden 236 Datensätzen dominierten die Respondenten der Gruppe I mit der Verfügbarkeit eines Pkw und den Arbeitsbedingungen der Gleitzeit (vgl. Abschnitt 7.2). Für die Befragten der drei anderen Kategorien mit einer Anzahl von einem Mitglied (Gruppe II) bzw. von sechs (Gruppe III) und zwei (Gruppe IV) Mitgliedern konnte aufgrund der geringen Fallzahlen eine separate Schätzung nicht durchgeführt werden. In Bezug auf die unterschiedlichen Alternativen der Verkehrsmittelwahl konnte auch eine gemeinsame Betrachtung der Gruppen II und IV (Mitarbeiter ohne Pkw-Verfügbarkeit) mit der ersten Kategorie nicht umgesetzt werden. Die Respondenten der Gruppe III mit der Verfügbarkeit eines Pkw aber festen Arbeitszeiten wurden jedoch bedingt durch ihre große Übereinstimmung

---

<sup>17</sup> Vgl. MAIER, WEISS (1990), S. 170f.

mit der Gruppe I in die Parameterschätzung integriert. Entsprechend standen für die Bestimmung der Koeffizienten 233 der 236 Datensätze der wahlfreien Respondenten zur Verfügung.

Für die in der Schätzung der Parameter zur Anwendung kommenden 233 Datensätze wurden die aus der Erhebung gewonnenen Angaben zusammengestellt und aufbereitet. Aus der in dem Abschnitt 6.4.2 dargestellten Gestaltung des Erhebungsinstrumentes wird deutlich, dass nicht zwangsläufig für alle Befragten ein vollständiger Datensatz vorlag. Im Unterschied zu den allgemeinen Angaben sowie dem aktuellen und dem in der Zukunft präferierten Mobilitätsverhalten wurden die soziodemographischen Merkmale auf freiwilliger Basis ermittelt. In einem ersten Schritt wurden die in der Befragung in Klassen erhobenen Ausprägungen der soziodemographischen Attribute (vgl. Kapitel 7.2.2) in neue, den Klassen korrespondierenden Mittelwerten umgewandelt. Anschließend wurden die fehlenden Werte des Geschlechts (vier), des Alters (drei), des Familienstandes (fünf), der Anzahl an Erwachsenen bzw. Kindern im Haushalt (acht bzw. sieben), der Arbeitsstunden je Woche (sechs), des Einkommens (63) sowie der Tage je Monat ohne direkten Weg von zu Hause zur Arbeit bzw. von der Arbeit nach Hause (17 bzw. acht) anhand der vollständig erhobenen Merkmale der Verfügbarkeiten eines Pkw und eines Dienstfahrzeuges sowie der Plz des Wohnortes bestimmt und in die entsprechenden Datensätze imputiert.

### 7.4.2 Die Nutzenfunktionen und Kodierung der Merkmale

Bereits mit der Festlegung der Antwortform Stated Choice in Kapitel 6.1.2 wurde gleichzeitig die Analyse­methode eines Logit-Modells aufgrund seiner Anwendbarkeit für mehr als zwei Alternativen als geeignet für die vorliegende Untersuchung identifiziert.<sup>18</sup> Das Logit-Modell, der Gruppe der Nutzenmaximierungsmodelle zugehörig, basiert auf der Annahme, dass ein Individuum die Alternative wählt, die ihm den größten Nutzen verspricht. Die Gesamtnutzenwerte der Alternativen werden mit Hilfe von mathematischen Anweisungen, den Nutzenfunktionen, aus den Teilnutzenwerten der einzelnen Faktoren berechnet. Die Aufstellung von separaten Nutzenfunktionen für jede Alternative garantiert die korrekte Verknüpfung der ausgewählten Merkmale mit den für die Entscheidungssituation relevanten Alternativen. Die verschiedenen Merkmale werden, entsprechend ihrer Zugehörigkeit zu den im Abschnitt 4.1 beschriebenen Typen, den Nutzenfunktionen der einzelnen Alternativen zugeordnet. Im Vergleich zu generischen Faktoren, die entsprechend ihrer Bedeutung für eine, mehrere oder alle Alternativen gelten, werden alternativen­spezifische Konstanten nur in der entsprechenden Nutzenfunktion aufgenommen.

---

<sup>18</sup> Zum Logit-Modell vgl. auch Abschnitt 3.1.3.

Soziodemographische Einflussgrößen und Trägheitsvariablen können für eine oder mehrere Alternativen definiert werden. Sie hängen vom Individuum ab und variieren nicht zwischen den Alternativen.

Als Basis des iterativen Prozesses der Modellierung des Entscheidungsverhaltens der Verkehrsteilnehmer wurden grundlegende Nutzenfunktionen der fünf in dieser Untersuchung betrachteten Alternativen Pkw ( $V_P$ ), ÖV ( $V_O$ ), Fahrer ( $V_F$ ) und Mitfahrer ( $V_M$ ) einer Fahrgemeinschaft sowie andere Verkehrsteilnehmer ( $V_A$ ) unter Verwendung einer linearen Verknüpfungsfunktion aufgestellt und in den Gleichungen 7.2 bis 7.6 dargestellt.<sup>19</sup>

$$V_P = P_{P0} + P_{ZeitIV} * ZeitIV + P_{Kost} * KostIV \quad (7.2)$$

$$V_O = P_{O0} + P_{ZeitOEV} * ZeitOEV + P_{Kost} * KostOEV + P_{Umsteig} * Umsteig + P_{Takt} * Takt + P_{Entf} * Entf \quad (7.3)$$

$$V_F = P_{F0} + P_{FzA1} * FzA1 + P_{PPA1} * PPA1 + P_{FlexA1} * FlexA1 + P_{FlexA2} * FlexA2 + P_{KollA1} * KollA1 + P_{SuA1} * SuA1 + P_{SuA2} * SuA2 + P_{Kost} * KostIV + P_{ZeitF} * ZeitFG + P_{EinnahmeF} * KostFG \quad (7.4)$$

$$V_M = P_{M0} + P_{AortA1} * AortA1 + P_{AortA2} * AortA2 + P_{NotA1} * NotA1 + P_{PPA1} * PPA1 + P_{FlexA1} * FlexA1 + P_{FlexA2} * FlexA2 + P_{KollA1} * KollA1 + P_{SuA1} * SuA1 + P_{SuA2} * SuA2 + P_{Kost} * KostFG + P_{ZeitM} * ZeitFG \quad (7.5)$$

$$V_A = 0 \quad (7.6)$$

Für die vier ersten Varianten der Verkehrsmittelwahl wurden die alternativenspezifischen Konstanten  $P_{P0}$ ,  $P_{O0}$ ,  $P_{F0}$  und  $P_{M0}$  definiert. Sie dienen zur Erklärung der verbleibenden Einflüsse, die nicht durch die explizit spezifizierten Merkmale abgedeckt werden konnten. Entsprechend der in Abschnitt 5.5 beschriebenen individuellen Faktoren der den Respondenten zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel Pkw und ÖV wurden die Parameter  $P_{ZeitIV}$ ,  $P_{ZeitOEV}$ ,  $P_{Kost}$ ,  $P_{Umsteig}$ ,  $P_{Takt}$  und  $P_{Entf}$  eingeführt und in ihrem Funktionsverlauf als Idealvektormodell linear angenommen. Die zugehörigen Faktoren wurden mit ihren ursprünglichen, in der Erhebung ermittelten wahren Werten der Ausprägungen kodiert und in die Parameterschätzung übernommen.

Für die Alternativen der Fahrt als Fahrer bzw. Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft wurden die Parameter der Attribute Reisezeit und Kosten ebenfalls als linear angenommen. Im Gegensatz zu dem als generisch angenommenen Parameter der Kosten  $P_{Kost}$  wurden für das Merkmal der Reisezeit die alternativenspezifischen Parameter  $P_{ZeitF}$  und  $P_{ZeitM}$  eingeführt. Für die korrespondierenden Faktoren der Reisezeit wurden die in der

<sup>19</sup> Zur Kennzeichnung ist den zu ermittelnden Parametern der Buchstabe P vorangestellt, gefolgt von dem Index ihres korrespondierenden Merkmals.

Erhebung präsentierten Zeiten einer Fahrgemeinschaft angesetzt. Für die Kosten der Mitfahrer konnten die Aufwände für die Nutzung der Dienstleistung “M21 FahrPLUS” direkt übernommen werden. Neben den Kosten des IV, die auch dem Fahrer einer Fahrgemeinschaft entstehen, wurde in der entsprechenden Nutzenfunktion ein zusätzlicher Term  $P_{EinnahmeF} * KostFG$  zur Berücksichtigung der Einnahmen integriert.

Bereits im Rahmen der vorangegangenen graphischen Auswertung wurde deutlich, dass für die Modellierung der weiteren in der Erhebung präsentierten Attribute zur Nutzung von Fahrgemeinschaften eine lineare Abstraktion der Funktionsverläufe der Einflüsse nicht für alle Merkmale zu zufrieden stellenden Ergebnissen führen würde. Die Nutzenfunktionen der entsprechenden Faktoren wurden unter Verwendung des Teilnutzenwertmodells konstruiert, so dass jeder Ausprägung ein individueller Nutzenwert durch die Definition entsprechender Parameter zugeordnet werden konnte. Aufgrund der in Kapitel 4.3 dargelegten Zusammenhänge zwischen den Wahrscheinlichkeiten der Wahl einer Alternative und den Differenzen der Nutzen ihrer Ausprägungen, und nicht der absoluten Werte, wurden für jedes Merkmal in Abhängigkeit der Anzahl ( $n$ ) seiner Ausprägungen  $n - 1$  Parameter in die Nutzenfunktionen eingeführt.<sup>20</sup> Die Integration der erhobenen Werte der auch als kategorial bezeichneten Ausprägungen wurde als so genannte Effekt-Kodierung<sup>21</sup> vorgenommen. In Abhängigkeit der in der betrachteten Entscheidungssituation präsentierten Ausprägung können die zusätzlich in den Nutzenfunktionen integrierten Variablen ( $x_n$ ) die Werte  $x_n = 0$ ,  $x_n = 1$  oder  $x_n = -1$  annehmen. War die in der Erhebung angebotene Ausprägung auch in der Nutzenfunktion vorhanden, so wurde sie mit dem Wert  $x_n = 1$  und alle anderen Kategorien des betreffenden Merkmals mit dem Wert  $x_n = 0$  belegt. Wurde in der Entscheidungssituation die  $n - te$ , in der Nutzenfunktion nicht vorhandene Ausprägung eines Faktors präsentiert, so bekamen alle Kategorien dieses Merkmals den Wert  $x_n = -1$  zugewiesen. Mit dieser Form der Kodierung konnte im Anschluss an die Parameterschätzung auch den verbleibenden abhängigen Parametern der  $n - ten$  Ausprägungen ein Wert mit Hilfe der der Kodierung zugrunde liegenden Nebenbedingung  $P_n = - \sum_{i=1}^{n-1} P_i$  zugewiesen werden.

Von dem Merkmal der speziell für Fahrgemeinschaften bereitgestellten Fahrzeuge war keine Wirkung auf den Nutzen der Alternative eines Mitfahrers zu erwarten, so dass die Ausprägungen dieses Faktors nur für die Nutzenfunktion des Fahrers einer Fahrgemeinschaft spezifiziert wurde. Entsprechend kamen die Merkmale der Abholung der Mitfahrer und der Organisationsform der Notstrategie nur in der Funktion des Mitfahrers zur Anwendung. Die verbleibenden Faktoren wurden in ihrem Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl sowohl für Fahrer als auch für Mitfahrer definiert.

<sup>20</sup> Vgl. TRAIN (1986), S. 24f.

<sup>21</sup> Vgl. LOUVIERE *et al.* (2000), S. 86f

### 7.4.3 Die Parameterschätzung

Für jeden einzelnen Iterationsschritt der Modellierung wurde eine auf dem Prinzip der Nutzenmaximierung basierende Berechnung der Parameter nach dem Verfahren der Maximum-Likelihood-Schätzung<sup>22</sup> durchgeführt. In den Schätzungen wurden nur Datensätze der Respondenten verwendet, die sich als wahlfreie Personen herausgestellt hatten. Die Probanden, die nur ein bestimmtes Verkehrsmittel wählten oder nach lexikographischen Entscheidungsregeln vorgingen, wurden separat betrachtet. Von den 236 wahlfreien Befragten konnten jedoch die drei Personen der Gruppen II und IV nicht berücksichtigt werden, da sie aufgrund der nicht vorhandenen Pkw-Verfügbarkeit weder zusammen mit den 233 verwendeten Datensätzen geschätzt werden dürften noch, infolge ihrer geringen Anzahl, in einer eigenen Schätzung verwendet werden konnten (vgl. Kapitel 7.2).

Das Verfahren der Maximum-Likelihood-Schätzung beruht auf der Maximierung der Log-Likelihood-Funktion, die aus den Daten der Erhebung abgeleitet wird. In einem ersten Schritt werden Verteilungsfunktionen für Wahrscheinlichkeiten aufgestellt, aus denen die Wahlwahrscheinlichkeiten für alle Alternativen bestimmt werden. Die Logarithmierung des Produktes dieser Wahrscheinlichkeiten über alle Alternativen und Individuen ergibt die Log-Likelihood-Funktion.

Die Algorithmen einer Maximum-Likelihood-Schätzung weisen neben den gesuchten Parametern der Merkmale zusätzlich den Wert der Log-Likelihood-Funktion, die Standardabweichungen und die Ergebnisse von Signifikanztests aller Faktoren bzw. ihrer Ausprägungen sowie Maße zur Erklärungskraft des gesamten Modells (Goodness of fit)<sup>23</sup> aus. Die angeführten Signifikanztests dienen zur Überprüfung eines signifikanten Unterschiedes der berechneten Koeffizienten von null. Zur Anwendung kommt ein einseitiger t-Test<sup>24</sup> mit dem wahren Wert  $\beta_0 = 0$ . Die geschätzten Parameter dürfen dabei als Realisationen normalverteilter Zufallsvariablen mit einer Testgröße  $z = \frac{\beta - \beta_0}{\sqrt{\sigma\beta^2}}$  angesehen werden. Da die Varianz  $\sigma\beta^2$  in der Regel auch unbekannt ist, kann  $z$  als t-verteilt mit  $df = N - 1$  Freiheitsgraden ( $N =$  Anzahl der unabhängigen Beobachtungen) betrachtet werden. Der Unterschied zwischen Normalverteilung und t-Verteilung ist ab einem  $N > 30$  zu vernachlässigen. Liegt der Wert der Testgröße innerhalb des in Abhängigkeit der gewählten Irrtumswahrscheinlichkeit (1%, 5% oder 10%) bestimmten Annahmebereiches, so muss die Nullhypothese angenommen werden und der Koeffizient kann nicht als signifikant verschieden von null betrachtet werden.

Die Maßzahlen zur Erklärung der Modellgüte basieren auf dem Vergleich der Ergebnisse

<sup>22</sup> Vgl. FROHN (1995), S. 72f, LOUVIERE *et al.* (2000), S. 49f und 66f, MAIER, WEISS (1990), S. 81f, OPPENHEIM (1995), S. 254f und STAHEL (1995), S. 167f.

<sup>23</sup> Vgl. BEN-AKIBA, LERMAN (1985), S. 166

<sup>24</sup> Vgl. HERZ *et al.* (1992), S. 109 und 136.



verschiedener Log-Likelihood-Funktionen.<sup>25</sup> Als Vergleichswerte jeder Schätzung werden die Log-Likelihood-Funktionen für ein koeffizientenloses Modell ( $L(0)$ ) und ein Modell, das nur aus alternativenspezifischen Konstanten besteht, ( $L(C)$ ) bestimmt. Der Likelihood-Ratio-Indizes  $\rho^2$  misst die Verbesserung der aktuellen Schätzung ( $L(\beta)$ ) zu den Werten der Vergleichsfunktionen. Die in den Gleichungen 7.7 bis 7.10 dargestellten vier Formen des Likelihood-Ratio-Indexes, deren Wertebereiche üblicherweise zwischen 0,0 und 0,5 liegen, werden in der Maximum-Likelihood-Schätzung ausgewiesen.

$$\rho^2(0) = 1 - \frac{L(\beta)}{L(0)} \quad (7.7)$$

$$\rho_{korr}^2(0) = 1 - \frac{L(\beta) - k}{L(0)} \quad (7.8)$$

$$\rho^2(C) = 1 - \frac{L(\beta)}{L(C)} \quad (7.9)$$

$$\rho_{korr}^2(C) = 1 - \frac{L(\beta) - k - 1}{L(C)} \quad (7.10)$$

Während  $\rho^2(0)$  und  $\rho^2(C)$  die Log-Likelihood-Funktionen ohne Berücksichtigung der Anzahl der Parameter ( $k$ ) vergleichen, beziehen  $\rho_{korr}^2(0)$  und  $\rho_{korr}^2(C)$  den Wert  $k$  mit ein, da bei steigender Anzahl an erklärenden Variablen, unabhängig von der Güte des Modells, die Werte für  $\rho^2(0)$  und  $\rho^2(C)$  auch ansteigen.

#### 7.4.4 Modellierung der Verkehrsmittelwahl

In der vorliegenden Untersuchung erfolgte die Parameterschätzung für die einzelnen Iterationsschritte zuerst mit der Standardsoftware Limdep.<sup>26</sup> Im Verlauf der Schätzungen wurde jedoch aufgrund der vorhandenen Einschränkungen zur Abbildung von nicht linearen Termen in den Nutzenfunktionen Limdep durch die Software BIOGEME<sup>27</sup> ersetzt. Zur Bewertung der geschätzten Modelle wurden die im vorangegangenen Abschnitt beschriebenen Maßzahlen des Likelihood-Ratio-Indexes zur Erklärung der Modellgüte im Vergleich zu einem koeffizientenlosen Modell  $\rho^2(0)$  und  $\rho_{korr}^2(0)$  herangezogen. Die Parameter wurden mit Hilfe eines einseitigen t-Tests auf signifikante Unterschiede von null überprüft. Mit einer gewählten Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% wurden Parameter aus der Modellierung ausgeschlossen, entsprechend wenn ihre Testgröße einen Wert kleiner 1,96 aufwies.

Im Verlauf einer Modellierung werden die für ein grundlegendes Modell definierten Nutzenfunktionen verändert und mit dem Ziel einer optimierten Modellgüte gestaltet. Die

<sup>25</sup> Vgl. FGSV (1996), S. 51 und MAIER, WEISS (1990), S. 91.

<sup>26</sup> Econometric Software, Limdep, Version: 7.0.

<sup>27</sup> BIERLAIRE's Optimization Toolbox for GEV Model Estimation, BIOGEME, Version: 0.7.

Vielfalt und Komplexität der aus diesen Anpassungen resultierenden möglichen Modellstrukturen ist so groß, dass die Herausforderung einer guten Modellierung in der Begrenzung des Aufwandes durch eine möglichst kleine Zahl an Iterationen liegt, die mit Hilfe von Erfahrungswerten und der vorgeschalteten graphischen Auswertung aber auch differenzierten Rückkopplungsprozessen zu optimalen Ergebnissen gelangt.<sup>28</sup>

Die in Kapitel 7.4.2 vorgestellten Nutzenfunktionen mit ihren individuellen Attributen für die den Verkehrsteilnehmern zur Verfügung stehenden Alternativen bildeten die Basis des iterativen Prozesses der Modellierung. Sie wurden sowohl um Trägheitsvariablen und soziodemographische Einflussgrößen erweitert als auch durch verschiedene Wechselwirkungen und nicht lineare Transformationen variiert. Entsprechend dieser Veränderungen der Nutzenfunktionen wurden die folgenden vier Modellgruppen definiert:

- Die **Grundmodelle - 01** basieren auf den in Abschnitt 7.4.2 aufgestellten Nutzenfunktionen mit allen individuellen, in der Befragung konstanten Faktoren der Verkehrsmittel Pkw und ÖV sowie den in der Erhebung variierenden Merkmalen der Alternativen Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft.
- In den **Trägheitsmodellen - 02** sind neben den Attributen und Parametern der Grundmodelle die Trägheitsvariablen der Verfügbarkeit von Pkw und Dienstfahrzeug sowie einer Zeitfahrkarte für den ÖV integriert. Im einzelnen wurden die Nutzenfunktionen um folgende Terme erweitert:<sup>29</sup>

$$- V_P : P_{PkwImmP} * PkwImm + P_{PkwOftP} * PkwOft + P_{DFZPrP} * DFZPr$$

$$- V_O : P_{OEVKaJa} * OEVKaJa$$

$$- V_F : P_{PkwImmF} * PkwImm + P_{PkwOftF} * PkwOft + P_{DFZPrF} * DFZPr$$

$$- V_M : P_{PkwSelM} * PkwSel$$

$$- V_A : P_{PkwSelA} * PkwSel$$

Die Pkw-Verfügbarkeit wurde in den drei Ausprägungen “immer”, “oft” und “selten” modelliert, die einer Verfügbarkeit von fünf, drei bis vier bzw. ein bis zwei Tagen je Woche entsprachen. Für die Kategorien “immer” und “oft” bzw. “selten” wurden in den Nutzenfunktionen der Alternativen Pkw und Fahrer einer Fahrgemeinschaft bzw. Mitfahrer und andere Verkehrsteilnehmer die separaten Parameter  $P_{PkwImmP}$ ,  $P_{PkwOftP}$ ,  $P_{PkwImmF}$  und  $P_{PkwOftF}$  bzw.  $P_{PkwSelM}$  und  $P_{PkwSelA}$  definiert. Entsprechend wurden für die Ausprägung “Privatfahrzeug (kein Dienstfahrzeug)” der Eigenschaft der Verfügbarkeit eines Dienstwagens die getrennten Parameter  $P_{DFZPrP}$

<sup>28</sup> Vgl. KÖNIG, AXHAUSEN (2001), S. 15.

<sup>29</sup> Wie bereits in den im Kapitel 7.4.2 vorgestellten Nutzenfunktionen sind die zu ermittelnden Parametern durch den vorangestellten Buchstaben P, gefolgt von dem Index ihres korrespondierenden Attributs, gekennzeichnet.

und  $P_{DFZPrF}$  in die Nutzenfunktionen integriert. Für die Nutzer des ÖV wurde der Parameter des Besitzes einer ÖV-Zeitfahrkarte  $P_{OEVKaJa}$  eingeführt.

- Auch die **Soziodemographischen Modelle - 03** bauen auf den Grundmodellen auf und enthalten zusätzlich Merkmale zur geographischen Lage des Wohnortes sowie zu den soziodemographischen Eigenschaften der Respondenten:<sup>30</sup>

$$\begin{aligned}
 & - V_P : P_{PLZ80} * PLZ80 + P_{PLZ89} * PLZ89 + P_{AlterP} * Alter + P_{WoP} * Wochenst + \\
 & \quad P_{abP} * abends \\
 & - V_O : P_{AlterO} * Alter \\
 & - V_F : P_{PLZ70} * PLZ70 + P_{PLZ73} * PLZ73 + P_{PLZ76} * PLZ76 + P_{ErwF} * Erwachsene \\
 & - V_M : P_{ErwM} * Erwachsene + P_{EinM} * Einkommen + P_{morM} * morgens \\
 & - V_A : P_{PLZ710} * PLZ710 + P_{PLZ712} * PLZ712 + P_{FamLedA} * FamLed + P_{EinA} * \\
 & \quad Einkommen
 \end{aligned}$$

Die modelltechnische Integration von räumlichen Strukturen wurde mit Hilfe der Wohnorte der Respondenten anhand ihrer Plz vorgenommen. Für die Alternative des mIV wurden die Ausprägungen “PLZ80” (Bereiche München und Augsburg, jeweils mit Umland) sowie “PLZ89” (Bereich Ulm mit Umgebung) mit den Parametern  $P_{PLZ80}$  und  $P_{PLZ89}$  umgesetzt. Die Kategorien “PLZ70” (Stuttgart), “PLZ73” (Esslingen und Göppingen) sowie “PLZ76” (Karlsruhe mit Umland) wurden mit Hilfe der Parameter  $P_{PLZ70}$ ,  $P_{PLZ73}$  und  $P_{PLZ76}$  für die Wahlmöglichkeit des Fahrers einer Fahrgemeinschaft definiert. Für die Alternative der anderen Verkehrsteilnehmer wurden die Parameter  $P_{PLZ710}$  und  $P_{PLZ712}$  entsprechend der Ausprägungen “PLZ710” (Sindelfingen) und “PLZ712” (Leonberg), in geringer Entfernung des zu untersuchenden Standortes des MTC in Sindelfingen, integriert. Neben den geographischen Merkmalen wurden die Nutzenfunktionen ebenfalls um soziodemographische Attribute erweitert. Für die Alternative des mIV wurden das Alter  $P_{AlterP}$ , die Anzahl der Wochenarbeitsstunden  $P_{WoP}$  und die Anzahl der Tage je Monat ohne direkten Weg von der Arbeit nach Hause  $P_{abP}$  definiert. Das Attribut des Alters wurde weiterhin für den ÖV mit dem separaten Parameter  $P_{AlterO}$  berücksichtigt. Die Nutzenfunktion des Fahrers einer Fahrgemeinschaft wurde um die Anzahl Erwachsener im Haushalt ergänzt  $P_{ErwF}$ . Neben dem eigenständigen Parameter der Anzahl Erwachsener im Haushalt  $P_{ErwM}$  wurde für den Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft das Brutto-Monatseinkommen  $P_{EinM}$  sowie die Anzahl der Tage je Monat ohne direkten Weg von zu Hause zur Arbeit  $P_{morM}$  eingeführt. Die Ausprägung “ledig” des

<sup>30</sup> Die Kennzeichnung der Parameter erfolgt analog zu den Erweiterungen in den Trägheitsmodellen.

Merkmals Familienstand sowie das Brutto-Monatseinkommen wurden mit den Parametern  $P_{FamLedA}$  und  $P_{EinA}$  für die Alternative der anderen Verkehrsteilnehmer berücksichtigt.

- Die **Soziodemographischen Trägheitsmodelle - 04** vereinen die Faktoren der Grundmodelle mit Trägheitsvariablen sowie soziodemographischen Attributen und stellen somit eine Kombination der Modellgruppen zwei und drei dar.

Die Integration von Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Merkmalen sowie Transformationen ihrer in den Grundmodellen angenommenen linearen Funktionsverläufe erforderte neben den oben definierten Modellgruppen eine zusätzliche Einführung von folgenden Modellserien:

- Innerhalb der **Serie 10** sind die Modelle entsprechend ihrer grundlegenden Definition der oben beschriebenen vier Modellgruppen abgebildet.
- Die **Serie 20** berücksichtigt für die beiden Alternativen des Fahrers und Mitfahrers einer Fahrgemeinschaft zusätzlich zu den Haupteffekten der einzelnen Merkmale auch die Wechselwirkungen der Reisezeit in folgender Form:

$$\begin{aligned}
 & - V_F : P_{ZeitF} * (P_{FzA1} * FzA1 + P_{PPA1} * PPA1 + P_{FlexA1} * FlexA1 + P_{FlexA2} * \\
 & \quad FlexA2 + P_{KollA1} * KollA1 + P_{SuA1} * SuA1 + P_{SuA2} * SuA2) * ZeitFG \\
 & - V_M : P_{ZeitM} * (P_{FzA1} * FzA1 + P_{PPA1} * PPA1 + P_{FlexA1} * FlexA1 + P_{FlexA2} * \\
 & \quad FlexA2 + P_{KollA1} * KollA1 + P_{SuA1} * SuA1 + P_{SuA2} * SuA2 + P_{AortA1} * AortA1 + \\
 & \quad P_{AortA2} * AortA2 + P_{NotA1} * NotA1) * ZeitFG
 \end{aligned}$$

Zur Abbildung der Wechselwirkungen wurden die Parameter der Reisezeit  $P_{ZeitF}$  bzw.  $P_{ZeitM}$  mit den Termen der zur Verfügung stehenden Fahrzeuge  $P_{FzA1} * FzA1$ , der Parkplatzsituation am Werk  $P_{PPA1} * PPA1$ , der Flexibilität  $P_{FlexA1} * FlexA1$  und  $P_{FlexA2} * FlexA2$ , dem Bekanntheitsgrad der Kollegen  $P_{KollA1} * KollA1$  sowie der Suche nach Fahrgemeinschaftspartnern  $P_{SuA1} * SuA1$  und  $P_{SuA2} * SuA2$ ) multipliziert. Für die Wahlmöglichkeit des Mitfahrers kamen zusätzlich die Attribute und Parameter des Abholortes  $P_{AortA1} * AortA1$  und  $P_{AortA2}$  sowie der Notstrategie  $P_{NotA1} * NotA1$ ) zur Anwendung.

- Im Rahmen der **Serie 30** sind die Attribute der Kosten und der Reisezeit als einkommens- bzw. distanzabhängige Terme<sup>31</sup> innerhalb der vier Nutzenfunktionen der Alternativen (Alt) IV, ÖV sowie Fahrer und Mitfahrer von Fahrgemeinschaften in den folgenden fünf Varianten realisiert:

<sup>31</sup> Vgl. MACKIE *et al.* (2003), S. 1f und KÖNIG *et al.* (2004), S. 48.

1.  $P_{Kost} * \left(\frac{Einkommen}{mittl.Einkommen}\right)^{\epsilon_{Einkommen}} * Kost_{Alt}$
2.  $P_{Kost} * \left(\frac{Entfernung}{mittl.Entfernung}\right)^{\epsilon_{Entfernung}} * Kost_{Alt}$
3.  $P_{Kost} * \left(\frac{Einkommen}{mittl.Einkommen}\right)^{\epsilon_{Einkommen}} * \left(\frac{Entfernung}{mittl.Entfernung}\right)^{\epsilon_{Entfernung}} * Kost_{Alt}$
4.  $P_{Zeit_{Alt}} * \left(\frac{Entfernung}{mittl.Entfernung}\right)^{\epsilon_{Entfernung,Alt}} * Zeit_{Alt}$
5.  $P_{Kost} * \left(\frac{Einkommen}{mittl.Einkommen}\right)^{\epsilon_{Einkommen}} * Kost_{Alt} +$   
 $P_{Zeit_{Alt}} * \left(\frac{Entfernung}{mittl.Entfernung}\right)^{\epsilon_{Entfernung,Alt}} * Zeit_{Alt}$

Die Berücksichtigung von einkommens- und distanzabhängigen Merkmalen beruht auf der Erwartung, dass die persönliche Bedeutung der Faktoren der Kosten und der Reisezeit im Vergleich zu den weiteren Merkmalen einer Fahrt in Abhängigkeit des Einkommens und der zurückzulegenden Weglänge festgelegt wird. Innerhalb der drei ersten Varianten wurden die Kosten in Verbindung des Einkommens, der Entfernung sowie beider Attribute abgebildet. Die Parameter der Kosten  $P_{Kost}$  wurden um den Quotienten aus individuellen und mittleren Ausprägungen der zusätzlich integrierten Faktoren erweitert. Die Exponenten  $\epsilon_{Einkommen}$  bzw.  $\epsilon_{Entfernung}$  wurden als weitere in der Schätzung zu ermittelnde generische Parameter eingeführt. Die Variante vier berücksichtigt die Reisezeit in Kombination mit der Weglänge, die wie im zweiten Fall als Quotient mit der mittleren Entfernung integriert wurde. In Bezug auf die spezifischen Parametern der Reisezeit in Abhängigkeit der Verkehrsmittelwahlmöglichkeiten wurden die zu schätzenden Exponenten  $\epsilon_{Entfernung,Alt}$  ebenfalls in Form von alternativenspezifischen Variablen umgesetzt. Zur parallelen Abbildung der Wirkungen von subjektiven Einkommen und Entfernungen, bezogen sowohl auf die Kosten als auch auf die Reisezeit, wurden in einer fünften Variante zwei additive Terme definiert. Neben der einkommensabhängigen Betrachtung der Kosten (vgl. Variante eins) wurde die distanzabhängige Erweiterung der Reisezeit (vgl. Variante vier) realisiert.

- Den Modellen der **Serie 40** liegt eine nicht lineare Transformation der Reisezeit in den Nutzenfunktionen der Alternativen (Alt) IV, ÖV sowie Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft zugrunde. Die Verwendung des Terms  $P_{Zeit_{Alt}} * Zeit_{Alt}^{\lambda_{Alt}}$  wurde in dem Bestreben einer optimierten Abbildung der Reisezeit und damit verbundenen Verbesserung der Modellgüte durchgeführt. Entsprechend der alternativenspezifischen Definition der Parameter  $P_{Zeit_{Alt}}$  wurden die die neu eingeführten Exponenten  $\lambda_{Alt}$  ebenfalls für jede Alternative separat definiert.

Im Rahmen der Modellierung der Verkehrsmittelwahl wurden die im Einzelnen betrachteten Modelle in Übereinstimmung mit den vorgestellten Modellgruppen und -serien bezeichnet. In einer ersten Stufe der Modellierung wurden die grundlegenden Modelle der

Serie 10 entsprechend der fundamentalen Nutzenfunktionen (vgl. Abschnitt 7.4.2) als Modell 11, ergänzt um Trägheitsvariablen (Modell 12), vervollständigt um soziodemographische Merkmale (Modell 13) und als Modell 14 mit beiden Erweiterungen betrachtet. Die Ergebnisse des Modells 11, die auf allen individuellen, in der Befragung konstanten Faktoren der Verkehrsmittel Pkw und ÖV sowie den in der Erhebung variierenden Merkmalen der Alternativen Fahrer und Mitfahrer von Fahrgemeinschaften basieren, sind in der Tabelle 7.4 dargestellt. Neben den Parametern und ihren korrespondierenden Ergebnissen des t-Tests werden zusätzlich die Anzahl der geschätzten Variablen ( $k$ ), die Werte der Log-Likelihood-Funktionen  $L(0)$  und  $L(\beta)$  sowie die Gütekriterien  $\rho^2(0)$  und  $\rho_{korr}^2(0)$  angegeben.

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	3,7743	18,145	$P_{PPA1}$	-0,0439	-1,062*
$P_{ZeitIV}$	-0,0097	-2,356	$P_{FlexA1}$	0,1007	1,730*
$P_{Kost}$	-0,1344	-5,405	$P_{FlexA2}$	-0,0778	-1,320*
$P_{O0}$	1,1214	2,217	$P_{KollA1}$	0,1036	2,505
$P_{ZeitOEV}$	0,0157*	3,001	$P_{SuA1}$	0,1176	2,045
$P_{Umstieg}$	-0,6773	-3,569	$P_{SuA2}$	-0,2440	-4,018
$P_{Takt}$	0,0151*	1,543*	$P_{M0}$	2,5837	11,842
$P_{Entf}$	-0,0339	-0,923*	$P_{ZeitM}$	-0,0033	-0,872*
$P_{F0}$	2,8411	13,285	$P_{AortA1}$	0,4099	5,812
$P_{EinnahmeF}$	0,0479	1,470*	$P_{AortA2}$	0,2240	3,150
$P_{ZeitF}$	-0,0089	-2,006	$P_{NotA1}$	0,1903	3,335
$P_{FzA1}$	-0,3836	-7,644	-	-	-

$k = 23$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2851,74$	$\rho^2(0) = 0,2904$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,2847$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.4: Parameter des Modells 11

Von den insgesamt  $k = 23$  Parametern wiesen die mit einem \* gekennzeichneten Werte der ÖV-Reisezeit ( $P_{ZeitOEV}$ ) sowie des Taktes ( $P_{Takt}$ ) im ÖV ein nicht erwartetes positives Vorzeichen auf. Obwohl beide Variablen vom Betrag her mit einem Wert von 0,0157 bzw. 0,0151 relativ klein ausfallen, bewirken sie dennoch eine, wenn auch geringe, unrealistische Zunahme des Nutzens der Alternative ÖV bei steigenden Ausprägungen der Reisezeit und des Taktes. Neben den unerwarteten Vorzeichen konnte für sieben der betrachteten Attribute kein signifikanter Unterschied von null nachgewiesen werden. Die betroffenen ebenfalls mit einem \* gekennzeichneten Testgrößen bezogen sich für die Alternative des ÖV auf die Merkmale des Taktes ( $P_{Takt}$ ) und der Entfernung zur Haltestelle am Wohnort ( $P_{Entf}$ ). Für die Fahrt als Fahrer bzw. Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft waren die Faktoren der Einnahme der Fahrer ( $P_{EinnahmeF}$ ), der Parkplätze ( $P_{PPA1}$ ), der Flexibilität ( $P_{FlexA1}$ ,  $P_{FlexA2}$ ) sowie der Reisezeit der Mitfahrer ( $P_{ZeitM}$ ) betroffen. Der nicht signifikante Testwert des Merkmals der reservierten Parkplätze für Fahrgemeinschaften am

Werk bestätigte die bereits im Zuge der graphischen Auswertung gewonnene Erkenntnis der geringen Bedeutung dieses Merkmals (vgl. Kapitel 7.3). Die ebenfalls bereits im Rahmen der vorangegangenen Auswertungen identifizierte geringe Wichtigkeit des Attributs der Flexibilität, gepaart mit dem in Anhang C dargestellten flachen Funktionslauf ihres Haupteffektes, konnte durch die nicht vorhandene Signifikanz der Parameter  $P_{FlexA1}$  und  $P_{FlexA2}$  untermauert werden. Der Wert der Log-Likelihood-Funktion des Modells 11 mit  $L(\beta) = -2851,74$  zeigte, dass im Vergleich zum koeffizientenlosen Modell mit dem Wert  $L(0) = -4018,77$  eine deutliche Verbesserung erreicht werden konnte, die auch in den Ergebnissen der Likelihood-Ratio-Indizes mit  $\rho^2(0) = 0,2904$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2847$  bestätigt wurde.

In dem Modell 12 wurden neben den Faktoren des Modells 11 die Trägheitsvariablen der Verfügbarkeit eines Pkw und eines Dienstfahrzeuges sowie dem Vorhandensein einer Zeitfahrkarte für den ÖV verwendet. Die in der Tabelle 7.5 zusammengestellten Ergebnisse der Modellschätzung zeigen, dass im Modell 12 die zwei Parameter der Umsteigehäufigkeit ( $P_{Umsteig}$ ) und der Haltestellenentfernung am Wohnort ( $P_{Entf}$ ) ein entgegen den Erwartungen positives Vorzeichen aufweisen. Sie würden damit bei der Anwendung des Modells zu einer nicht zu erklärenden Veränderung des Nutzens des ÖV führen. Alle bereits im Modell 11 als nicht signifikant erkannten Merkmale stellten sich auch bei der Schätzung des Modells 12 als solche heraus. Zusätzlich wurden die Parameter der Attribute der Kosten ( $P_{Kost}$ ), der Reisezeiten im IV, im ÖV und als Fahrer einer Fahrgemeinschaft ( $P_{ZeitIV}$ ,  $P_{ZeitOEV}$ ,  $P_{ZeitF}$ ), der ÖV-Umsteigehäufigkeit ( $P_{Umsteig}$ ) sowie der beiden Trägheitsfaktoren häufige bzw. seltene Pkw-Verfügbarkeit der Fahrer bzw. der Mitfahrer von Fahrgemeinschaften ( $P_{PkwOftF}$ ,  $P_{PkwSelM}$ ) als nicht signifikant von null verschieden erkannt. Für die beiden Varianten des mIV und des ÖV konnten entsprechend ausschließlich für die alternativenspezifischen Konstanten signifikante Parameter ermittelt werden.

Im Gegensatz zu den Fahrern von Fahrgemeinschaften konnte für die Pkw-Nutzer (Alleinfahrt), die oft auch ein Fahrzeug zur Verfügung hatten, ein signifikanter Zusammenhang zu ihrer Verkehrsmittelwahl aufgezeigt werden ( $P_{PkwOftP}$ ). Für die Respondenten mit ständiger Verfügbarkeit eines Pkw konnte sowohl für die Verkehrsmittelwahl mIV als auch für die Alternative Fahrer einer Fahrgemeinschaft eine Beziehung zu der Wahl ihrer bevorzugten Verkehrsmittel nachgewiesen werden ( $P_{PkwImmP}$ ,  $P_{PkwImmF}$ ). Konnten die Mitarbeiter des MTC auf keinen Dienstwagen zurückgreifen, so nutzen sie auch die Varianten des mIV und des Fahrers einer Fahrgemeinschaft in einem signifikant niedrigeren Umfang ( $P_{DFZPrP}$ ,  $P_{DFZPrF}$ ). Im Vergleich der Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft, deren Verkehrsmittelwahl bei einer seltenen Verfügbarkeit eines PKW nicht nachzuweisen war, wurden alternative Reisemöglichkeiten wie z.B. zu Fuß oder mit dem Fahrrad von Personen mit einer geringen Pkw-Verfügbarkeit signifikant häufiger genutzt ( $P_{PkwSelA}$ ). Die

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	3,4937	5,389	$P_{PPA1}$	-0,0374	-0,895*
$P_{ZeitIV}$	-0,0087	-1,591*	$P_{FlexA1}$	0,1016	1,726*
$P_{Kost}$	-0,0146	-0,418*	$P_{FlexA2}$	-0,0800	-1,344*
$P_{O0}$	-1,9496	-2,334	$P_{KollA1}$	0,1067	2,552
$P_{ZeitOEV}$	-0,0054	-0,625*	$P_{SuA1}$	0,1245	2,142
$P_{Umsteig}$	0,5475*	1,827*	$P_{SuA2}$	-0,2570	-4,192
$P_{Takt}$	-0,0089	-0,581*	$P_{M0}$	2,7914	10,039
$P_{Entf}$	0,0580*	1,042*	$P_{ZeitM}$	-0,0034	-0,709*
$P_{F0}$	3,1191	4,672	$P_{AortA1}$	0,4467	6,204
$P_{EinnahmeF}$	0,0398	1,185*	$P_{AortA2}$	0,2367	3,278
$P_{ZeitF}$	-0,0078	-1,507*	$P_{NotA1}$	0,2060	3,541
$P_{FzA1}$	-0,3816	-7,564	-	-	-
$P_{PkwImmP}$	1,8559	3,313	$P_{DFZPrF}$	-1,3851	-5,645
$P_{PkwOftP}$	1,1554	1,976	$P_{PkwSelM}$	-0,6017	-1,076*
$P_{DFZPrP}$	-1,2908	-5,612	$P_{PkwSelA}$	1,4991	2,497
$P_{PkwImmF}$	1,3611	2,361	$P_{OEVKaJa}$	6,0132	13,981
$P_{PkwOftF}$	0,6646	1,075*	-	-	-

$k = 32$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2575,08$	$\rho^2(0) = 0,3592$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,3513$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.5: Parameter des Modells 12

Probanden, die eine ÖV-Zeitfahrkarte besaßen, nutzten auch häufiger den ÖV ( $P_{OEVKaJa}$ ). Die Maximierung der Log-Likelihood-Funktion erbrachte für das Modell 12 mit dem Ergebnis von  $L(\beta) = -2575,08$  eine Verbesserung im Vergleich zum Modell 11. Die aus der Einführung der neun Trägheitsvariablen resultierenden Modellverbesserungen zeigten sich entsprechend auch in den Gütekriterien mit  $\rho^2(0) = 0,3592$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3513$ .

Mit dem Modell 13 wurden auf Basis des Modells 11 Faktoren zur Beschreibung der geographischen und soziodemographischen Strukturen der Befragten eingeführt. Die Ergebnisse des Modells, unter Berücksichtigung von sieben raumstrukturellen Merkmalen, orientiert anhand von PLZ-Bezirken, sowie von zehn soziodemographischen Attributen im Bezug auf das Alter, den Familienstand, die Anzahl an erwachsenen Personen im Haushalt, den Wochenarbeitsstunden, dem Einkommen und der Anzahl der Tage je Monat mit direkten Weg vom Wohnort zur Arbeit bzw. von der Arbeit nach Hause, werden in der Tabelle 7.6 vorgestellt.

Die Untersuchung der Parameter des Modells 13 zeigte im Vergleich zum Modell 11 nur noch bei dem ÖV-Takt ( $P_{Takt}$ ) ein nicht zu erklärendes positives Vorzeichen. Im Zuge der Betrachtung der Testgrößen mussten mit der Ausnahme der Reisezeit der Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft ( $P_{ZeitM}$ ) alle bereits im Modell 11 als nicht signifikant von null verschieden erkannten Merkmale auch im Modell 13 als nicht signifikant eingeordnet werden.



Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	4,1721	3,595	$P_{PPA1}$	-0,0274	-0,645*
$P_{ZeitIV}$	-0,0570	-9,049	$P_{FlexA1}$	0,1093	1,824*
$P_{Kost}$	-0,1867	-5,739	$P_{FlexA2}$	-0,0797	-1,313*
$P_{O0}$	0,6691	0,508*	$P_{KollA1}$	0,1169	2,748
$P_{ZeitOEV}$	-0,0017	-0,279*	$P_{SuA1}$	0,1184	2,003
$P_{Umsteig}$	-0,7438	-3,861	$P_{SuA2}$	-0,2497	-4,003
$P_{Takt}$	0,0176*	1,831*	$P_{M0}$	3,6152	3,237
$P_{Entf}$	-0,0444	-1,190*	$P_{ZeitM}$	-0,0352	-6,956
$P_{F0}$	2,7513	2,478	$P_{AortA1}$	0,4502	6,203
$P_{EinnahmeF}$	0,0236	0,600*	$P_{AortA2}$	0,2309	3,160
$P_{ZeitF}$	-0,0427	-7,729	$P_{NotA1}$	0,1955	3,333
$P_{FzA1}$	-0,3890	-7,601	-	-	-
$P_{PLZ70}$	0,1821	1,401*	$P_{FamLedA}$	-2,9270	-5,027
$P_{PLZ73}$	0,5182	3,569	$P_{ErwF}$	0,1933	2,292
$P_{PLZ76}$	-0,4250	-0,862*	$P_{ErwM}$	0,3044	3,713
$P_{PLZ80}$	5,3373	4,889	$P_{WoP}$	0,0002	0,017*
$P_{PLZ89}$	1,6739	2,904	$P_{EinM}$	-0,0003	-6,235
$P_{PLZ710}$	6,3030	7,256	$P_{EinA}$	-0,0015	-6,927
$P_{PLZ712}$	7,1897	7,671	$P_{morM}$	-0,0591	-2,668
$P_{AlterP}$	-0,0040	-0,716*	$P_{abP}$	0,0452	4,286
$P_{AlterO}$	0,0179	1,212*	-	-	-

$k = 40$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2642,25$	$\rho^2(0) = 0,3425$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,3326$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.6: Parameter des Modells 13

Unter den neu eingeführten Attributen konnten die Parameter der Wohnorte Stuttgart ( $P_{PLZ70}$ ) und Karlsruhe mit Umland ( $P_{PLZ76}$ ) sowie das Alter für mIV und ÖV ( $P_{AlterP}$ ,  $P_{AlterO}$ ) als auch die Arbeitsstunden je Woche für den mIV ( $P_{WoP}$ ) als nicht signifikant identifiziert werden. Hingegen zeigen die Ergebnisse des Modells 13, dass die Befragten aus Esslingen und Göppingen ( $P_{PLZ73}$ ) signifikant häufiger ihren Arbeitsweg als Fahrer einer Fahrgemeinschaft zurücklegen. Die Befragten aus den Bereichen München und Augsburg ( $P_{PLZ80}$ ) sowie Ulm ( $P_{PLZ89}$ ), jeweils mit Umland, nutzen dagegen öfter den Pkw. Im Nahbereich zum Werk des MTC in Sindelfingen nutzen Mitarbeiter aus den Gebieten Sindelfingen ( $P_{PLZ710}$ ) und Leonberg ( $P_{PLZ712}$ ) signifikant häufiger die Alternativen anderer Verkehrsmittel, z.B. zu Fuß oder mit dem Fahrrad. Die signifikanten Parameter der soziodemographischen Merkmale lassen erkennen, dass ledige Mitarbeiter nachweisbar seltener andere Verkehrsmittel nutzen ( $P_{FamLedA}$ ) und dass eine steigende Anzahl an erwachsenen Personen im Haushalt zu einer höheren Nutzungswahrscheinlichkeit der Varianten Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft führt ( $P_{ErwF}$ ,  $P_{ErwM}$ ). Des Weiteren wirkt sich ein hohes Einkommen negativ auf die Nutzung der Alternativen Mitfahrer ei-

ner Fahrgemeinschaft und andere Verkehrsmittel aus ( $P_{EinM}$ ,  $P_{EinA}$ ). Für eine steigende Anzahl an Tagen je Monat ohne direkten Weg vom Wohnort zur Arbeit bzw. von der Arbeit nach Hause ergeben sich signifikante Zusammenhänge zu einer verminderten Wahl der Alternative des Mitfahrers einer Fahrgemeinschaft bzw. zu einer verstärkten Nutzung des mIV ( $P_{morM}$ ,  $P_{abP}$ ). Das Modell 13 erreicht mit den 40 geschätzten Parametern einen Wert der Log-Likelihood-Funktion von  $L(\beta) = -2642,25$ , was zu den Maßen der Güte von  $\rho^2(0) = 0,3425$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3326$  führt. Im Vergleich mit dem Basismodell 11 ( $\rho_{korr}^2(0) = 0,2847$ ) wird durch die Berücksichtigung der räumlichen sowie soziodemographischen Strukturen eine Verbesserung der Modellgüte erreicht. Im Gegensatz zu der Steigerung der Qualität im Modell 12 ( $\rho_{korr}^2(0) = 0,3513$ ), bedingt durch die Einführung der Trägheitsgrößen, fällt die Modellverbesserung jedoch geringer aus.

Das Modell 14 als Kombination der Modelle 12 und 13 enthält sowohl die Attribute der Trägheit als auch die Merkmale der räumlichen und soziodemographischen Strukturen. In der Tabelle 7.7 sind die Ergebnisse der 49 Variablen, ihrer korrespondierenden Testgrößen sowie die Angaben zur Modellgüte aufgezeigt. Im Gegensatz zu den zuvor beschriebenen Modellen besitzen alle Parameter des Modells 14 das erwartete Vorzeichen. Im Vergleich zur separaten Betrachtung der Trägheitsvariablen (Modell 12) konnten im Modell 14 für alle neun berücksichtigten Merkmale der Trägheit signifikant von null verschiedene Parameter nachgewiesen werden. Somit wurde nicht nur für die Nutzer des mIV, sondern zusätzlich auch für die Fahrer von Fahrgemeinschaften ein Zusammenhang zwischen einer häufigen Verfügbarkeit eines Pkw und der Nutzungswahrscheinlichkeit ihrer präferierten Verkehrsmittel aufgezeigt ( $P_{PkwOftF}$ ). Weiterhin konnte gezeigt werden, dass Probanden, die nur selten über ein Fahrzeug verfügten, neben der häufigen Nutzung alternativer Verkehrsmittel (z.B. zu Fuß oder mit dem Fahrrad) auch signifikant seltener ihren Weg zur Arbeit als Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft zurücklegten ( $P_{PkwSelM}$ ). In Bezug auf die räumlichen Strukturen ergeben sich für das Modell 14 vergleichbare Ergebnisse wie im Modell 13. Bei den soziodemographischen Werten konnte mit dem Merkmal des Alters in Verbindung mit der Alternative des ÖV ein zusätzlicher signifikanter Parameter nachgewiesen werden ( $P_{AlterO}$ ). Entsprechend vermindert sich mit zunehmendem Alter die Wahrscheinlichkeit der Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln.

Die Maximierung der Log-Likelihood-Funktion ergab für das Modell 14 mit einer Anzahl von 49 Parametern einen Wert von  $L(\beta) = -2405,69$ . Demzufolge wurden Modellgüten von  $\rho^2(0) = 0,4014$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3892$  erreicht. Auf der Basis des Grundmodells 11 mit 23 geschätzten Parametern und einer entsprechend der Anzahl der Variablen korrigierten Modellgüte von  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2847$  konnte sowohl durch die separate Einführung von Trägheitsgrößen (Modell 12) als auch durch die Berücksichtigung von räumlichen und soziodemographischen Strukturen (Modell 13) eine Optimierung des Modells auf

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	1,2337	0,924*	$P_{PPA1}$	-0,0193	-0,451*
$P_{ZeitIV}$	-0,0510	-6,682	$P_{FlexA1}$	0,1124	1,861*
$P_{Kost}$	-0,0751	-1,911*	$P_{FlexA2}$	-0,0761	-1,245*
$P_{O0}$	1,0286	0,562*	$P_{KollA1}$	0,1157	2,697
$P_{ZeitOEV}$	-0,0199	-2,150	$P_{SuA1}$	0,1221	2,049
$P_{Umsteig}$	-0,0086	-0,029*	$P_{SuA2}$	-0,2519	-4,010
$P_{Takt}$	-0,0077	-0,454*	$P_{M0}$	2,2737	2,057
$P_{Entf}$	-0,0620	-1,015*	$P_{ZeitM}$	-0,0337	-5,498
$P_{F0}$	-0,1544	-0,121*	$P_{AortA1}$	0,4756	6,464
$P_{EinnahmeF}$	0,0273	0,710*	$P_{AortA2}$	0,2612	3,542
$P_{ZeitF}$	-0,0393	-6,146	$P_{NotA1}$	0,2043	3,442
$P_{FzA1}$	-0,3817	-7,441	-	-	-
$P_{PkwImmP}$	2,7640	5,303	$P_{DFZPrF}$	-0,6123	-2,304
$P_{PkwOfTP}$	2,2489	4,089	$P_{PkwSelM}$	-1,4911	-2,863
$P_{DFZPrP}$	-0,6560	-2,602	$P_{PkwSelA}$	1,4620	2,526
$P_{PkwImmF}$	2,4251	4,479	$P_{OEVKaJa}$	6,2841	11,960
$P_{PkwOfTF}$	1,8220	3,103	-	-	-
$P_{PLZ70}$	0,1839	1,390*	$P_{FamLedA}$	-2,8795	-4,259
$P_{PLZ73}$	0,5526	3,738	$P_{ErwF}$	0,2067	2,426
$P_{PLZ76}$	-0,0452	-0,089*	$P_{ErwM}$	0,3478	4,124
$P_{PLZ80}$	3,3548	3,445	$P_{WoP}$	-0,0012	-0,105*
$P_{PLZ89}$	1,3294	2,327	$P_{EinM}$	-0,0002	-4,915
$P_{PLZ710}$	5,4975	7,168	$P_{EinA}$	-0,0018	-6,556
$P_{PLZ712}$	7,5241	8,322	$P_{morM}$	-0,0622	-2,690
$P_{AlterP}$	-0,0078	-1,369*	$P_{abP}$	0,0320	2,973
$P_{AlterO}$	-0,0747	-2,233	-	-	-

$k = 49$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2405,69$	$\rho^2(0) = 0,4014$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,3892$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.7: Parameter des Modells 14

$\rho_{korr}^2(0) = 0,3513$  bzw.  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3326$  erreicht werden. Durch die Kombination beider Maßnahmen in dem Modell 14 wurde die Qualität des Modells weiter auf ein, im Vergleich zu der üblichen Spannweite zwischen 0,0 und 0,5, zufrieden stellendes Maß gesteigert.

In den folgenden Schritten der Modellierung wurden die Modelle 11 bis 14 entsprechend der Serie 20 um Wechselwirkungen der Reisezeit für die beiden Alternativen Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft ergänzt und als Modelle 21 bis 24 geschätzt. Die Ergebnisse des Modells 21, das auf den individuellen Merkmalen der Verkehrsmittel mIV und ÖV sowie den Haupteffekten und Wechselwirkungen der Alternativen Fahrer und Mitfahrer von Fahrgemeinschaften basiert, sind in der Tabelle 7.8 dargestellt.

Das Modell 21 weist vier Parameter mit einem nicht erwarteten positiven Vorzeichen auf. Betroffen sind neben den beiden bereits im Modell 11 der ersten Serie dokumen-

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	3,5858	20,211	$P_{PPA1}$	-1,7283	-0,423*
$P_{ZeitIV}$	-0,0040	-1,484*	$P_{FlexA1}$	1,8722	0,359*
$P_{Kost}$	-0,1518	-6,456	$P_{FlexA2}$	-6,1178	-0,544*
$P_{O0}$	0,9415	1,878*	$P_{KollA1}$	7,5909	0,570*
$P_{ZeitOEV}$	0,0196*	4,172	$P_{SuA1}$	9,3846	0,568*
$P_{Umsteig}$	-0,6983	-3,675	$P_{SuA2}$	-11,9751	-0,571*
$P_{Takt}$	0,0149*	1,530*	$P_{M0}$	2,5793	15,706
$P_{Entf}$	-0,0313	-0,856*	$P_{ZeitM}$	0,0002*	0,577*
$P_{F0}$	2,5661	14,958	$P_{AortA1}$	36,2176	0,572*
$P_{EinnahmeF}$	0,0113	0,453*	$P_{AortA2}$	20,6541	0,564*
$P_{ZeitF}$	0,0004*	0,582*	$P_{NotA1}$	14,8415	0,549*
$P_{FzA1}$	-20,2976	-0,580*	-	-	-

$k = 23$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2876,67$	$\rho^2(0) = 0,2842$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,2785$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.8: Parameter des Modells 21

tierten Faktoren der ÖV-Reisezeit ( $P_{ZeitOEV}$ ) sowie des Taktes ( $P_{Takt}$ ) gerade die um die Wechselwirkungen erweiterten Attribute der Reisezeit der Fahrer und Mitfahrer von Fahrgemeinschaften ( $P_{ZeitF}$ ,  $P_{ZeitM}$ ). Die Betrachtung der Parameter in Bezug auf einen signifikanten Unterschied von null zeigt, dass nicht nur die Reisezeit der beiden Alternativen einer Fahrgemeinschaft selber, sondern auch alle in ihre Wechselwirkungen einbezogenen Attribute nicht signifikante Variablen besitzen. Des Weiteren unterscheiden sich ebenfalls die IV-Reisezeit ( $P_{ZeitIV}$ ) sowie der ÖV-Takt ( $P_{Takt}$ ), die Entfernung zur nächsten Haltestelle ( $P_{Entf}$ ) und die alternativenspezifische Konstante des ÖV ( $P_{O0}$ ) nicht signifikant von null. Im Vergleich zum Modell 11 mit nur sieben nicht signifikanten Variablen konnte somit für das Modell 21 für die Parameter von 17 der insgesamt 23 Merkmale eine Signifikanz nicht nachgewiesen werden. Auch in Bezug auf die Modellgüte erreicht das erweiterte Modell mit einem Wert der Log-Likelihood-Funktion von  $L(\beta) = -2876,67$  sowie den Werten von  $\rho^2(0) = 0,2842$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2785$  geringfügig schlechtere Ergebnisse als das Vergleichsmodell der ersten Serie mit  $L(\beta) = -2851,74$ ,  $\rho^2(0) = 0,2904$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2847$ .

In dem zweiten Modell der Serie 20 wurden die im vorherigen Modell eingeführten Wechselwirkungen der Reisezeit für die beiden Alternativen im Rahmen der Nutzung einer Fahrgemeinschaft um die aus dem Modell 12 bekannten Trägheitsvariablen erweitert. Die im Zuge der Parameterschätzung ermittelten Werte des Modells 22 sind in der Tabelle 7.9 zusammengestellt.

In Bezug auf die erwarteten Vorzeichen und die Signifikanz der Koeffizienten wurden im Modell 22 nur geringe Veränderungen im Vergleich zum Modell 21 erkennbar. Durch die

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	3,2718	5,186	$P_{PPA1}$	-0,8283	-0,360*
$P_{ZeitIV}$	-0,0021	-0,724*	$P_{FlexA1}$	1,0496	0,335*
$P_{Kost}$	-0,0256	-0,740*	$P_{FlexA2}$	-3,8372	-0,543*
$P_{O0}$	-2,1986	-2,686	$P_{KollA1}$	5,0973	0,570*
$P_{ZeitOEV}$	-0,0024	-0,288*	$P_{SuA1}$	6,0448	0,568*
$P_{Umsteig}$	0,5721*	1,889*	$P_{SuA2}$	-8,0496	-0,573*
$P_{Takt}$	-0,0084	-0,553*	$P_{M0}$	2,7976	12,799
$P_{Entf}$	0,0648*	1,171*	$P_{ZeitM}$	0,0003*	0,577*
$P_{F0}$	2,7617	4,277	$P_{AortA1}$	23,6615	0,573*
$P_{EinnahmeF}$	0,0218	0,840*	$P_{AortA2}$	14,0807	0,567*
$P_{ZeitF}$	0,0006*	0,584*	$P_{NotA1}$	9,8376	0,549*
$P_{FzA1}$	-12,7485	-0,583*	-	-	-
$P_{PkwImmP}$	1,8419	3,308	$P_{DFZPrF}$	-1,3448	-5,517
$P_{PkwOfTP}$	1,1456	1,971	$P_{PkwSelM}$	-0,6630	-1,194*
$P_{DFZPrP}$	-1,2589	-5,498	$P_{PkwSelA}$	1,4954	2,505
$P_{PkwImmF}$	1,4085	2,460	$P_{OEVKaJa}$	6,0921	14,115
$P_{PkwOfTF}$	0,7338	1,196*	-	-	-

$k = 32$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2600,34$	$\rho^2(0) = 0,3530$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,3450$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.9: Parameter des Modells 22

zusätzliche Betrachtung der Trägheitsvariablen wiesen die Parameter der von den Wechselwirkungen betroffenen Merkmalen der Reisezeit der Fahrer und Mitfahrer von Fahrgemeinschaften ( $P_{ZeitF}$ ,  $P_{ZeitM}$ ) erneut ein nicht zu erwartendes positives Vorzeichen auf. Im Unterschied zum vorherigen Modell waren daneben nicht die Attribute der ÖV-Reisezeit und des Taktes, sondern die Umsteigehäufigkeit ( $P_{Umsteig}$ ) und die Entfernung vom Wohnort zur nächsten Haltestelle ( $P_{Entf}$ ) von einem positiven Vorzeichen betroffen. In Bezug auf die grundlegenden Merkmale, ohne Betrachtung der Trägheitsvariablen, konnten für die vorliegenden vier Verkehrsmittelwahlalternativen für alle Faktoren mit Ausnahme der alternativenspezifischen Konstanten keine signifikant von null verschiedenen Variablen ermittelt werden. Sowohl für den ÖV als auch für den mIV wurde diese Eigenschaft bereits in der ersten Serie im Modell 12 sichtbar. Durch die zusätzliche Integration der Wechselwirkungen der Reisezeit der Fahrt als Fahrer oder Mitfahrer in einer Fahrgemeinschaft kam diese Eigenschaft ebenfalls für diese beiden Alternativen zum Tragen. Wie bereits im Rahmen der Vorstellung des Modells 12 dargestellt, konnten ebenfalls im Modell 22 die Zusammenhänge der Trägheitsvariablen zur Verkehrsmittelwahl mit Ausnahme der häufigen bzw. der seltenen Pkw-Verfügbarkeit der Fahrer bzw. der Mitfahrer von Fahrgemeinschaften ( $P_{PkwOfTF}$ ,  $P_{PkwSelM}$ ) hergestellt werden. Im Analogie zur ersten Serie konnte auch in der Serie 20 durch die Einführung der Wechselwirkungen eine weitere Maximierung der Log-Likelihood-Funktion auf  $L(\beta) = -2600,34$  erreicht werden. Die Modellgüten verbes-

serten sich entsprechend auf Werte von  $\rho^2(0) = 0,3530$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3450$ . Bei dem Vergleich des Modells 22 mit der Variante 12 ( $\rho^2(0) = 0,3592$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3513$ ) jedoch wird deutlich, dass durch die Einführung der Wechselwirkungen der Reisezeit der beiden Alternativen Fahrer und Mitfahrer von Fahrgemeinschaften keine Modellverbesserungen erreicht werden konnten.

Für die Modelle 23 und 24 mit der Berücksichtigung der räumlichen und soziodemographischen Strukturen sowie ihrer gemeinsamen Betrachtung zusammen mit den Trägheitsvariablen konnten im Rahmen der Parameterschätzung, auch mit Hilfe der verschiedenen innerhalb der Software BIOGEME zur Verfügung stehenden Algorithmen, keine Lösungen ermittelt werden.

Im Rahmen der Modellschätzungen der Serie 30 wurden die Nutzenfunktionen der vier Alternativen des mIV und des ÖV sowie der Fahrt als Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft auf Basis der Serie 10 verwendet und um einkommens- und distanzabhängige Terme erweitert. In Bezug auf die vielfältigen Möglichkeiten zur Berücksichtigung des Einflusses von Einkommen und Entfernung auf die Kosten und die Reisezeit wurden zu Beginn dieser Serie entsprechend der am Anfang dieses Kapitels vorgestellten ersten drei von insgesamt fünf Varianten die Wirkungen des Einkommens als Modell 31\_1, der Distanz als Modell 31\_2 und beider Größen (Modell 31\_3) jeweils nur in Bezug auf die Kosten und auf Basis des Grundmodells 11 analysiert. Die Ergebnisse des Modells 31\_1, unter Einbeziehung des individuellen im Verhältnis zum durchschnittlichen Einkommen innerhalb des Kostenterms mit  $P_{Kost} * \left(\frac{Einkommen}{mittl.Einkommen}\right)^{\epsilon_{Einkommen}} * Kost_{Alt}$ , werden in der Tabelle 7.10 vorgestellt.

Sowohl die Parameter als auch ihre korrespondierenden Testgrößen des Modells 31\_1 sind nahezu identisch mit den Ergebnissen des Basismodells 11. Entsprechend werden auch dieselben Merkmale mit einem nicht zu erwartenden positiven Vorzeichen der Parameter ( $P_{ZeitOEV}$ ,  $P_{Takt}$ ) bzw. mit nicht signifikanten Variablen ( $P_{Takt}$ ,  $P_{Entf}$ , ( $P_{EinnahmeF}$ ,  $P_{PPA1}$ ,  $P_{FlexA1}$ ,  $P_{FlexA2}$ ,  $P_{ZeitM}$ ) ausgewiesen. Auch der durch die einkommensabhängige Betrachtung der Kosten neu eingeführte Parameter  $\epsilon_{Einkommen}$  konnte nicht als signifikant von null verschieden nachgewiesen werden. Die geringen Unterschiede der Modelle 31\_1 und 11 werden bei dem Vergleich der Modellgüten offensichtlich. Der Wert der Log-Likelihood-Funktion konnte mit  $L(\beta) = -2850,74$  im Vergleich zu  $L(\beta) = -2851,74$  im Modell 11 kaum optimiert werden. Entsprechend weisen auch die Werte  $\rho^2(0) = 0,2906$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2847$  nur minimale Veränderungen zu den Kriterien des Modells 11 auf ( $\rho^2(0) = 0,2904$ ,  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2847$ ). Die Resultate des Modells 31\_2, in dem die entfernungsabhängige Erweiterung der Kosten mit dem Term  $P_{Kost} * \left(\frac{Entfernung}{mittl.Entfernung}\right)^{\epsilon_{Entfernung}} * Kost_{Alt}$  realisiert wurde, sind in der Tabelle 7.11 dargestellt.

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	3,7818	18,120	$P_{PPA1}$	-0,0441	-1,067*
$P_{ZeitIV}$	-0,0103	-2,495	$P_{FlexA1}$	0,1013	1,740*
$P_{Kost}$	-0,1342	-5,340	$P_{FlexA2}$	-0,0782	-1,327*
$P_{O0}$	1,0682	2,090	$P_{KollA1}$	0,1036	2,506
$P_{ZeitOEV}$	0,0153*	2,916	$P_{SuA1}$	0,1177	2,047
$P_{Umsteig}$	-0,6556	-3,419	$P_{SuA2}$	-0,2438	-4,015
$P_{Takt}$	0,0162*	1,637*	$P_{M0}$	2,5886	11,844
$P_{Entf}$	-0,0334	-0,906*	$P_{ZeitM}$	-0,0035	-0,947*
$P_{F0}$	2,8464	13,272	$P_{AortA1}$	0,4099	5,810
$P_{EinnahmeF}$	0,0457	1,402*	$P_{AortA2}$	0,2244	3,154
$P_{ZeitF}$	-0,0093	-2,078	$P_{NotA1}$	0,1894	3,318
$P_{FzA1}$	-0,3834	-7,640	-	-	-
$\epsilon_{Einkommen}$	0,5015	1,396*	-	-	-

$k = 24$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2850,74$	$\rho^2(0) = 0,2906$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,2847$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.10: Parameter des Modells 31\_1

In dem zweiten Modell der Serie 30 wurde für die beiden bereits in den Modellen 11 und 31\_1 identifizierten Parameter der Merkmale Reisezeit und Takt im ÖV ( $P_{ZeitOEV}$ ,  $P_{Takt}$ ) wiederum ein nicht zu erklärendes positives Vorzeichen ermittelt. Neben den aus den vorherigen Modellen bekannten Attributen ( $P_{Takt}$ ,  $P_{Entf}$ , ( $P_{EinnahmeF}$ ,  $P_{PPA1}$ ,  $P_{FlexA1}$ ,  $P_{FlexA2}$ ) konnte im Modell 31\_2 zusätzlich für die ÖV-Reisezeit ( $P_{ZeitOEV}$ ) kein signifikanter Parameter geschätzt werden. Der Koeffizient der Reisezeit der Mitfahrer in einer Fahrgemeinschaft ( $P_{ZeitM}$ ) hingegen stellte sich als signifikant verschieden von null heraus. Mit der Maximierung der Log-Likelihood-Funktion auf einen Wert von  $L(\beta) = -2834,91$  und den korrespondierenden Gütekriterien von  $\rho^2(0) = 0,2946$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2886$  wurde durch die distanzabhängige Betrachtung der Kosten sowohl im Vergleich zum Basismodell 11 ( $L(\beta) = -2851,74$ ,  $\rho^2(0) = 0,2904$ ,  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2847$ ) als auch zu der einkommensabhängigen Bewertung der Kosten in dem Modell 31\_1 ( $L(\beta) = -2850,74$ ,  $\rho^2(0) = 0,2906$ ,  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2847$ ) eine Qualitätsverbesserung des Modells erreicht. Zur Untersuchung der kombinierten Wirkung der Kosten in Abhängigkeit von Einkommen und Entfernung wurde das Modell 31\_3 unter Erweiterung der Nutzenfunktionen um den Term  $P_{Kost} * \left(\frac{Einkommen}{mittl.Einkommen}\right)^{\epsilon_{Einkommen}} * \left(\frac{Entfernung}{mittl.Entfernung}\right)^{\epsilon_{Entfernung}} * Kost_{Alt}$  aufgestellt und geschätzt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 7.12 zusammengetragen.

Auch im Rahmen der Kombination von Einkommen und Distanz zeigen die bekannten Variablen der Faktoren ÖV-Reisezeit und Takt ( $P_{ZeitOEV}$ ,  $P_{Takt}$ ) ein nicht zu erwartendes positives Vorzeichen. Die Betrachtung der Signifikanzen macht die Verwandtschaft zu den vorangegangenen Modellen deutlich. Alle bereits im Modell 31\_2 als nicht signifikant von null verschieden ermittelten Parameter besitzen auch im Modell 31\_3 diese

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	4,0993	18,941	$P_{PPA1}$	-0,0403	-0,973*
$P_{ZeitIV}$	-0,0131	-3,221	$P_{FlexA1}$	0,1072	1,837*
$P_{Kost}$	-0,2771	-7,627	$P_{FlexA2}$	-0,0777	-1,315*
$P_{O0}$	2,4262	4,377	$P_{KollA1}$	0,1054	2,542
$P_{ZeitOEV}$	0,0078*	1,542*	$P_{SuA1}$	0,1192	2,067
$P_{Umsteig}$	-0,7786	-4,031	$P_{SuA2}$	-0,2447	-4,022
$P_{Takt}$	0,0162*	1,684*	$P_{M0}$	3,1361	13,150
$P_{Entf}$	-0,0433	-1,170*	$P_{ZeitM}$	-0,0086	-2,281
$P_{F0}$	3,1601	14,256	$P_{AortA1}$	0,4179	5,886
$P_{EinnahmeF}$	0,0358	1,095*	$P_{AortA2}$	0,2208	3,085
$P_{ZeitF}$	-0,0109	-2,471	$P_{NotA1}$	0,1883	3,280
$P_{FzA1}$	-0,3842	-7,653	-	-	-
$\epsilon_{Entfernung}$	-0,5899	-8,500	-	-	-

$k = 24$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2834,91$	$\rho^2(0) = 0,2946$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,2886$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.11: Parameter des Modells 31\_2

Eigenschaft. Bedingt durch die parallele Anwendung der Kosten als einkommens- und entfernungsabhängige Größe waren zwei zusätzliche Koeffizienten zu bestimmen, von denen der Parameter des Einkommens ( $\epsilon_{Einkommen}$ ), wie bereits im Modell 31\_1, als nicht signifikant ausgewiesen werden musste. In Bezug auf die Modellqualität wurden im Vergleich zur Betrachtung der Kosten mit separater Abhängigkeit zur Distanz (31\_2) nur leichte Optimierungen erzielt. Diese Verbesserungen zeigen sich in dem Ergebnis der Log-Likelihood-Funktion mit  $L(\beta) = -2833,64$  sowie den Gütekriterien  $\rho^2(0) = 0,2949$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2887$ . Im Modell 31\_2 wurden sehr ähnliche Werte mit  $L(\beta) = -2834,91$ ,  $\rho^2(0) = 0,2946$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2886$  ermittelt.

In den ersten drei Modellen der dritten Serie wurden die Kosten in Abhängigkeit von Einkommen und Distanz auf Basis des Grundmodells 11 bewertet. Bei dem Vergleich der Schätzergebnisse hat sich herausgestellt, dass mit der simultanen Erweiterung der Nutzenfunktionen um beide Effekte im Modell 31\_3 das qualitativ beste Modell zur Verfügung steht. Entsprechend kommt dieses Modell in den folgenden Modellen 32\_3, 33\_3 und 34\_3 als Basis zur Anwendung und wird um Trägheitsvariablen, räumliche und soziodemographische Größen sowie einer Kombination daraus erweitert. Die Modelle wurden entsprechend der bekannten Vorgehensweise aus der Serie 10 aufgestellt und geschätzt. In der Tabelle 7.13 werden die Ergebnisse des Modells 32\_3 mit den um die Trägheitsvariablen erweiterten Nutzenfunktionen vorgestellt.



Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	4,0750	18,731	$P_{PPA1}$	-0,0411	-0,993*
$P_{ZeitIV}$	-0,0134	-3,264	$P_{FlexA1}$	0,1073	1,839*
$P_{Kost}$	-0,2698	-7,129	$P_{FlexA2}$	-0,0780	-1,321*
$P_{O0}$	2,2837	4,066	$P_{KollA1}$	0,1054	2,542
$P_{ZeitOEV}$	0,0073*	1,456*	$P_{SuA1}$	0,1194	2,071
$P_{Umsteig}$	-0,7341	-3,737	$P_{SuA2}$	-0,2446	-4,020
$P_{Takt}$	0,0171*	1,751*	$P_{M0}$	3,1044	12,973
$P_{Entf}$	-0,0412	-1,104*	$P_{ZeitM}$	-0,0086	-2,283
$P_{F0}$	3,1347	14,073	$P_{AortA1}$	0,4172	5,874
$P_{EinnahmeF}$	0,0357	1,091*	$P_{AortA2}$	0,2216	3,097
$P_{ZeitF}$	-0,0111	-2,510	$P_{NotA1}$	0,1880	3,274
$P_{FzA1}$	-0,3843	-7,652	-	-	-
$\epsilon_{Einkommen}$	0,4286	1,454*	$\epsilon_{Entfernung}$	-0,5968	-8,465

$k = 25$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2833,64$	$\rho^2(0) = 0,2949$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,2887$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.12: Parameter des Modells 31\_3

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	3,0864	4,807	$P_{PPA1}$	-0,0348	-0,833*
$P_{ZeitIV}$	-0,0097	-1,815*	$P_{FlexA1}$	0,1061	1,801*
$P_{Kost}$	-0,0244	-0,878*	$P_{FlexA2}$	-0,0816	-1,369*
$P_{O0}$	-1,3237	-1,522*	$P_{KollA1}$	0,1071	2,560
$P_{ZeitOEV}$	-0,0094	-1,085*	$P_{SuA1}$	0,1274	2,192
$P_{Umsteig}$	0,4264*	1,409*	$P_{SuA2}$	-0,2595	-4,230
$P_{Takt}$	-0,0046	-0,309*	$P_{M0}$	2,9798	10,172
$P_{Entf}$	0,0340*	0,605*	$P_{ZeitM}$	-0,0057	-1,263*
$P_{F0}$	2,7169	4,110	$P_{AortA1}$	0,4517	6,263
$P_{EinnahmeF}$	0,0377	1,127*	$P_{AortA2}$	0,2368	3,276
$P_{ZeitF}$	-0,0085	-1,692*	$P_{NotA1}$	0,2049	3,520
$P_{FzA1}$	-0,3819	-7,567	-	-	-
$\epsilon_{Einkommen}$	-1,8556	-2,483	$\epsilon_{Entfernung}$	-1,2207	-3,721
$P_{PkwImmP}$	2,3620	4,240	$P_{DFZPrF}$	-1,3910	-5,958
$P_{PkwOftP}$	1,6352	2,814	$P_{PkwSelM}$	-1,0453	-1,892*
$P_{DFZPrP}$	-1,2960	-5,964	$P_{PkwSelA}$	0,9807	1,647*
$P_{PkwImmF}$	1,8619	3,251	$P_{OEVKaJa}$	6,0446	13,945
$P_{PkwOftF}$	1,1393	1,856*	-	-	-

$k = 34$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2570,44$	$\rho^2(0) = 0,3604$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,3519$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.13: Parameter des Modells 32\_3

Mit der zusätzlichen Integration der Trägheitsvariablen bei gleichzeitiger Betrachtung der Kosten in Abhängigkeit vom Einkommen und der Distanz im Modell 32\_3 zeigen sich

in Bezug auf sowohl die erwarteten Vorzeichen der Parameter als auch ihre Signifikanzen deutliche Unterschiede im Vergleich zum Modell 31\_3. Mit der Umsteigehäufigkeit ( $P_{Umsteig}$ ) und der Entfernung zur nächsten ÖV-Haltestelle ( $P_{Entf}$ ) wurden jedoch zwei Koeffizienten mit positiven Vorzeichen identifiziert, die bereits in dem vergleichbaren Modell der Serie 10 (Modell 12) diese Eigenschaft aufwiesen. Mit Ausnahme der alternativen-spezifischen Konstante des ÖV ( $P_{O0}$ ) und der seltenen Pkw-Verfügbarkeit im Fall der Wahl eines anderen Verkehrsmittels, z.B. zu Fuß oder mit dem Fahrrad, ( $P_{PkwSelA}$ ) wurden die 15 als nicht signifikant von null verschiedenen Parameter bereits im Modell 12 als solche lokalisiert. Wie vorangehend auf Basis der Modelle der ersten Serie aufgezeigt, kann auch in der Serie 30 die Qualität der Modelle durch die Einbeziehung der Trägheitsvariablen verbessert werden. Ausgehend vom Modell 31\_3 ( $L(\beta) = -2833,64$ ) konnte die Log-Likelihood-Funktion auf einen Wert von  $L(\beta) = -2570,44$  gesteigert werden. Die Kriterien der Modellgüte verbesserten sich entsprechend von  $\rho^2(0) = 0,2949$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2887$  auf  $\rho^2(0) = 0,3604$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3519$ . Im Vergleich zum Modell 12 mit  $L(\beta) = -2575,08$  sowie  $\rho^2(0) = 0,3592$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3513$  sind durch die zusätzliche Betrachtung der Kosten als einkommens- und entfernungsabhängigen Faktor aber nur sehr geringe Qualitätsverbesserungen zu verzeichnen. In dem folgenden Modell 33\_3 wurden anstelle der Trägheitsgrößen die Attribute der räumlichen Strukturen sowie der Soziodemographie in das Modell integriert. Durch die Bewertung der Kosten in Abhängigkeit des Einkommens und der Distanz konnten jedoch die in dem Vergleichsmodell der ersten Serie (Modell 13) enthaltenen Merkmale des Einkommens ( $P_{EinM}$ ,  $P_{EinA}$ ) nicht noch mal gesondert berücksichtigt werden. In der Tabelle 7.14 sind die Resultate des Modells 33\_3 zusammengestellt.

Die Parameter und ihre korrespondierenden Testgrößen des Modells 33\_3 zeigen Gemeinsamkeiten mit dem als Basismodell der Serie 30 dienenden Modell 31\_3 und dem Vergleichsmodell der ersten Serie (Modell 13) auf. Neben dem Merkmal des Taktes ( $P_{Takt}$ ) mit einem nicht zu erklärenden positiven Vorzeichen erwiesen sich die Koeffizienten der ÖV-Reisezeit und der Entfernung vom Wohnort zur nächsten Haltestelle ( $P_{ZeitOEV}$ ,  $P_{Entf}$ ), der Einnahmen als Fahrer einer Fahrgemeinschaft ( $P_{EinnahmeF}$ ), der Parkplätze am Werk ( $P_{PPA1}$ ) sowie dem zweiten Attribut der Flexibilität ( $P_{FlexA2}$ ) als nicht signifikant. Für den mit der Beschreibung der Kosten in Abhängigkeit des Einkommens definierten Parameter  $\epsilon_{Einkommen}$  konnte ebenfalls im Unterschied zur Abhängigkeit der Distanz kein signifikanter Unterschied von null nachgewiesen werden. Von den Faktoren der räumlichen und soziodemographischen Strukturen wurden mit Ausnahme des Alters bei den Reisenden des ÖV ( $P_{AlterO}$ ) die verbleibenden vier der bereits aus dem Modell 13 bekannten fünf nicht signifikanten Variablen ( $P_{PLZ70}$ ,  $P_{PLZ76}$ ,  $P_{AlterP}$ ,  $P_{WoP}$ ) erneut als solche identifiziert.

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	8,2301	9,043	$P_{PPA1}$	-0,0223	-0,524*
$P_{ZeitIV}$	-0,0539	-8,827	$P_{FlexA1}$	0,1185	1,978
$P_{Kost}$	-0,3228	-8,216	$P_{FlexA2}$	-0,0802	-1,322*
$P_{O0}$	5,5060	4,848	$P_{KollA1}$	0,1156	2,720
$P_{ZeitOEV}$	-0,0055	-0,888*	$P_{SuA1}$	0,1197	2,026
$P_{Umsteig}$	-0,7631	-3,857	$P_{SuA2}$	-0,2541	-4,079
$P_{Takt}$	0,0218*	2,234	$P_{M0}$	7,3693	8,795
$P_{Entf}$	-0,0449	-1,182*	$P_{ZeitM}$	-0,0362	-7,243
$P_{F0}$	7,4824	8,955	$P_{AortA1}$	0,4555	6,292
$P_{EinnahmeF}$	0,0159	0,412*	$P_{AortA2}$	0,2284	3,134
$P_{ZeitF}$	-0,0396	-7,384	$P_{NotA1}$	0,1993	3,410
$P_{FzA1}$	-0,3914	-7,667	-	-	-
$\epsilon_{Einkommen}$	0,2243	0,908*	$\epsilon_{Entfernung}$	-0,4212	-5,108
$P_{PLZ70}$	0,1932	1,486*	$P_{FamLedA}$	-1,1448	-2,650
$P_{PLZ73}$	0,5298	3,667	$P_{ErwF}$	0,1986	2,378
$P_{PLZ76}$	-0,3028	-0,615*	$P_{ErwM}$	0,3659	4,480
$P_{PLZ80}$	4,5579	4,632	$P_{WoP}$	0,0172	1,565*
$P_{PLZ89}$	1,6895	2,929	$P_{EinM}$	-	-
$P_{PLZ710}$	5,4864	7,247	$P_{EinA}$	-	-
$P_{PLZ712}$	5,8744	7,330	$P_{morM}$	-0,0550	-2,569
$P_{AlterP}$	-0,0019	-0,343*	$P_{abP}$	0,0409	3,914
$P_{AlterO}$	0,0312	2,055	-	-	-

$k = 40$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2685,38$	$\rho^2(0) = 0,3318$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,3218$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.14: Parameter des Modells 33\_3

In Bezug auf die ganzheitliche Bewertung des Modells 33\_3 wurden mit einem Wert der Log-Likelihood-Funktion von  $L(\beta) = -2685,38$  im Vergleich zu den Modellen 31\_3 ( $L(\beta) = -2833,64$ ) und 32\_3 ( $L(\beta) = -2570,44$ ) vergleichbare Unterschiede ermittelt, wie sie bereits in der Serie 10 beobachtet werden konnten. Diese Modellverbesserungen durch die Einführung der Trägheitsvariablen in größerem Umfang im Vergleich zu der Berücksichtigung der räumlichen und soziodemographischen Größen wurden auch durch die Gütekriterien wiedergegeben. Mit  $\rho^2(0) = 0,3318$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3218$  wurde die Qualität des Modells 33\_3 im Vergleich zum Basismodell 31\_3 mit  $\rho^2(0) = 0,2949$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2887$  gesteigert, erreichte aber nicht die Werte des Modells 32\_3 ( $\rho^2(0) = 0,3604$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3519$ ). Im Gegensatz zum zuvor beschriebenen Modell 32\_3, das im Vergleich mit dem korrespondierenden Modell der ersten Serie (Modell 12) noch geringfügige Qualitätsverbesserungen erreichen konnte, wurde durch die einkommens- und entfernungsabhängige Definition der Kosten im Modell 33\_3 eine leicht schlechtere Modellgüte als noch im Modell 13 ( $\rho^2(0) = 0,3425$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3326$ ) erreicht. Das nachfolgende Modell 34\_3 wurde als Kombination der beiden zuvor betrachteten Modelle aufge-

baut. Wie das vergleichbare Modell 14 enthält dieses Modell sowohl die Trägheitsvariablen als auch die räumlichen und soziodemographischen Attribute. Zusätzlich wurden die Kosten auch weiterhin in Abhängigkeit des Einkommens und der Entfernung realisiert, was, wie schon im Modell 33\_3 gesehen zur Folge hat, dass die Faktoren  $P_{EinM}$  und  $P_{EinA}$  nicht noch mal separat in den Nutzenfunktionen enthalten sind. Die Ergebnisse werden in der Tabelle 7.15 aufgezeigt.

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	7,6047	6,634	$P_{PPA1}$	-0,0139	-0,324*
$P_{ZeitIV}$	-0,0523	-6,877	$P_{FlexA1}$	0,1181	1,957*
$P_{Kost}$	-0,1255	-2,366	$P_{FlexA2}$	-0,0768	-1,257*
$P_{O0}$	6,9367	4,023	$P_{KollA1}$	0,1145	2,672
$P_{ZeitOEV}$	-0,0212	-2,240	$P_{SuA1}$	0,1235	2,074
$P_{Umstieg}$	0,1844*	0,617*	$P_{SuA2}$	-0,2555	-4,072
$P_{Takt}$	-0,0148	-0,884*	$P_{M0}$	7,4441	8,336
$P_{Entf}$	-0,0159	-0,264*	$P_{ZeitM}$	-0,0364	-5,880
$P_{F0}$	6,8871	6,591	$P_{AortA1}$	0,4828	6,574
$P_{EinnahmeF}$	0,0231	0,603*	$P_{AortA2}$	0,2547	3,465
$P_{ZeitF}$	-0,0397	-6,241	$P_{NotA1}$	0,2062	3,488
$P_{FzA1}$	-0,3823	-7,463	-	-	-
$\epsilon_{Einkommen}$	-0,5435	-0,761*	$\epsilon_{Entfernung}$	-0,4480	-1,848*
$P_{PkwImmP}$	2,2663	4,144	$P_{DFZPrF}$	-1,1008	-4,055
$P_{PkwOftP}$	1,7843	3,112	$P_{PkwSelM}$	-0,9403	-1,742*
$P_{DFZPrP}$	-1,0563	-4,060	$P_{PkwSelA}$	1,7388	2,755
$P_{PkwImmF}$	1,9384	3,423	$P_{OEVKaJa}$	6,0740	11,626
$P_{PkwOftF}$	1,3788	2,258	-	-	-
$P_{PLZ70}$	0,2147	1,624*	$P_{FamLedA}$	-0,8224	-1,707*
$P_{PLZ73}$	0,5394	3,656	$P_{ErwF}$	0,2150	2,534
$P_{PLZ76}$	-0,0413	-0,081*	$P_{ErwM}$	0,4106	4,873
$P_{PLZ80}$	3,2912	3,362	$P_{WoP}$	0,0143	1,222*
$P_{PLZ89}$	1,4170	2,481	$P_{EinM}$	-	-
$P_{PLZ710}$	5,0852	6,755	$P_{EinA}$	-	-
$P_{PLZ712}$	6,3306	7,884	$P_{morM}$	-0,0593	-2,636
$P_{AlterP}$	-0,0055	-0,978*	$P_{abP}$	0,0292	2,731
$P_{AlterO}$	-0,0750	-2,248	-	-	-

$k = 49$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2444,73$	$\rho^2(0) = 0,3917$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,3795$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.15: Parameter des Modells 34\_3

Unter den Merkmalen des Modells 34\_3 konnte für den aus der isolierten Berücksichtigung der Trägheitsgrößen (Modell 32\_3) bekannten Parameter der Umsteigehäufigkeit ( $P_{Umstieg}$ ), im Unterschied zu der Haltestellenentfernung ( $P_{Entf}$ ), erneut kein realistisches negatives Vorzeichen ermittelt werden. Somit konnten in der Serie 30 im Gegensatz zur ersten Serie bei der parallelen Betrachtung von Trägheitsvariablen sowie räumlichen und soziodemo-

graphischen Strukturen nicht alle Koeffizienten mit dem erwarteten Vorzeichen ermittelt werden. Als nicht signifikant von null verschieden wurden die Variablen des Umstiegs, des Taktes und der Entfernung zur Haltestelle im ÖV ( $P_{Umstieg}$ ,  $P_{Takt}$ ,  $P_{Entf}$ ), die Einnahmen der Fahrer von Fahrgemeinschaften ( $P_{EinnahmeF}$ ), die Parkplatzsituation am Werk ( $P_{PPA1}$ ) sowie die Flexibilität im Rahmen der Nutzung einer Fahrgemeinschaft ( $P_{FlexA1}$ ,  $P_{FlexA2}$ ) nachgewiesen. Weiterhin konnte auch für die beiden Parameter zur Beschreibung der Kosten in Abhängigkeit vom Einkommen und der Distanz ( $\epsilon_{Einkommen}$ ,  $\epsilon_{Entfernung}$ ) keine Signifikanz ermittelt werden. Von den im Modell 32\_3 vorhandenen drei nicht signifikanten Faktoren  $P_{PkwOftF}$ ,  $P_{PkwSelM}$  und  $P_{PkwSelA}$  konnte im Modell 34\_3 nur noch für die Mitfahrer von Fahrgemeinschaften bei seltener Pkw-Verfügbarkeit ( $P_{PkwSelM}$ ) kein Zusammenhang nachgewiesen werden. Zusätzlich zu den vier aus dem vorangegangenen Modell 33\_3 bekannten Attributen  $P_{PLZ70}$ ,  $P_{PLZ76}$ ,  $P_{AlterP}$  und  $P_{WoP}$  wurde auch für die ledigen Mitarbeiter keine signifikant höhere Nutzungswahrscheinlichkeit von anderen Verkehrsmitteln wie z.B. zu Fuß oder mit dem Fahrrad ermittelt ( $P_{FamLedA}$ ).

Wie bereits im Rahmen der Serie 10 aufgezeigt, wurde auch in der Serie 30, ausgehend von den Modellen 32\_3 ( $L(\beta) = -2570, 44$ ) und 33\_3 ( $L(\beta) = -2685, 38$ ), mit der kombinierten Betrachtung von Trägheitsgrößen sowie räumlichen und soziodemographischen Werten in dem Modell 34\_3 eine weitere Maximierung der Log-Likelihood-Funktion auf einen Wert von  $L(\beta) = -2444, 73$  erreicht. Entsprechend konnten die Gütekriterien von  $\rho^2(0) = 0, 3604$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0, 3519$  bzw. von  $\rho^2(0) = 0, 3318$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0, 3218$  auf  $\rho^2(0) = 0, 3917$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0, 3795$  gesteigert werden. Bei dem direkten Vergleich mit dem korrespondierenden Modell 14 der ersten Serie ( $\rho^2(0) = 0, 4014$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0, 3892$ ) konnte das Modell 34\_3 jedoch keine weiteren Verbesserungen erbringen. Die im Vergleich zur ersten Serie geringere Qualität innerhalb der Serie 30 wurde bereits zuvor bei der Untersuchung des Modells 33\_3 festgestellt. In beiden Fällen konnte mit der direkten Berücksichtigung des Einkommens in den Nutzenfunktionen als eigenständige Merkmale ( $P_{EinM}$ ,  $P_{EinA}$ ) im Vergleich zu der integrierten Betrachtung innerhalb der Kostenterme eine höhere Modellqualität nachgewiesen werden.

Im Mittelpunkt der bisherigen Modelle der Serie 30 stand die Erweiterung der Kosten um einkommens- und distanzabhängige Größen. Neben den beiden Varianten der separaten Betrachtung von Einkommen (Modell 31\_1) und Entfernung (Modell 31\_2) auf Basis des Grundmodells 11 wurden die Kosten in den Modellen 31\_3, 32\_3, 33\_3 und 34\_3 der dritten Variante unter Berücksichtigung beider Einflussgrößen betrachtet. In den folgenden Modellen der Variante vier wurde anstelle der Kosten der Einfluss der Reisezeit in Abhängigkeit der Distanz vom Wohnort zur Arbeit unter Verwendung des Terms  $P_{ZeitAlt} * \left(\frac{Entfernung}{mittl.Entfernung}\right)^{\epsilon_{Entfernung,Alt}} * Zeit_{Alt}$  analysiert. In Folge der alternativenspezifischen Definition der Reisezeit wurden auch für die vier Verkehrsmittel ÖV, mIV sowie

Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft die separaten Parameter  $\epsilon_{Entfernung,Alt}$  verwendet. Die Resultate des auf Basis des Grundmodells 11 erweiterten Modells 31\_4 sind in der Tabelle 7.16 zusammengestellt.

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	3,5038	23,584	$P_{PPA1}$	-0,0405	-0,975*
$P_{ZeitIV}$	0,0001*	0,504*	$P_{FlexA1}$	0,1021	1,746*
$P_{Kost}$	-0,2233	-7,478	$P_{FlexA2}$	-0,0808	-1,366*
$P_{O0}$	1,4361	2,793	$P_{KollA1}$	0,1011	2,436
$P_{ZeitOEV}$	0,0149*	3,592	$P_{SuA1}$	0,1186	2,056
$P_{Umsteig}$	-0,7169	-3,815	$P_{SuA2}$	-0,2495	-4,094
$P_{Takt}$	0,0138*	1,358*	$P_{M0}$	2,4017	14,178
$P_{Entf}$	-0,0311	-0,831*	$P_{ZeitM}$	0,0032*	2,549
$P_{F0}$	2,3770	12,870	$P_{AortA1}$	0,4187	5,888
$P_{EinnahmeF}$	0,1098	2,796	$P_{AortA2}$	0,2214	3,089
$P_{ZeitF}$	0,0006*	0,175*	$P_{NotA1}$	0,1962	3,407
$P_{FzA1}$	-0,3956	-7,834	-	-	-
$\epsilon_{Entfernung,P}$	3,2694	3,570	$\epsilon_{Entfernung,F}$	0,1343	0,168*
$\epsilon_{Entfernung,O}$	0,5985	3,495	$\epsilon_{Entfernung,M}$	1,2309	5,585

$k = 27$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2827,21$	$\rho^2(0) = 0,2965$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,2898$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.16: Parameter des Modells 31\_4

Mit der Verwendung der Reisezeit in Abhängigkeit der Entfernung im Modell 31\_4 wurde neben dem Takt im ÖV ( $P_{Takt}$ ) für die vier betroffenen Reisezeitparameter der Alternativen IV, ÖV sowie Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft ( $P_{ZeitIV}$ ,  $P_{ZeitOEV}$ ,  $P_{ZeitF}$ ,  $P_{ZeitM}$ ) ein nicht zu erwartendes positives Vorzeichen geschätzt. Die Koeffizienten der IV-Reisezeit ( $P_{ZeitIV}$ ) sowie der Reisezeit der Fahrer einer Fahrgemeinschaft ( $P_{ZeitF}$ ) und seinem korrespondierenden Parameter  $\epsilon_{Entfernung,F}$  konnten darüber hinaus als nicht signifikant nachgewiesen werden. Des weiteren wurden für die Merkmale des Taktes ( $P_{Takt}$ ) und der Haltestellenentfernung ( $P_{Entf}$ ) sowie der Verfügbarkeit von reservierten Parkplätzen ( $P_{PPA1}$ ) und der Flexibilität ( $P_{FlexA1}$ ,  $P_{FlexA2}$ ) keine signifikanten Variablen ermittelt.

Unabhängig von der hohen Anzahl an Parametern in Zusammenhang zur Reisezeit mit nicht zu erklärenden Vorzeichen konnte mit dem Resultat der Log-Likelihood-Funktion von  $L(\beta) = -2827,21$  der höchste Wert eines Basismodells erzielt werden. Sowohl in den vergleichbaren Modellen 11 und 12 der Serien 10 und 20 ( $L(\beta) = -2851,74$ ,  $L(\beta) = -2876,67$ ) als auch im Rahmen der Untersuchung der Kosten in Abhängigkeit von Einkommen und Distanz in den Basismodellen 31\_1, 31\_2 und 31\_3 der vorangegangenen Varianten eins bis drei innerhalb der Serie 30 ( $L(\beta) = -2850,74$ ,  $L(\beta) = -2834,91$ ,  $L(\beta) = -2833,64$ ) wurden Log-Likelihood-Funktion mit niedrigeren Ergebnissen ermittelt. Entsprechend bescheinigen die Kriterien der Modellgüte dem Modell 31\_4 im Ver-

gleich zu den vorab analysierten Grundmodellen mit  $\rho^2(0) = 0,2965$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2898$  die höchste Qualität. In dem nachfolgenden Modell 32\_4 wurde der Ansatz der Reisezeit in Abhängigkeit der Distanz in Kombination mit der Einführung der aus den Modellen 12, 22 und 32\_3 bekannten Trägheitsvariablen untersucht. Die Ergebnisse der Analysen sind in der Tabelle 7.17 präsentiert.

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	3,2783	5,220	$P_{PPA1}$	-0,0336	-0,802*
$P_{ZeitIV}$	0,0001*	0,476*	$P_{FlexA1}$	0,1022	1,730*
$P_{Kost}$	-0,0476	-1,286*	$P_{FlexA2}$	-0,0818	-1,369*
$P_{O0}$	-2,4812	-2,930	$P_{KollA1}$	0,1020	2,433
$P_{ZeitÖEV}$	0,0028*	0,275*	$P_{SuA1}$	0,1269	2,174
$P_{Umsteig}$	0,5472*	1,803*	$P_{SuA2}$	-0,2633	-4,277
$P_{Takt}$	0,0007*	0,049*	$P_{M0}$	2,5489	11,536
$P_{Entf}$	0,0543*	0,961*	$P_{ZeitM}$	0,0033*	2,379
$P_{F0}$	2,5707	3,885	$P_{AortA1}$	0,4508	6,234
$P_{EinnahmeF}$	0,1100	2,768	$P_{AortA2}$	0,2399	3,309
$P_{ZeitF}$	0,0018*	0,473*	$P_{NotA1}$	0,2131	3,650
$P_{FzA1}$	-0,3948	-7,785	-	-	-
$\epsilon_{Entfernung,P}$	2,9175	3,045	$\epsilon_{Entfernung,F}$	0,0634	0,148*
$\epsilon_{Entfernung,O}$	-0,0913	-0,142*	$\epsilon_{Entfernung,M}$	1,1298	5,016
$P_{PkwImmP}$	1,7746	3,152	$P_{DFZPrF}$	-1,2712	-5,123
$P_{PkwOftP}$	1,0876	1,852*	$P_{PkwSelM}$	-0,5045	-0,897*
$P_{DFZPrP}$	-1,2563	-5,419	$P_{PkwSelA}$	1,5385	2,555
$P_{PkwImmF}$	1,3022	2,245	$P_{ÖEVKaJa}$	6,1061	14,364
$P_{PkwOftF}$	0,6565	1,057*	-	-	-

$k = 36$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2559,47$	$\rho^2(0) = 0,3631$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,3542$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.17: Parameter des Modells 32\_4

Die Berücksichtigung der Trägheitsvariablen in dem Modell 32\_4 bei gleichzeitiger Verwendung der Reisezeit als distanzabhängige Größe führte zu einer weiteren Steigerung der Anzahl an Parametern mit nicht zu erwartenden positiven Vorzeichen. Neben den bereits aus dem Modell 31\_4 bekannten fünf Merkmalen der Reisezeiten im IV, ÖV, als Fahrer und als Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft sowie dem Takt wurden weiterhin die Koeffizienten der Umsteigehäufigkeit ( $P_{Umsteig}$ ) und der Entfernung vom Wohnort zur Haltestelle ( $P_{Entf}$ ) mit einem positiven Vorzeichen ausgewiesen. Im Rahmen der Analyse der Variablen im Hinblick auf einen signifikanten Unterschied von null wurden im Modell 32\_4 zusätzlich im Vergleich mit dem Modell 31\_4 die Parameter der Kosten ( $P_{Kost}$ ) sowie der Reisezeit und des Umstiegs im ÖV ( $P_{Umsteig}$ ) als nicht signifikant identifiziert. Darüber hinaus konnte auch für den neu eingeführten und dem ÖV zugeordneten Koeffizienten der entfernungsabhängigen Betrachtung der Reisezeit ( $\epsilon_{Entfernung,O}$ ) kein signifikanter Unter-

schied von null nachgewiesen werden.

In Bezug auf die ganzheitliche Betrachtung konnte in dem Modell 32\_4 durch die Integration der Trägheitsvariablen die Log-Likelihood-Funktion im Vergleich zum Modell 31\_4 ( $L(\beta) = -2827,21$ ) auf einen Wert von  $L(\beta) = -2559,47$  maximiert werden. Die Modellqualität wurde analog von  $\rho^2(0) = 0,2965$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2898$  auf  $\rho^2(0) = 0,3631$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3542$  gesteigert. Mit diesem Ergebnis erreicht das vorliegende Modell 32\_4 im Vergleich mit den ebenfalls um Trägheitsvariablen erweiterten Modellen 12 ( $\rho^2(0) = 0,3592$ ,  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3513$ ), 22 ( $\rho^2(0) = 0,3530$ ,  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3450$ ) und 32\_3 ( $\rho^2(0) = 0,3604$ ,  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3519$ ) die höchsten Modellgüten.

Entsprechend der bisherigen Vorgehensweise in der vorliegenden Untersuchung wurde auch im Rahmen der vierten Variante der Serie 30 die Integration der räumlichen und soziodemographischen Faktoren in isolierter Form mit dem Modell 33\_4 als auch in Kombination mit den Trägheitsvariablen in dem Modell 34\_4 realisiert. Für beide Modelle konnte jedoch mit Hilfe der verschiedenen in BIOGEME zur Verfügung stehenden Algorithmen keine Lösung gefunden werden. In der abschließenden fünften Variante der dritten Serie wurde die parallele Betrachtung der Kosten in Abhängigkeit des Einkommens und der Reisezeit in Abhängigkeit der Entfernung mit Hilfe der Modifikation der Nutzenfunktionen in der Form  $P_{Kost} * \left(\frac{Einkommen}{mittl.Einkommen}\right)^{\epsilon_{Einkommen}} * Kost_{Alt} + P_{Zeit_{Alt}} * \left(\frac{Entfernung}{mittl.Entfernung}\right)^{\epsilon_{Entfernung, Alt}} * Zeit_{Alt}$  umgesetzt. Bereits im Zuge der Schätzung des Basismodells 31\_5 auf Grundlage des Modells 11 wurden erneut die Grenzen der Software BIOGEME erreicht, so dass für eine additive Berücksichtigung von einkommensabhängigen Kosten und distanzabhängigen Reisezeiten keine Ergebnisse ermittelt werden konnten.

In der Serie 40 wurde der Einfluss einer nicht linearen Transformation der Reisezeit durch die Integration des Exponenten  $\lambda$  für die vier Alternativen IV, ÖV sowie Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft untersucht. In Bezug auf die alternativenspezifische Definition der Reisezeitparameter wurden auch die neu einzuführenden Koeffizienten separat für jede Alternative in die Terme der Reisezeiten in der Form  $P_{Zeit_{Alt}} * Zeit_{Alt}^{\lambda}$  integriert. In Analogie zur fünften Variante der Serie 30 konnte jedoch für ein um die Transformation modifiziertes Grundmodell 11 mit den verschiedenen in der Software BIOGEME zur Verfügung stehenden Algorithmen keine Lösung ermittelt werden. Um aber dennoch über die Wirkungen einer transformierten Reisezeit eine Aussage treffen zu können, wurde in einem zweiten Ansatz der Parameter  $\lambda$  in generischer Form verwendet. Die Resultate des mit den Termen  $P_{Zeit_{Alt}} * Zeit_{Alt}^{\lambda}$  erweiterten Grundmodells 41 sind in der Tabelle 7.18 dargestellt.



Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	10,9837	0,733*	$P_{PPA1}$	-0,0445	-1,075*
$P_{ZeitIV}$	-7,0533	-0,483*	$P_{FlexA1}$	0,1019	1,750*
$P_{Kost}$	-0,1458	-5,995	$P_{FlexA2}$	-0,0798	-1,353*
$P_{O0}$	-75,7083	-0,592*	$P_{KollA1}$	0,1036	2,504
$P_{ZeitOEV}$	72,3646*	0,568*	$P_{SuA1}$	0,1155	2,008
$P_{Umsteig}$	-0,9292	-4,393	$P_{SuA2}$	-0,2442	-4,020
$P_{Takt}$	0,0159*	1,643*	$P_{M0}$	8,0858	0,604*
$P_{Entf}$	-0,0504	-1,366*	$P_{ZeitM}$	-5,2540	-0,408*
$P_{F0}$	-6,4748	-0,343*	$P_{AortA1}$	0,4044	5,731
$P_{EinnahmeF}$	-0,0185*	-0,661*	$P_{AortA2}$	0,2294	3,222
$P_{ZeitF}$	8,5106*	0,463*	$P_{NotA1}$	0,1893	3,316
$P_{FzA1}$	-0,3795	-7,570	-	-	-
$\lambda$	0,0197	0,619*	-	-	-

$k = 24$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2846,83$	$\rho^2(0) = 0,2916$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,2856$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.18: Parameter des Modells 41

Mit der Modifikation der Reisezeiten um den Exponenten  $\lambda$  wurden in dem Modell 41 vier Parameter mit einem nicht zu erwartenden positiven Vorzeichen ermittelt. Neben dem ÖV-Takt ( $P_{Takt}$ ) und den Einnahmen der Fahrer von Fahrgemeinschaften ( $P_{EinnahmeF}$ ) waren davon auch die im Rahmen der Serie 40 zu analysierenden Reisezeiten im ÖV ( $P_{ZeitOEV}$ ) und für die Fahrer von Fahrgemeinschaften ( $P_{ZeitF}$ ) betroffen. Bei der Betrachtung der Signifikanzen konnte nicht nur für den neu eingeführten Parameter  $\lambda$ , sondern auch für alle vier Koeffizienten der Reisezeit ( $P_{ZeitIV}$ ,  $P_{ZeitOEV}$ ,  $P_{ZeitF}$ ,  $P_{ZeitM}$ ) kein signifikanter Unterschied von null nachgewiesen werden. Des weitern stellten sich die vier alternativenspezifischen Konstanten ( $P_{P0}$ ,  $P_{O0}$ ,  $P_{F0}$ ,  $P_{M0}$ ) sowie die Variablen von ÖV-Takt und Haltestellenentfernung ( $P_{Takt}$ ,  $P_{Entf}$ ), der Einnahmen der Fahrgemeinschaftsfahrer ( $P_{EinnahmeF}$ ), der Parkplatzsituation am Werk ( $P_{PPA1}$ ) und der Flexibilität ( $P_{FlexA1}$ ,  $P_{FlexA2}$ ) als nicht signifikant heraus.

Das Ergebnis der Log-Likelihood-Funktion erreichte mit  $L(\beta) = -2846,83$  einen höheren Wert als die Vergleichsmodelle 11 und 21 der Serie 10 und 20 mit  $L(\beta) = -2851,74$  bzw.  $L(\beta) = -2876,67$ . In den Basismodellen der Serie 30 konnten jedoch mit Ausnahme des Modells 31\_1 ( $L(\beta) = -2850,74$ ) bessere Resultate erzielt werden. Entsprechend konnten im Modell 41 auch Gütekriterien von  $\rho^2(0) = 0,2916$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2856$  ermittelt werden, die über denen der Modelle 11, ( $\rho^2(0) = 0,2904$ ,  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2847$ ) 21 ( $\rho^2(0) = 0,2842$ ,  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2785$ ) und 31\_1 ( $\rho^2(0) = 0,2906$ ,  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2847$ ) liegen. In Analogie zu den Modellen 12, 22, 32\_3 und 32\_4 wurden im folgenden Modell 42 zusätzlich zu der transformierten Reisezeit die Trägheitsvariablen berücksichtigt. In der Tabelle 7.19 sind die Ergebnisse zusammengefasst.

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	-28,5868	-0,352*	$P_{PPA1}$	-0,0380	-0,908*
$P_{ZeitIV}$	30,9077*	0,381*	$P_{FlexA1}$	0,1040	1,767*
$P_{Kost}$	-0,0423	-1,185*	$P_{FlexA2}$	-0,0827	-1,388*
$P_{O0}$	-180,4765	-0,430*	$P_{KollA1}$	0,1072	2,564
$P_{ZeitOEV}$	174,4766*	0,416*	$P_{SuA1}$	0,1200	2,065
$P_{Umsteig}$	0,1650*	0,551*	$P_{SuA2}$	-0,2569	-4,188
$P_{Takt}$	-0,0033	-0,216*	$P_{M0}$	-33,8220	-0,368*
$P_{Entf}$	0,0335*	0,598*	$P_{ZeitM}$	35,7292*	0,390*
$P_{F0}$	-79,4475	-0,406*	$P_{AortA1}$	0,4401	6,113
$P_{EinnahmeF}$	-0,0193*	-0,687*	$P_{AortA2}$	0,2381	3,295
$P_{ZeitF}$	80,3127*	0,411*	$P_{NotA1}$	0,2042	3,510
$P_{FzA1}$	-0,3795	-7,527	-	-	-
$\lambda$	0,0064	0,430*	-	-	-
$P_{PkwImmP}$	2,0412	3,714	$P_{DFZPrF}$	-1,2844	-5,249
$P_{PkwOfFP}$	1,3410	2,327	$P_{PkwSelM}$	-0,7937	-1,447*
$P_{DFZPrP}$	-1,2103	-5,291	$P_{PkwSelA}$	1,2915	2,190
$P_{PkwImmF}$	1,5742	2,782	$P_{OEVKaJa}$	6,0405	14,258
$P_{PkwOfFF}$	0,8670	1,422*	-	-	-

$k = 33$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2571,56$	$\rho^2(0) = 0,3601$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,3519$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.19: Parameter des Modells 42

Auch mit der zusätzlichen Berücksichtigung der Trägheitsgrößen in Kombination mit der Transformation der Reisezeit in dem Modell 42 konnten weder in Bezug auf die erwarteten Vorzeichen noch bezüglich der Signifikanzen der Parameter Verbesserungen im Vergleich zum Modell 41 erzielt werden. Stattdessen wurden neben den aus dem vorangegangenen Modell bekannten Koeffizienten, mit Ausnahme des ÖV-Taktes ( $P_{Takt}$ ), ferner für die Variablen der Reisezeit im mIV und für Mitfahrer von Fahrgemeinschaften ( $P_{ZeitIV}$ ,  $P_{ZeitM}$ ) sowie der Umsteigehäufigkeit ( $P_{Umsteig}$ ) und der Haltestellenentfernung ( $P_{Entf}$ ) unrealistische positive Vorzeichen berechnet. Hinsichtlich der separaten Untersuchung der Attribute konnte zusätzlich zu den nicht signifikanten Variablen des Modells 41 für die Parameter der Kosten ( $P_{Kost}$ ) und der Umstiege ( $P_{Umsteig}$ ) kein signifikanter Unterschied von null ermittelt werden. Für die Fahrer bzw. Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft konnte bei häufiger ( $P_{PkwOfFP}$ ) bzw. seltener ( $P_{PkwSelM}$ ) Verfügbarkeit eines Pkw kein signifikanter Zusammenhang zu ihrer Verkehrsmittelwahl nachgewiesen werden.

Mit einem Wert der Log-Likelihood-Funktion von  $L(\beta) = -2571,56$  konnte durch die zusätzliche Betrachtung der Trägheitsgrößen eine Optimierung des Modells im Vergleich zum Basismodell 41 ( $L(\beta) = -2846,83$ ) erreicht werden. Entsprechend wurden die Kriterien der Modellqualität von  $\rho^2(0) = 0,2916$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,2856$  auf  $\rho^2(0) = 0,3601$  und  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3519$  gesteigert. Mit diesen Gütekriterien erlangt das Modell 42 bes-

sere Ergebnisse als die vergleichbaren Modelle 12 und 22 der ersten Serien. Im Vergleich zu den Modellen 32\_3 und 32\_4 der Serie 30 wurden nahezu identische bzw. leicht schlechtere Resultate erzielt. Die erfolgreiche Schätzung der weiterführenden Modelle unter Berücksichtigung der räumlichen und soziodemographischen Strukturen bzw. ihrer parallelen Betrachtung mit den Variablen der Trägheit scheiterte wiederum daran, dass mit der Software BIOGEME keine Lösungen gefunden werden konnten.

Für einen abschließenden Vergleich der vorab geschätzten 16 Modelle wurden aufgrund der Berücksichtigung der Anzahl an ermittelten Parametern die Resultate der korrigierten Likelihood-Ratio-Indizes  $\rho_{korr}^2(0)$  herangezogen. In der Tabelle 7.20 sind die Ergebnisse der Qualitätskriterien für alle Modelle aus den Serien 10 bis 40 zusammengetragen.

Serie	Modelle 01		Modelle 02		Modelle 03		Modelle 04	
Serie 10	11	0,2847	12	0,3513	13	0,3326	14	0,3892
Serie 20	21	0,2785	22	0,3450	-	-	-	-
Serie 30, Variante 1	31_1	0,2847	-	-	-	-	-	-
Serie 30, Variante 2	31_2	0,2886	-	-	-	-	-	-
Serie 30, Variante 3	31_3	0,2887	32_3	0,3519	33_3	0,3218	34_3	0,3795
Serie 30, Variante 4	31_4	0,2898	32_4	0,3542	-	-	-	-
Serie 30, Variante 5	-	-	-	-	-	-	-	-
Serie 40	41	0,2856	42	0,3519	-	-	-	-

Tabelle 7.20: Vergleich der Modelle über den Likelihood-Ratio-Index  $\rho_{korr}^2(0)$

Bei dem Vergleich der Likelihood-Ratio-Indizes  $\rho_{korr}^2(0)$  wird deutlich, dass unabhängig von der Serie und der Variante die in den Modellen 02 enthaltenen Trägheitsvariablen zu einer deutlichen Modellverbesserung im Vergleich zu den korrespondierenden Basismodellen (Modelle 01) führen. Auch die Berücksichtigung der räumlichen und soziodemographischen Strukturen in den Modellen 03 hat in der Serie 10 und in der Variante 3 der Serie 30 eine Erhöhung der Modellgüten bewirkt, die jedoch durch einen geringeren Umfang im Vergleich zu den Steigerungen durch die Trägheitsgrößen gekennzeichnet sind. Infolge der kombinierten Betrachtung der Variablen der Trägheit, der raumstrukturellen Eigenschaften und der Soziodemographie kann für die Modelle 14 und 34\_3 eine optimierte Modellqualität nachgewiesen werden.

Sowohl die Untersuchung der Basismodelle 01 als auch der Trägheitsmodelle 02 ergibt ein sehr homogenes Bild. In beiden Fällen können im Unterschied zu den in der Serie 20 integrierten Wechselwirkungen der Reisezeit im Rahmen der Nutzung einer Fahrgemeinschaft mit der zusätzlichen Beachtung der Kosten und Reisezeiten in Abhängigkeit des Einkommens und der Entfernung innerhalb der Serie 30 sowie einer Transformation der Reisezeiten in der Serie 40 leichte Modellverbesserungen erreicht werden.

Aus der Analyse der um räumliche und soziodemographische Merkmale erweiterten Modelle 03 und der aus diesen und den Attributen der Trägheit zusammengesetzten Modelle 04 ist zu erkennen, dass mit der separaten Verwendung des Einkommens in den Nutzenfunktionen (Serie 10) eine höhere Qualität der Modelle im Vergleich zu der einkommensabhängigen Betrachtung der Kosten (Serie 30) zu erzielen ist. Der noch unter den Modellen 01 und 02 erkennbare positive Effekt der distanzabhängigen Erweiterung der Kosten in den Modellen 31.2 und 31.3 bzw. 32.3 gegenüber der grundlegenden Anwendung der Kosten in den Modellen 11 und 12 wird in den Modellen 33.3 und 34.3 durch die oben beschriebene optimierte Verwendung des Einkommens als separate Merkmale überkompensiert.

Das Modell 14 erreicht mit einem Wert von  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3892$  die höchste Güte der untersuchten Modelle. In Anbetracht der hohen Modellqualität und der Eigenschaft eines realistischen Vorzeichens aller seiner Parameter (vgl. Tabelle 7.7) wird das Modell 14 für die weiterführenden Untersuchungen in der vorliegenden Arbeit ausgewählt. Im Hinblick auf die Bedeutung des Einkommens in den vorab analysierten Modellen wurde mit dem Ziel einer Modelloptimierung auf Basis des ausgewählten Modells 14 die Transformation des Einkommens in Form einer Logarithmierung vorgenommen. Die Ergebnisse des mit dem Term  $\ln$  *Einkommen* modifizierten Modells 14.2 sind in der Tabelle 7.21 präsentiert.

Durch die logarithmische Modifikation des Einkommens in dem Modell 14.2 blieben die in dem Modell 14 berechneten, als realistisch eingeschätzten Vorzeichen für alle Parameter erhalten. Mit Hilfe der Logarithmierung konnten im Unterschied zum vorherigen Modell für die vier zusätzlichen Merkmale der alternativenspezifischen Konstanten des IV, des ÖV und der Fahrer von Fahrgemeinschaften ( $P_{P0}$ ,  $P_{O0}$ ,  $P_{F0}$ ) sowie der Kosten ( $P_{Kost}$ ) signifikant von null verschiedene Koeffizienten ermittelt werden. In Anbetracht der Log-Likelihood-Funktion erreichte das Modell 14.2 mit  $L(\beta) = -2402,48$  einen geringfügig besseren Wert im Vergleich zum Modell 14 ( $L(\beta) = -2405,69$ ). In einem entsprechend geringen Ausmaß veränderten sich die Kriterien der Modellgüte von  $\rho^2(0) = 0,4014$  bzw.  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3892$  auf  $\rho^2(0) = 0,4022$  bzw.  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3900$ .

Entsprechend der höheren Modellqualität und der größeren Anzahl an signifikanten Parametern wurde dem Modell 14.2 gegenüber dem Modell 14 der Vorzug gegeben. Vor der Erstellung eines finalen Modells mit der ausschließlichen Berücksichtigung der signifikant von null verschiedenen Parameter wurden die Variablen hinsichtlich potenzieller Korrelationen überprüft. Mit Hilfe der in der Software BIOGEME zusätzlich ausgewiesenen Korrelationen der Koeffizienten und der Überprüfung ihrer Signifikanzen auf Basis von t-Tests konnte gezeigt werden, dass alle Parameter unabhängig voneinander zu behandeln sind, so dass insbesondere eine mögliche Zusammenfassung der alternativenspezifischen Attribute der Reisezeit nicht durchgeführt werden konnte. Auf Grundlage der Ergebnis-

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	-38,8777	-5,806	$P_{PPA1}$	-0,0178	-0,415*
$P_{ZeitIV}$	-0,0512	-6,667	$P_{FlexA1}$	0,1115	1,844*
$P_{Kost}$	-0,0794	-2,009	$P_{FlexA2}$	-0,0756	-1,237*
$P_{O0}$	-39,1716	-5,854	$P_{KollA1}$	0,1156	2,695
$P_{ZeitOEV}$	-0,0200	-2,158	$P_{SuA1}$	0,1217	2,041
$P_{Umsteig}$	-0,0283	-0,096*	$P_{SuA2}$	-0,2513	-4,000
$P_{Takt}$	-0,0056	-0,336*	$P_{M0}$	-31,5282	-4,783
$P_{Entf}$	-0,0657	-1,077*	$P_{ZeitM}$	-0,0338	-5,485
$P_{F0}$	-40,3364	-6,020	$P_{AortA1}$	0,4750	6,451
$P_{EinnahmeF}$	0,0264	0,686*	$P_{AortA2}$	0,2605	3,531
$P_{ZeitF}$	-0,0395	-6,145	$P_{NotA1}$	0,2037	3,430
$P_{FzA1}$	-0,3817	-7,440	-	-	-
$P_{PkwImmP}$	2,8002	5,373	$P_{DFZPrF}$	-0,6620	-2,538
$P_{PkwOfTP}$	2,2612	4,113	$P_{PkwSelM}$	-1,5311	-2,939
$P_{DFZPrP}$	-0,7128	-2,876	$P_{PkwSelA}$	1,4908	2,574
$P_{PkwImmF}$	2,4606	4,546	$P_{OEVKaJa}$	6,2877	11,960
$P_{PkwOfTF}$	1,8302	3,118	-	-	-
$P_{PLZ70}$	0,1864	1,409*	$P_{FamLedA}$	-3,7427	-4,597
$P_{PLZ73}$	0,5561	3,760	$P_{ErwF}$	0,2040	2,396
$P_{PLZ76}$	-0,0424	-0,083*	$P_{ErwM}$	0,3464	4,100
$P_{PLZ80}$	3,3113	3,401	$P_{WoP}$	-0,0037	-0,307*
$P_{PLZ89}$	1,3074	2,288	$P_{EinM}$	-0,8876	-5,297
$P_{PLZ710}$	5,5727	7,211	$P_{EinA}$	-5,7399	-6,809
$P_{PLZ712}$	7,7724	8,351	$P_{morM}$	-0,0635	-2,731
$P_{AlterP}$	-0,0075	-1,301*	$P_{abP}$	0,0325	3,023
$P_{AlterO}$	-0,0743	-2,212	-	-	-

$k = 49$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2402,48$	$\rho^2(0) = 0,4022$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,3900$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.21: Parameter des Modells 14\_2

se des Modells 14\_2 und seinen elf nicht signifikanten Faktoren wurde das abschließende Modell 14.3 definiert, so dass sich für die fünf Alternativen Pkw ( $V_P$ ), ÖV ( $V_O$ ), Fahrer ( $V_F$ ) und Mitfahrer ( $V_M$ ) einer Fahrgemeinschaft sowie andere Verkehrsteilnehmer ( $V_A$ ) die in den Gleichungen 7.11 bis 7.15 vorgestellten Nutzenfunktionen ergaben.<sup>32</sup>

Entsprechend der oben dargestellten Zusammenhänge wurde das Modell 14.3 mit einer Anzahl von insgesamt 38 Parametern geschätzt. In der Tabelle 7.22 sind die Resultate des finalen Modells dargestellt. Durch die Reduzierung der Nutzenfunktionen blieben im Vergleich zum Modell 14\_2 alle Koeffizienten sowohl in Bezug auf ein übereinstimmendes Vorzeichen als auch hinsichtlich einer nahezu identischen Ausprägung erhalten. Für alle

<sup>32</sup> Wie bereits aus den vorangegangenen Beschreibungen der vorliegenden Arbeit bekannt, ist den zu ermittelnden Parametern der Buchstabe P vorangestellt, gefolgt von dem Index ihres korrespondierenden Merkmals.

Merkmale, deren Parameter im Modell 14\_2 als signifikant von null verschieden erkannt wurden, konnte diese Eigenschaft auch im abschließenden Modell 14\_3 nachgewiesen werden.

$$\begin{aligned} V_P = & P_{P0} + P_{ZeitIV} * ZeitIV + P_{Kost} * KostIV + P_{PkwImmP} * PkwImm \\ & + P_{PkwOftP} * PkwOft + P_{DFZPrP} * DFZPr + P_{PLZ80} * PLZ80 \\ & + P_{PLZ89} * PLZ89 + P_{abP} * abends \end{aligned} \quad (7.11)$$

$$\begin{aligned} V_O = & P_{O0} + P_{ZeitOEV} * ZeitOEV + P_{Kost} * KostOEV + P_{OEVKaJa} \\ & * OEVKaJa + P_{AlterO} * Alter \end{aligned} \quad (7.12)$$

$$\begin{aligned} V_F = & P_{F0} + P_{FzA1} * FzA1 + P_{KollA1} * KollA1 + P_{SuA1} * SuA1 + P_{SuA2} \\ & * SuA2 + P_{Kost} * KostIV + P_{ZeitF} * ZeitFG + P_{PkwImmF} \\ & * PkwImm + P_{PkwOftF} * PkwOft + P_{DFZPrF} * DFZPr \\ & + P_{PLZ73} * PLZ73 + P_{ErwF} * Erwachsene \end{aligned} \quad (7.13)$$

$$\begin{aligned} V_M = & P_{M0} + P_{AortA1} * AortA1 + P_{AortA2} * AortA2 + P_{NotA1} * NotA1 \\ & + P_{KollA1} * KollA1 + P_{SuA1} * SuA1 + P_{SuA2} * SuA2 + P_{Kost} \\ & * KostFG + P_{ZeitM} * ZeitFG + P_{PkwSelM} * PkwSel + P_{ErwM} \\ & * Erwachsene + P_{EinM} * \ln Einkommen + P_{morM} * morgens \end{aligned} \quad (7.14)$$

$$\begin{aligned} V_A = & P_{PkwSelA} * PkwSel + P_{PLZ710} * PLZ710 + P_{PLZ712} * PLZ712 \\ & + P_{FamLedA} * FamLed + P_{EinA} * \ln Einkommen \end{aligned} \quad (7.15)$$

Da bedingt durch eine steigende Anzahl der in einer Schätzung integrierten Variablen unabhängig von der Qualität eines Modells eine Erhöhung der Log-Likelihood-Funktion verbunden ist, konnte im Modell 14\_3 mit  $L(\beta) = -2407,28$  keine weitere Maximierung im Vergleich zum Modell 14\_2 ( $L(\beta) = -2402,48$ ) erreicht werden. Dieser Effekt zeigt sich ebenfalls in dem unwesentlich niedrigerem Gütekriterium  $\rho^2(0) = 0,4010$  im Vergleich zu  $\rho^2(0) = 0,4022$ . Mit der Berücksichtigung der Anzahl an Parametern konnte jedoch das zweite Qualitätsmaß von  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3900$  im Modell 14\_2 auf  $\rho_{korr}^2(0) = 0,3915$  in Modell 14\_3 in geringfügigem Umfang gesteigert werden.

#### 7.4.5 Validierung der Modellergebnisse anhand der tatsächlichen Verkehrsmittelwahl

Unabhängig von der Art und dem Aufbau eines Modells müssen vor dessen Anwendung für verschiedene Prognoseszenarien seine Ergebnisse anhand realer Daten in Bezug auf ein definiertes Basisszenario abgeglichen werden. Ergebnisse, die mit Hilfe von SP-Methoden ermittelt wurden, unterliegen dieser Forderung in besonderem Maße, da die Erhebung der Daten auf bekundeten Präferenzen beruht (vgl. Kapitel 6.1.5). Die Skalierung von

Variable	Parameter	Testgröße	Variable	Parameter	Testgröße
$P_{P0}$	-38,9585	-5,916	$P_{PPA1}$	-	-
$P_{ZeitIV}$	-0,0513	-6,835	$P_{FlexA1}$	-	-
$P_{Kost}$	-0,0867	-2,287	$P_{FlexA2}$	-	-
$P_{O0}$	-39,8262	-6,054	$P_{KollA1}$	0,1185	2,770
$P_{ZeitOEV}$	-0,0204	-2,757	$P_{SuA1}$	0,1199	2,016
$P_{Umsteig}$	-	-	$P_{SuA2}$	-0,2533	-4,041
$P_{Takt}$	-	-	$P_{M0}$	-31,5841	-4,877
$P_{Entf}$	-	-	$P_{ZeitM}$	-0,0337	-5,571
$P_{F0}$	-39,9152	-6,062	$P_{AortA1}$	0,4761	6,472
$P_{EinnahmeF}$	-	-	$P_{AortA2}$	0,2545	3,453
$P_{ZeitF}$	-0,0375	-6,198	$P_{NotA1}$	0,2019	3,406
$P_{FzA1}$	-0,3771	-7,386	-	-	-
$P_{PkwImmP}$	2,7591	5,442	$P_{DFZPrF}$	-0,6394	-2,481
$P_{PkwOfTP}$	2,2045	4,110	$P_{PkwSelM}$	-1,4811	-2,926
$P_{DFZPrP}$	-0,6460	-2,668	$P_{PkwSelA}$	1,5133	2,728
$P_{PkwImmF}$	2,3980	4,554	$P_{OEVKaJa}$	6,1692	13,284
$P_{PkwOfTF}$	1,7470	3,045	-	-	-
$P_{PLZ70}$	-	-	$P_{FamLedA}$	-3,7298	-4,664
$P_{PLZ73}$	0,5124	3,588	$P_{ErwF}$	0,2190	2,622
$P_{PLZ76}$	-	-	$P_{ErwM}$	0,3680	4,445
$P_{PLZ80}$	3,3237	3,395	$P_{WoP}$	-	-
$P_{PLZ89}$	1,2939	2,294	$P_{EinM}$	-0,8411	-5,170
$P_{PLZ710}$	5,5982	7,327	$P_{EinA}$	-5,6962	-6,912
$P_{PLZ712}$	7,7765	8,486	$P_{morM}$	-0,0641	-2,758
$P_{AlterP}$	-	-	$P_{abP}$	0,0346	3,259
$P_{AlterO}$	-0,0602	-1,964	-	-	-

$k = 38$	$L(0) = -4018,77$	$L(\beta) = -2407,28$	$\rho^2(0) = 0,4010$	$\rho_{korr}^2(0) = 0,3915$
----------	-------------------	-----------------------	----------------------	-----------------------------

Tabelle 7.22: Parameter des Modells 14\_3

SP-Ergebnissen anhand realer Daten kann durch die Erweiterung der Nutzenfunktionen  $V_i$  um  $j$  alternativenbezogene Skalierungsparameter  $\alpha_i$  erreicht werden. Die Nutzenfunktionen werden in die entsprechenden Modellstrukturen eingesetzt und den realen Auswahlwahrscheinlichkeiten  $\bar{P}_i$  gegenübergestellt. Mit Hilfe iterativer Skalierungsverfahren werden die  $\alpha_i$  so bestimmt, dass die berechneten Wahrscheinlichkeiten der Alternativenwahl möglichst gut den realen Entscheidungen entsprechen.

Für das in dieser Untersuchung zur Anwendung kommende Logit-Modell schlägt TRAIN (1986) ein Verfahren zur Rekalibrierung der alternativen-spezifischen Konstanten vor, dass auf dem Vergleich der Anzahl an Individuen jeder Alternative zwischen Modell und realer Situation beruht.<sup>33</sup> Die Funktion 7.16 zeigt die additive Erweiterung der Nutzenfunktionen

<sup>33</sup> Vgl. Ben-Akiva, 1992, Bradley u. Daly, 1992 und TRAIN (1986) S. 104.

um die alternativenspezifischen Konstanten  $\alpha_i$ . Aus der Anzahl an Personen je Alternative in der Modellrechnung ( $N_i^0$ ) und unter Verwendung der realen Daten ( $S_i$ ) werden mit Hilfe der Gleichungen 7.17 und 7.18 die Verhältniswerte  $n_i^0$  und  $s_i$  bestimmt. Die Verbesserung der  $\alpha_i$  im ersten Iterationsschritt, ausgehend von den Startwerten  $\alpha_i^0 = 0$ , folgt entsprechend der Funktion 7.19. Nach erneuter Modellrechnung unter Einbeziehung der  $\alpha_i^1$  entsprechend Gleichung 7.16 werden neue Modellergebnisse erzielt, die wiederum mit den realen Wahlwahrscheinlichkeiten verglichen werden. Dieser iterative Prozess wird solange fortgesetzt, bis die Ergebnisse des Modells mit denen der Realität übereinstimmen.

$$\bar{P}_i = \frac{\exp(\alpha_i + V_i)}{\sum_{j=1}^n \exp(\alpha_j + V_j)} \quad (7.16)$$

$$n_i^0 = \frac{N_i^0}{\sum_j N_j^0} \quad (7.17)$$

$$s_i = \frac{S_i}{\sum_j S_j} \quad (7.18)$$

$$\alpha_i^1 = \alpha_i^0 + \ln\left(\frac{S_i}{n_i^0}\right) \quad (7.19)$$

Die im Rahmen der Modellierung der Verkehrsmittelwahl ermittelten Ergebnisse beruhen auf den individuell für die vorliegende Untersuchung spezifizierten und im Rahmen der Erhebung präsentierten Entscheidungssituationen der Verkehrsmittelwahl. Die Parameter eigneten sich damit in besonderer Weise zur Erfassung von Änderungen im Modal-Split infolge wechselnder Rahmenbedingungen zur Nutzung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr. Um darüber hinaus auch ganzheitliche Prognosen der Wahl der Verkehrsmittel berechnen zu können, wurden die Modellergebnisse anhand der realen Verkehrsmittelwahl der Mitarbeiter im MTC sowie der Einbeziehung des Verhaltens der nicht wahlfreien Probanden (vgl. Kapitel 7.1) skaliert. Auf Basis der zusätzlich in der Erhebung ermittelten aktuellen Verkehrsmittelwahl (vgl. Abschnitt 7.2.1) kam das oben beschriebene Verfahren zur Rekalibrierung der alternativenspezifischen Konstanten zur Anwendung. Für die fünf Alternativen wurde jeweils ein Skalierungsparameter  $\alpha_i$  in die Nutzenfunktionen  $V_i$  integriert und im Zuge eines iterativen Prozesses bestimmt, so dass die modellierte Verkehrsmittelwahl schließlich der tatsächlichen Modal-Split-Verteilung entsprach.

Als Voraussetzung zum Vergleich des Modells mit der realen Verkehrsmittelwahl wurde eine Modellrechnung auf Basis des bereits für die Erhebung umgesetzten und in Abschnitt 6.4.2 beschriebenen Nullfalls verwendet. Die Berechnung der Ergebnisse des Modells beruhte aber nicht mehr ausschließlich, wie noch im Zuge der Parameterschätzung, auf den Daten der Erhebung, sondern berücksichtigte zusätzlich die Wohnortverteilung der ca. 6000 Mitarbeiter im MTC. In der Tabelle 7.23 sind die Resultate der Validierung des Modells zusammengefasst.



	Anz.	Alt. 1 (P)	Alt. 2 (O)	Alt. 3 (F)	Alt. 4 (M)	Alt. 5 (A)
<i>Lexiko.</i>	32	21,5054%	3,2258%	37,5529%	36,0370%	1,6789%
<i>FesteAlt.</i>	199	80,0%	6,1111%	2,7778%	2,7778%	8,3333%
<i>Wahlfreie<sub>Real</sub></i>	233	80,7689%	5,8863%	5,4289%	2,6932%	5,2227%
<i>Modal-Split<sub>Real</sub></i>	464	76,2585%	5,7904%	6,6130%	5,0879%	6,2502%
$\alpha_{i,0}$		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>Wahlfreie<sub>Modell,0</sub></i>	233	51,5726%	3,1011%	16,1017%	28,2465%	0,9781%
<i>Modal-Split<sub>Modell,0</sub></i>	464	61,1270%	4,3469%	12,1443%	18,3313%	4,0504%
$\alpha_{i,1}$		0,4486	0,6409	-1,0872	-2,3502	1,6752
<i>Wahlfreie<sub>Modell,1</sub></i>	233	83,5930%	4,2991%	5,7634%	3,1256%	3,2189%
<i>Modal-Split<sub>Modell,1</sub></i>	464	77,7221%	4,9678%	6,7864%	5,3120%	5,2117%
$\alpha_{i,2}$		0,4142	0,9551	-1,147	-2,4991	2,1592
<i>Wahlfreie<sub>Modell,2</sub></i>	233	82,4273%	4,9458%	5,5659%	2,7462%	4,3148%
<i>Modal-Split<sub>Modell,2</sub></i>	464	77,1179%	5,3030%	6,6840%	5,1154%	5,7797%
$\alpha_{i,21}$		0,3715	1,3528	-1,1939	-2,5317	2,4878
<i>Wahlfreie<sub>Modell,21</sub></i>	233	80,7689%	5,8863%	5,4289%	2,6932%	5,2227%
<i>Modal-Split<sub>Modell,21</sub></i>	464	76,2585%	5,7904%	6,6130%	5,0879%	6,2502%

Tabelle 7.23: Validierung der Modellergebnisse

Die Validierung des Modells wurde anhand der in Abschnitt 7.1 identifizierten Gruppen von Verkehrsteilnehmern, ihrer Anzahl an Befragten (Anz.)<sup>34</sup> und den fünf Alternativen Pkw (Alt. 1 (P)), ÖV (Alt. 2 (O)), Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft (Alt. 3 (F), Alt. 4 (M)) sowie andere Verkehrsteilnehmer (Alt. 5 (A)) durchgeführt. Die Respondenten, die ihre Verkehrsmittelwahl im Berufsverkehr unter lexikographischen Entscheidungsregeln (*Lexiko.*) getroffen oder sich unter den variierenden Bedingungen immer für ein Verkehrsmittel entschieden haben (*FesteAlt.*), sind getrennt von den wahlfreien Mitarbeitern dargestellt. Für den Fall der realen Verkehrsmittelwahl konnten auf Basis der erhobenen Verteilung der Verkehrsmittel (*Modal-Split<sub>Real</sub>*) die Anteile der wahlfreien Probanden (*Wahlfreie<sub>Real</sub>*) berechnet werden. Aus dem Vergleich dieser Anteile mit den Ergebnissen des Modells (*Wahlfreie<sub>Modell,0</sub>*) wurden in 21 Iterationsritten die Anteile der Wahlfreien und entsprechend die gesamte Modal-Split-Verteilung im Modell an die der Realität angepasst. Zur Berechnung der Werte für  $\alpha_i$ , *Wahlfreie<sub>Modell</sub>* und *Modal-Split<sub>Modell</sub>* wurden die Gleichungen 7.16 bis 7.19 verwendet.

Die in der Tabelle 7.23 aufgezeigten Ergebnisse der Modellrechnung vor der Eichung (*Wahlfreie<sub>Modell,0</sub>*) machen eine Überschätzung der in der Erhebung geäußerten Häufigkeit der Nutzung einer Fahrgemeinschaft sowohl als Fahrer als auch als Mitfahrer deutlich. Im Vergleich zu der realen Verkehrsmittelwahl mit Anteilen von 5,4% bzw. 2,7% unter den wahlfreien Respondenten erreichten die Alternativen der Fahrer bzw. der Mitfahrer

<sup>34</sup> Im Rahmen der Validierung wurden in Analogie zur Parameterschätzung von den zur Verfügung stehenden 236 Datensätzen der wahlfreien Respondenten die 233 Datensätze der Gruppen I und III verwendet (vgl. Kapitel 7.4.1).

von Fahrgemeinschaften im Rahmen der SP-Situationen Werte von 16,1% bzw. 28,3%. Die Anteile der verbleibenden drei Alternativen Pkw, ÖV sowie andere Verkehrsteilnehmer wurden mit 51,6%, 3,1% und 1,0% gegenüber den Nutzungswahrscheinlichkeiten der tatsächlichen Entscheidungen (80,8%, 5,9%, 5,2%) in entsprechendem Umfang unterschätzt. Die großen Unterschiede zwischen geäußerter und realer Verkehrsmittelwahl der wahlfreien Probanden sind in den Eigenschaften der verwendeten Untersuchungsmethode der SP begründet (vgl. Abschnitt 6.1.5). Die auf hypothetischen Entscheidungssituationen basierende Erhebung der Verkehrsmittelwahl entsprach den Präferenzen der Respondenten und nicht den von ihnen in der Realität durchgeführten Fahrten. Im Zuge der Eichung wurde diese Differenz, unter Erhaltung der Erklärungskraft für die Unterschiede in der Wahl der Verkehrsmittel bei variierenden Bedingungen, an die reale Verkehrsmittelwahl angepasst.

## 7.5 Zusammenfassende Darstellung der Datenanalyse und der Modellierung

Die Ausführungen im vorliegenden Kapitel haben die relevanten Punkte und ihre zugehörigen Abläufe der Datenauswertung verdeutlicht. Im Rahmen der Analyse und Modellierung wurden die Daten überprüft, eine Beschreibung der Stichprobe vorgenommen, eine graphische Auswertung der Auswahl-situationen durchgeführt und schließlich die Parameter des zu entwickelnden Modells bestimmt.

Ausgehend von dem Rücklauf von 605 Probanden mussten 138 Probanden aufgrund von unvollständigen oder unglaubwürdigen Antworten aus der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden. Von den verbleibenden 467 Respondenten wurden 32 mit lexikographischen Entscheidungsregeln und 199 mit festen Alternativen identifiziert. Im Zuge der Beschreibung der Stichprobe wurde die aktuelle Verteilung der Verkehrsmittel ermittelt. Neben dem Pkw mit einem Anteil von 74,9% erreichten die Alternativen ÖPNV, Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft sowie das Fahrrad Werte von 5,8%, 6,6%, 5,1% und 5,5%. Die übrigen Varianten spielten eine untergeordnete Rolle. Anhand der Analyse der soziodemographischen Kenngrößen konnten für die Faktoren der Verfügbarkeit eines Pkw und eines Dienstwagens, dem Besitz einer ÖV-Zeitfahrkarte, dem Alter, dem Einkommen, der wöchentlichen Arbeitszeit und der Anzahl der Tage ohne direkte Fahrt vom Arbeitsplatz zum Wohnort signifikante Zusammenhänge zur Verkehrsmittelwahl nachgewiesen werden.

Mit Hilfe der graphischen Untersuchung der SP-Situationen konnten alle 14 Haupteffekte und 86 Wechselwirkungen der spezifizierten neun Merkmale mit ihren 23 Ausprägungen

abgeschätzt werden. Die Bedeutung der einzelnen Attribute wurde unter Verwendung der Spannweiten der Nutzenwerte, definiert als Wichtigkeit, beurteilt. Die Faktoren der Reisezeit, des Abholorts und der Fahrzeuge erwiesen sich als die relevantesten Merkmale, gefolgt von der Suche nach Fahrgemeinschaftspartnern sowie der Notstrategie. Für die Kosten, den Bekanntheitsgrad der Kollegen, die Flexibilität und der Parkplatzsituation am Werk wurden geringere Wichtigkeiten identifiziert. Diese Erkenntnisse wurden in der abschließenden Parameterbestimmung genutzt, um die Nutzenfunktionen der Alternativen zu optimieren.

Auf der Basis von grundlegenden Nutzenfunktionen mit individuellen Attributen für die den Verkehrsteilnehmern zur Verfügung stehenden Alternativen wurden neben diesen Grundmodellen drei weitere Modellgruppen zur separaten Analyse von Trägheitsvariablen und soziodemographischen Merkmalen sowie ihrer kombinierten Betrachtung definiert. Zusätzlich zu den Modellgruppen wurden vier Modellserien eingeführt, so dass die Modelle in grundlegender Form (Serie 10), unter Beachtung von Wechselwirkungen (Serie 20), mit der Betrachtung der Kosten und der Reisezeit als einkommens- bzw. distanzabhängige Attribute (Serie 30) und in Anwendung einer nicht linearen Transformation der Reisezeit (Serie 40) untersucht werden konnten. Auf Grundlage dieser Strukturierung konnten 16 einzelne Modelle unter Anwendung des Maximum-Likelihood-Verfahrens erfolgreich geschätzt werden. In Anbetracht der zu erwartenden Vorzeichen und Signifikanzen der Parameter sowie der Modellgüten wurde das Modell 14 der ersten Serie (Grundmodell mit Berücksichtigung der Faktoren der Trägheit und Soziodemographie) als geeignet identifiziert. Mit Hilfe der Logarithmierung des Einkommens wurde das Modell optimiert und schließlich unter Reduzierung auf die Merkmale mit signifikant von null verschiedenen Parametern als Modell 14.3 ausgewählt. Im Anschluss an die Modellierung wurde die Validierung der Modellergebnisse anhand eines iterativen Verfahrens zur Rekalibrierung der Konstanten vorgenommen.



# Kapitel 8

## Untersuchungsergebnisse und Anwendungen

Im Anschluss an die Auswertung der Erhebung und die Analyse der Daten werden im Folgenden sowohl die qualitativen Untersuchungsergebnisse präsentiert als auch die quantitativen Anwendungen der Modellstrukturen vorgestellt. Basierend auf den Fragestellungen zur Untersuchung des dynamischen Mitfahrservices “M21 FahrPLUS” in Bezug auf die Analyse der subjektiven Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer und die Modellierung des Verkehrsmittelwahlprozesses (vgl. Abschnitt 5.1) werden für die Mitarbeiter des MTC in Sindelfingen folgende Untersuchungsergebnisse dargelegt:

- Beschreibung der **Einflüsse der Merkmale** zur Analyse des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer unter Berücksichtigung der Förderung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr.
- Berechnung der **Verkehrsmittelwahl** zur Abbildung des aggregierten Verkehrsmittelwahlprozesses für unterschiedliche Szenarien der Unterstützung von betrieblichen Fahrgemeinschaften.

Im ersten Teil dieses Kapitels werden die Wirkungen der für die Nutzung von Fahrgemeinschaften relevanten und in der Befragung integrierten Faktoren separat bestimmt und anhand von relativen Wichtigkeiten, Zeit- und Kostenwerten sowie den Zeitkosten verglichen. Anschließend werden in einem zweiten Teil die Verteilungen der Verkehrsmittel mit Hilfe des in Kapitel 7 konstruierten und kalibrierten Modells der Verkehrsmittelwahl für die Mitarbeiter des MTC in Sindelfingen ermittelt. Als Basis dieser Anwendungen werden die Szenarien (vgl. Abschnitt 5.3) in modellspezifische Faktoren umgesetzt, so dass die veränderte Verkehrsmittelwahl für die Situation vor der Einführung von “M21 FahrPLUS” sowie für die einzelnen und kombinierten Maßnahmen der Prognose-Fälle bestimmt werden kann. Abschließend werden mögliche Anwendungen der aus dieser Unter-

suchung resultierenden Ergebnisse für das Angebot des dynamischen Vermittlungsdienstes “M21 FahrPLUS” erörtert.

## 8.1 Einflüsse der Merkmale

Vor der expliziten Anwendung des entwickelten Modells werden die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung identifizierten Merkmale in Bezug ihrer Einflüsse auf die Nutzung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr dargestellt und verglichen. Auf Grundlage der Ergebnisse des letztlich zur Anwendung kommenden Modells 14\_3 (vgl. Abschnitt 7.4.4) wurden die Koeffizienten der in der Parameterschätzung kategorial abgebildeten Attribute übernommen oder für die  $n - te$  Ausprägung, unter Verwendung der bekannten Transformationsregel  $P_n = -\sum_{i=1}^n P_i$  (vgl. Kapitel 7.4.2), berechnet und in Tabelle 8.1 dargestellt. Die Faktoren der Reisezeit und der Kosten wurden im Rahmen der Erhebung zwar auf Basis von Kategorien (100%, 120% und 140% der Reisezeit bzw. 100%, 150% und 200% der Kosten in Bezug auf den Zeitpunkt der Befragung) ermittelt, jedoch den Respondenten entsprechend ihrer individuellen Eigenschaften in absoluter Form präsentiert. Entsprechend der linearen Annahme der beiden Merkmale im Zuge der Definition der Nutzenfunktionen können ihre Parameter auch nicht in Bezug auf die in der Erhebung zugrunde liegenden Kategorien dargestellt werden.

Merkmal	Ausprägung 1		Ausprägung 2		Ausprägung 3	
	Stufe	Para	Stufe	Para	Stufe	Para
Abholort	Zu Hause	0,4761	Treffp. fußl	0,2545	Treffp. Pkw	-0,7306
Notstrategie	Fuhr/ ÖPNV	0,2019	nur ÖPNV	-0,2019	-	-
Fahrzeuge	Privat	-0,3771	Arbeitgeber	0,3771	-	-
Parkplätze	Keine	0,0000	Reserviert	0,0000	-	-
Flexibilität	1 Stunde	0,0000	3 Stunden	0,0000	1 Tag	0,0000
Kollegen	Bekannt	0,1185	Unbekannt	-0,1185	-	-
Suche	Absprache	0,1199	Schwarzes Brett	-0,2533	Online	0,1334

Tabelle 8.1: Die Koeffizienten der kategorialen Merkmale

Die Parameter (Para) der einzelnen Ausprägungsstufen (Stufe) fließen bei der Anwendung des Modells direkt als additive Bestandteile in die entsprechenden Nutzenfunktionen der Alternativen Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft ein.<sup>1</sup> In Anbetracht der Theorie der Nutzenmaximierung, die auf dem Grundsatz basiert, dass die Wahrscheinlichkeit der Wahl einer Alternative umso höher ist, je größer ihr Gesamtnutzen ist, besitzen die

<sup>1</sup> Mathematisch betrachtet werden infolge der in Abschnitt 7.4.2 beschriebenen Effekt-Kodierung der Merkmale und der oben angeführten Transformation die betrachtete Ausprägung mit dem Wert eins und die übrigen  $n - 1$  Ausprägungen des entsprechenden Faktors mit dem Wert null multipliziert.

Koeffizienten der Ausprägungen einen direkten Einfluss auf die Verteilung der Verkehrsmittelwahl.

Für das Merkmal der Abholung der Mitfahrer bedeutet der oben beschriebene Zusammenhang, dass die Abholung von zu Hause (0,4761) als geeigneter im Vergleich zur Abholung von Treffpunkten, die zu Fuß zu erreichen sind (0,2545), beurteilt wurde und damit zu entsprechend höheren Anteilen der Variante des Mitfahrers einer Fahrgemeinschaft führt. Dennoch besitzen beide Ausprägungen ein positives Vorzeichen und steigern den Nutzen der Alternative Mitfahrer. Die dritte Ausprägung, die Abholung von einem Treffpunkt, der nur mit dem Pkw erreicht werden kann, wurde dagegen mit einem negativen Koeffizienten (-0,7306) von den Respondenten deutlich abgelehnt und resultiert damit in geringeren Anteilen der Alternative des Mitfahrers. Für den zweiten ebenfalls nur für die Mitfahrer bedeutsamen Faktor der Notstrategie wurde die Durchführung mit kostenpflichtigen internen Fuhrparkfahrzeugen oder dem ÖPNV als kostenlose Variante (0,2019) besser als die Möglichkeit einer kostenpflichtigen Fahrt mit dem ÖPNV (-0,2019) bewertet. Im Vergleich zum Abholort konnte für die Notstrategie aufgrund der kleineren Werte ihrer Parameter eine geringere Bedeutung aufgedeckt werden. Die nur für Fahrer relevante Bereitstellung von Fahrzeugen durch den Arbeitgeber (0,3771) wirkt sich positiv auf die Nutzung von Fahrgemeinschaften als Fahrer aus. Von den vier weiteren Merkmalen, die sowohl für Mitfahrer als auch für Fahrer von Bedeutung sind, konnten weder für das Angebot speziell reservierter Parkplätze für Fahrgemeinschaften noch für die Flexibilität signifikant von null verschiedene Parameter identifiziert werden. Die Betrachtung des Bekanntheitsgrades der Kollegen macht deutlich, dass die Fahrt in einer Fahrgemeinschaft mit bekannten Kollegen (0,1185) als positiv im Vergleich zu einer Fahrt mit nicht bekannten Mitarbeitern (-0,1185) eingeschätzt wurde. Bei den generellen Möglichkeiten zur Suche von geeigneten Partnern für eine gemeinsame Fahrt wurden die persönliche Absprache (0,1199) und das Angebot eines Online-Dienstes (0,1334) positiv bewertet. Das bekannte schwarze Brett (-0,2533) konnte dagegen keine Akzeptanz erzielen.

Zum detaillierten Vergleich der unterschiedlichen Wirkungen der Einflussfaktoren auf die Verkehrsmittelwahl wurden die als Spannweite des Nutzenbereichs der Ausprägungen definierten Wichtigkeiten bestimmt. Aus den dimensionslosen Wichtigkeiten wurden die prozentualen relativen Wichtigkeiten abgeleitet und in der Abbildung 8.1 dargestellt. Bereits im Zuge der graphischen Auswertung in Kapitel 7.3.2 wurde eine Abschätzung der relativen Wichtigkeiten der Faktoren aus den Häufigkeiten der auftretenden Ausprägungen im Fall der Wahl der Alternative Pkw vorgenommen. Im Unterschied zu der Ermittlung der Werte im Rahmen der graphischen Auswertung wurden die aus der Parameterschätzung resultierenden relativen Wichtigkeiten ohne Berücksichtigung der Attribute der Kosten und der Reisezeit bestimmt. Mit Ausnahme des Abholortes, der Parkplätze und der Fle-

xibilität konnten jedoch trotzdem die vorab ermittelten Tendenzen der Einflüsse der Merkmale bestätigt werden. Während für das Angebot von reservierten Parkplätzen sowie für die zeitlich flexible Gestaltung einer Fahrt keine signifikanten Wirkungen nachgewiesen werden konnten, stellte sich das Merkmal der Abholung der Mitfahrer als das mit dem bedeutendsten Einfluss von 40,4% heraus. Die zur Verfügung gestellten Fahrzeuge konnten mit 25,2% als zweit wichtigste Eigenschaft erkannt werden. Als Merkmale mit einem geringeren Einfluss wurden die Notstrategie (13,5%), die Suche nach Fahrgemeinschaftspartnern (13,0%) und der Bekanntheitsgrad der Kollegen (7,9%) identifiziert.

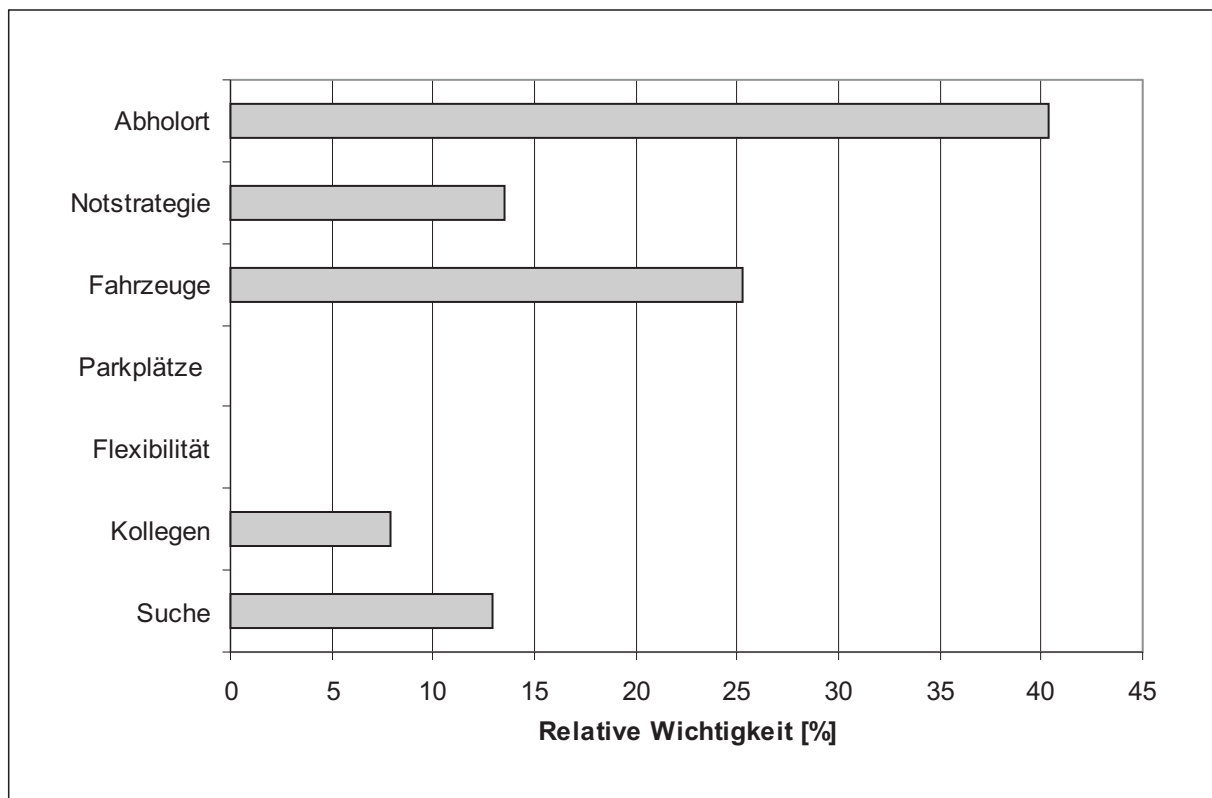


Abbildung 8.1: Relative Wichtigkeiten der untersuchten Merkmale<sup>2</sup>

Die Bedeutung der in der vorliegenden Untersuchung analysierten kategorialen Merkmale und ihrer Ausprägungen für die Nutzung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr kann über die Beschreibung der relativen Wichtigkeiten hinaus auch mit einer Darstellung der Koeffizienten in Relation zu den Parametern der in den Nutzenfunktionen linear integrierten Attribute der Reisezeit und der Kosten aufgezeigt werden. Die als Zeit- bzw. Kostenwerte bezeichneten relativen Werte wurden für die in der Erhebung integrierten kategorialen Faktoren in Abhängigkeit der Anzahl an Kategorien ( $n$ ) für  $n - 1$  Ausprägungen differenziert nach den Bedeutungen der Attribute für die Alternativen Fahrer und Mitfahrer von Fahrgemeinschaften bestimmt. Auf Basis von Referenzen, den Merk-

<sup>2</sup> Quelle: Eigene Darstellung.



malsausprägungen mit den geringsten Koeffizienten (vgl. Tabelle 8.1), wurden die Differenzen der Parameter zu den verbleibenden Ausprägungsstufen gebildet und durch die Variablen von Reisezeit bzw. Kosten dividiert. In der Tabelle 8.2 werden die relativen Werte in Bezug auf die Reisezeit und die Kosten vorgestellt.

Bezug	Attribut	Referenz	Ausprägung	Alternative	Wert
Reisezeit	Abholort	Treffp. Pkw	Treffp. fußl	Mitfahrer	29,2 min
Reisezeit	Abholort	Treffp. Pkw	Zu Hause	Mitfahrer	35,8 min
Reisezeit	Notstrategie	nur ÖPNV	Fuhr/ ÖPNV	Mitfahrer	12,0 min
Reisezeit	Fahrzeuge	Privat	Arbeitgeber	Fahrer	20,1 min
Reisezeit	Kollegen	Unbekannt	Bekannt	Fahrer	6,3 min
Reisezeit	Kollegen	Unbekannt	Bekannt	Mitfahrer	7,0 min
Reisezeit	Suche	Schwarzes Brett	Absprache	Fahrer	9,9 min
Reisezeit	Suche	Schwarzes Brett	Absprache	Mitfahrer	11,1 min
Reisezeit	Suche	Schwarzes Brett	Online	Fahrer	10,3 min
Reisezeit	Suche	Schwarzes Brett	Online	Mitfahrer	11,5 min
Kosten	Abholort	Treffp. Pkw	Treffp. fußl	Mitfahrer	11,4 Euro
Kosten	Abholort	Treffp. Pkw	Zu Hause	Mitfahrer	13,9 Euro
Kosten	Notstrategie	nur ÖPNV	Fuhr/ ÖPNV	Mitfahrer	4,7 Euro
Kosten	Fahrzeuge	Privat	Arbeitgeber	Fahrer	8,7 Euro
Kosten	Kollegen	Unbekannt	Bekannt	Fahrer/ Mitfahrer	2,7 Euro
Kosten	Suche	Schwarzes Brett	Absprache	Fahrer/ Mitfahrer	4,3 Euro
Kosten	Suche	Schwarzes Brett	Online	Fahrer/ Mitfahrer	4,5 Euro

Tabelle 8.2: Parameter der kategorialen Attribute in Relation zu Zeit und Kosten

Die im Zuge der Betrachtung der relativen Wichtigkeiten erkannten Bedeutungen der einzelnen Merkmale für die Nutzung von Fahrgemeinschaften lassen sich an den ermittelten relativen Werte in identischer Form nachweisen. Sowohl die Zeit- als auch die Kostenwerte verdeutlichen die große Bedeutung des Abholortes, gefolgt von der Art der für eine Fahrgemeinschaftsfahrt zur Verfügung stehenden Fahrzeuge. Die Änderung des Abholortes von einem mit dem Pkw zu erreichenden Treffpunkt zu einem fußläufig zu erreichenden Treffpunkt ist den Mitfahrern 29,2 min bzw. 11,4 Euro wert. Erfolgt die Abholung direkt vom Wohnort, so steigern sich die relativen Werte auf 35,8 min bzw. 13,9 Euro. Die Einführung von Fahrzeugen des Arbeitgebers zur Nutzung im Rahmen von betrieblichen Fahrgemeinschaften und der damit verbundene ausbleibende Gebrauch des Privatfahrzeuges wird von den Fahrern so bewertet, wie eine Reisezeiteinsparung von 20,1 min bzw. eine Kostenreduktion von 8,7 Euro. Die Notstrategie für die Mitfahrer und die Suche nach potenziellen Partnern für eine gemeinsame Fahrt erreichen dagegen geringere Werte. Die Optimierung der alternativen Fahrtmöglichkeiten im Fall von nicht zustande kommenden Fahrgemeinschaften von der alleinigen Nutzung des ÖPNV zu der Wahl einer Fahrt mit einem Fuhrparkfahrzeug oder dem ÖPNV wird entsprechend einer Verringerung der

Reisezeit um 12,0 min bzw. der Kosten um 4,7 Euro eingeschätzt. Die Umwandlung der Vermittlung von Fahrgemeinschaftspartnern von einem anonymen schwarzen Brett hin zu einer persönlichen Absprache zwischen den Kollegen entspricht als Fahrer oder Mitfahrer einer Ersparnis von 9,9 min oder 11,1 min bzw. unabhängig von der Art der Teilnahme einer Kostenreduzierung von 4,3 Euro. Kommt anstelle des schwarzen Bretts eine Online-Vermittlung zur Anwendung, so ergeben sich relative Werte von 10,3 min, 11,5 min und 4,5 Euro. Die geringste Bedeutung kommt dem Bekanntheitsgrad der Kollegen zu. Eine gemeinsame Fahrt mit bekannten Kollegen anstelle von unbekanntem Mitarbeitern wird von den Fahrern und Mitfahrern einer Fahrgemeinschaft entsprechend einer Reduzierung der Reisezeit bzw. der Kosten um 6,3 min und 7,0 min bzw. um 2,7 Euro empfunden.

Neben der Darstellung der relativen Werte der kategorialen Attribute in Bezug auf die Reisezeit und die Kosten wurden diese Merkmale selbst durch die Ermittlung der Zeitkosten untersucht. Direkt aus den Parametern des zur Anwendung kommenden Modells (vgl. 7.22) wurden die Zeitwerte für die vier Alternativen Pkw-Alleinfahrer (P), ÖPNV (O) sowie Fahrer (F) und Mitfahrer (M) einer Fahrgemeinschaft berechnet:

- P: 35,5 Euro/h
- O: 14,1 Euro/h
- F: 26,0 Euro/h
- M: 23,3 Euro/h

In Abhängigkeit der Betrachtung von Verkehrsmitteln, räumlichen Bedingungen, Fahrtzwecken sowie soziodemographischen Kriterien wurden eine Vielzahl von Zeitwertstudien durchgeführt und entsprechend unterschiedliche Ergebnisse erzielt.<sup>3</sup> Aus einer in der Schweiz im Jahr 2002 durchgeführten Untersuchung haben KÖNIG *et al.* (2004) für eine Kombination aus Verkehrsmittel- und Routenwahl Zeitwerte von 29,9 CHF/h und 23,9 CHF/h für den mIV und ÖV in Bezug auf den Verkehrszweck Pendler ermittelt. Bei der isolierten Betrachtung der Verkehrsmittelwahl konnten korrespondierende Werte von 41,2 CHF/h und 32,1 CHF/h bestimmt werden.<sup>4</sup> Im Vergleich zu der Schweizer Studie wird eine Zeitersparnis von einer Stunde von den Verkehrsteilnehmern des ÖV mit 14,1 Euro relativ gering bewertet. Entsprechend der qualitativ schlechten Anbindung des in der vorliegenden Untersuchung betrachteten Werkteils des MTC an den ÖPNV und den damit verbundenen hohen Reisezeiten scheint jedoch der niedrige Zeitwert des ÖV plausibel. Die Nutzer des mIV empfinden den Gegenwert einer Reisezeitverkürzung mit

---

<sup>3</sup> Vgl. KÖNIG *et al.* (2004), S. 24f.

<sup>4</sup> Vgl. KÖNIG *et al.* (2004), S. 61.

35,5 Euro/h dagegen als vergleichsweise hoch. Von den Nutzern einer Fahrgemeinschaft wird die Reduzierung der Reisezeit entsprechend ihrer Art der Teilnahme als Fahrer bzw. Mitfahrer mit 26,0 Euro/h bzw. 23,3 Euro/h eingeschätzt. In Anbetracht des MTC als Entwicklungsstandort mit einer überdurchschnittlich großen Anzahl an hoch qualifizierten Mitarbeitern und einem aus der Erhebung ermittelten mittleren Bruttoeinkommen von 29,1 Euro/h können die ermittelten Zeitwerte als realistisch eingeschätzt werden.

Die Darstellung der Einflüsse der relevanten Attribute auf die Nutzung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr zeigt deutliche Unterschiede in ihren Potenzialen zur Förderung von Mitnahmeverkehren für den Standort des MTC in Sindelfingen. Das Merkmal des Abholortes der Mitfahrer wird als eines der entscheidenden Kriterien ausgewiesen. Die hohen Werte der Wichtigkeit sowie die Ergebnisse der Parameterschätzung in Relationen zur Reisezeit und den Kosten sind jedoch zu einem großen Anteil durch die Ablehnung eines Umstiegs von dem eigenen Fahrzeug zu einer Fahrgemeinschaft begründet. Die geringere Differenz zwischen den Parametern der Abholung von zu Hause und einem fußläufig zu erreichenden Treffpunkt trägt dagegen zu einem wesentlich kleineren Teil zu der Dominanz des Abholortes bei. Es wird deutlich, dass das Angebot von Treffpunkten, die nur mit dem Pkw zu erreichen sind, keine Akzeptanz bei der Nutzung von Fahrgemeinschaften findet. Hingegen kann mit der Einführung von Treffpunkten in unmittelbarer Nähe der Wohnorte der potenziellen Teilnehmer eine geeignete Förderung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr erzielt werden. Die Organisation der Fahrten mit einer Abholung der Mitfahrer von zu Hause führt zu einer weiteren Steigerung der Teilnahmebereitschaft. Sie ist aber im Hinblick auf die damit verbundenen längeren Reisezeiten der Fahrer als kritisch zu betrachten. Neben dem Merkmal des Abholortes kann von dem Attribut der Fahrzeuge eine hohe Wirkung zur Steigerung der Nutzung von Fahrgemeinschaften erwartet werden. Dieses Potenzial ergibt sich aus der Bereitstellung unternehmensinterner Fuhrparkfahrzeuge, im Vergleich zu der Nutzung von Privatfahrzeugen der Teilnehmer.

Mit der Auswertung der Wichtigkeiten und relativen Werte konnten für die Faktoren der Notstrategie, der Suche nach Fahrgemeinschaftspartnern und dem Bekanntheitsgrad der Kollegen weitere, wenn auch geringere Potenziale ermittelt werden. Die geringere Wirkung der Notstrategie auf die Teilnahme an Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr kann mit der Art und Weise der in der Erhebung angebotenen Organisationsformen einer Notstrategie erklärt werden. Es wird deutlich, dass sich das Angebot einer freien Wahl zwischen einer Fahrt mit kostenpflichtigen Fuhrparkfahrzeugen und dem kostenlosen ÖPNV, im Vergleich zu einer organisierten, aber kostenpflichtigen Fahrt mit dem ÖPNV, als fördernd für die Nutzung von Fahrgemeinschaften auswirkt. Der relativ geringe Einfluss dieser Optimierung stellt jedoch nicht die Bedeutung der Existenz einer Notstrategie generell in Frage. Die Notwendigkeit des Angebotes von alternativen Fahrtmöglichkeiten für nicht

vermittelbare Mitfahrer stand bereits vor Einführung des Piloten von “M21 FahrPLUS” außer Frage. Entsprechend wurde die Ausprägung “keine Notstrategie” in der vorliegenden Untersuchung nicht integriert. Die Einflüsse des Merkmals der Suche nach geeigneten Partnern einer Fahrgemeinschaft verdeutlichen, dass mit Hilfe eines schwarzen Brettes, auch in elektronischer Form, die Teilnahme an Fahrgemeinschaften nicht zu steigern ist. Aber auch das Angebot eines Online-Dienstes mit seinen Leistungen in Bezug auf Service und Betreuung der Teilnehmer kann, verglichen mit einer persönlichen Absprache, kaum zur Erhöhung des Anteils an betrieblichen Fahrgemeinschaften führen. Die Bedeutung des Faktors Vertrauen, gekennzeichnet durch eine gemeinsame Fahrt mit bekannten im Unterschied zu unbekanntem Kollegen, fällt im Vergleich zu den anderen kategorialen Variablen am geringsten aus.

Für die beiden verbleibenden kategorialen Merkmale der Flexibilität und der Parkplätze konnten im Rahmen der Parameterschätzung keine signifikant von null verschiedenen Koeffizienten ermittelt werden. Für das Attribut einer flexiblen Vermittlung kamen in der Erhebung die Ausprägungen in Form der zeitlichen Differenz zwischen den Zeitpunkten der Festlegung für eine Fahrt und der gewünschten Abfahrtszeit mit den drei Stufen eine und drei Stunden sowie einen Tag zur Anwendung. Im Rahmen der Parameterschätzung wurde für die erste Ausprägung (eine Stunde) ein Koeffizient von 0,1115 berechnet, der jedoch mit einer Testgröße von 1,844 und einer Signifikanzgrenze von 1,96 bei dem gewählten Signifikanzniveau von 5% nur knapp als nicht signifikant identifiziert wurde (vgl. Tabelle 7.21). Entsprechend stellt der mit einem positiven Vorzeichen ermittelte Parameter ein Indiz für eine vorhandene Präferenz der Respondenten für eine hohe Flexibilität dar. Dennoch konnte die grundlegende Erwartung, dass mit steigender Flexibilität durch die Möglichkeit einer kurzfristigen Entscheidung für eine gemeinsame Fahrt die Nutzungswahrscheinlichkeit für Fahrgemeinschaften steigt, nicht nachgewiesen werden. Im Hinblick auf die verwendeten Ausprägungen liegt die Vermutung nahe, dass die Befragten bei dem Merkmal der Flexibilität nicht nur die Spontaneität einer kurzfristigen Entscheidung, sondern auch die Sicherheit durch eine langfristige Planung bewertet haben. Auch für das Attribut der reservierten Parkplätze konnte, im Vergleich zu der während der Erhebung aktuellen Situation ohne spezielle Parkplätze für Fahrgemeinschaften, keine signifikante Wirkung festgestellt werden. Eine Erklärung für den nicht nachzuweisenden Zusammenhang ist in der zum Zeitpunkt der Erhebung vorherrschenden Parkplatzsituation des MTC zu sehen. Für die Mitarbeiter standen zwei Parkhäuser in unmittelbarer Nähe der Werkstore sowie ein weiterer Ausweichparkplatz zur Verfügung.<sup>5</sup> Darüber hinaus liegt eine weitere Begründung möglicherweise in der restriktiven Politik der Werksleitung des

---

<sup>5</sup> Vgl. MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG, DAIMLERCHRYSLER AG (2002), S. 11.

MTC,<sup>6</sup> so dass den Probanden im Rahmen der Erhebung eine Umsetzung von reservierten Parkplätzen als vollkommen unrealistisch erschien.

Neben den kategorialen Faktoren sind auch die beiden im Rahmen der Modellierung als linear definierten Attribute der Zeit und der Kosten von relevanter Bedeutung für die Förderung von betrieblichen Fahrgemeinschaften. Mit den Werten der Koeffizienten von -0,0375 und -0,0337 für die Reisezeiten von Fahrern und Mitfahrern sowie von -0,0867 für die in den Nutzenfunktionen generisch integrierten Kosten wurden die Erwartungen von steigenden Wahrscheinlichkeiten der Nutzung von Fahrgemeinschaften bei sinkenden zeitlichen und finanziellen Aufwänden erfüllt (vgl. Tabelle 7.22). Dem Ziel der Minimierung der Reisezeit wurde bereits im Nullfall durch die Begrenzung der Umwege der Fahrer auf maximal 120% der direkten Fahrzeit Rechnung getragen. Eine weitere Optimierung der zeitlichen Aufwände könnte durch die Abholung der Mitfahrer von bestimmten auf den Routen der Fahrer liegenden Treffpunkten erreicht werden, steht aber im Gegensatz zu den Erkenntnissen der Förderung von Fahrgemeinschaften durch vorgegebene Abholorte, die sich nicht in fußläufiger Entfernung zu den Wohnorten der Mitfahrer befinden (s.o.). Es zeigt sich jedoch auch, dass mit Hilfe von geeigneten Maßnahmen wie der Einführung von speziellen Fahrspuren für Fahrgemeinschaften und dem damit verbundenen Ausgleich der Verlustzeiten durch die Abholung von Mitfahrern, ein erhebliches Potenzial für die Steigerung des Anteils an Fahrgemeinschaften besteht. In Bezug auf die Kosten wurden die Einnahmen der Fahrer durch die Mitnahme von Mitfahrern nicht direkt innerhalb des Kostenterms, sondern separat als eigenständiger Parameter  $P_{EinnahmeF}$  berücksichtigt, der sich im Rahmen der Schätzung der Koeffizienten als nicht signifikant unterschiedlich von null herausgestellt hat (vgl. Tabelle 7.22). Damit wird deutlich, dass mit der Veränderung der Betriebskostenbeteiligung, die von den Mitfahrern an die Fahrer gezahlt werden, nur die Nutzungswahrscheinlichkeit von Fahrgemeinschaften für Mitfahrer, aber nicht für Fahrer beeinflusst werden kann.

Mit Hilfe der Einführung von "M21 FahrPLUS" wurde den Mitarbeitern des MTC eine neuartige und serviceorientierte Dienstleistung zur Nutzung von dynamischen Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr angeboten. Im Vergleich zu der Situation vor der Förderung von betrieblichen Mitnahmeverkehren wurde die Suche nach potenziellen Partnern durch die flexible Vermittlung im Intranet und Internet erleichtert. Mit diesem Angebot waren die Mitarbeiter nicht mehr nur auf eine persönliche Absprache zwischen den Kollegen angewiesen, sondern konnten darüber hinaus ihre Entscheidung für die Nutzung einer Fahrgemeinschaft auch noch sehr kurzfristig bis zu einer Stunde vor der gewünschten Abfahrtszeit treffen. Mitfahrern, denen aufgrund ihrer individuellen zeitlichen und räumlichen

<sup>6</sup> Bereits im Verlauf des Projektes "M21" wurde die Einrichtung besonderer Parkplätze angestrebt. Doch mit der Begründung, dass am Standort Sindelfingen grundsätzlich keine Sonderregeln für spezielle Personengruppen zulässig sind, wurden die Forderungen stets abgelehnt.

Fahrtwünsche kein Fahrer zugeordnet werden konnte, hatten die Möglichkeit, im Rahmen der angebotenen Notstrategie zwischen einer kostenlosen ÖPNV-Fahrt und einer kostenpflichtigen Fahrt mit einem Fuhrparkfahrzeug zu wählen. Bedingt durch die zentrale Vermittlung fanden die gemeinsamen Fahrten jedoch nicht nur zwischen bekannten, sondern auch zwischen unbekanntem Kollegen statt.

Das Angebot der Online-Vermittlung wurde von den Mitarbeitern im Gegensatz zu einem elektronischen schwarzen Brett positiv bewertet, trug aber kaum zu einer Steigerung der Nutzung von betrieblichen Fahrgemeinschaften im Vergleich zu einer persönlichen Absprache bei. Für die mit der Dienstleistung "M21 FahrPLUS" verbundene Steigerung der Flexibilität konnte nicht nachgewiesen werden, dass der Zeitraum zwischen der Buchung und dem Beginn einer Fahrt von einer Stunde als fördernd empfunden wurde. In diesem Zusammenhang scheint der Aspekt der Sicherheit von relevanter Bedeutung zu sein. Es ist zu vermuten, dass das Bedürfnis der Mitarbeiter nach Sicherheit in ihren Planungen erst bei sehr kurzfristigen Angeboten als unwichtiger im Vergleich zu dem Bedürfnis der Flexibilität bewertet wird. Die eingeführte Notstrategie, mit der Wahl zwischen einem kostenpflichtigen Fuhrparkfahrzeug und der kostenlosen ÖPNV-Fahrt, hat die Akzeptanz der Nutzung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr erhöht. Aus der flexiblen Vermittlung, auch mit noch unbekanntem Kollegen, folgt aber auch eine geringere Teilnahmebereitschaft im Vergleich zur Nutzung von traditionellen Fahrgemeinschaften mit bekannten Kollegen. Vor der quantitativen Bewertung von "M21 FahrPLUS" im folgenden Abschnitt zeigt die qualitative Betrachtung der einzelnen Merkmale, dass mit Hilfe der Förderung von Fahrgemeinschaften in Form des dynamischen Vermittlungsdienstes eine Steigerung der Akzeptanz von betrieblichen Fahrgemeinschaften zu erwarten war. Über das bestehende Angebot von "M21 FahrPLUS" hinaus kann jedoch eine optimierte Förderung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr mit folgenden Maßnahmen erreicht werden:

- Festlegung des **Abholortes** für die Mitfahrer von zu Hause bei gleichzeitiger Integration einer optimalen Abholung von einem sich in unmittelbarer Nähe der Wohnorte der Teilnehmer befindlichen Treffpunkt. Ist der zeitliche Umweg für die Abholung vom Wohnort zu groß, so wird die Fahrt mit dem optimalen Treffpunkt durchgeführt.
- Beibehaltung des Angebots der **Notstrategie** als Wahl zwischen einem Fuhrparkfahrzeug zu den Kosten des geldwerten Vorteils und einer kostenlosen Fahrt mit dem ÖPNV.
- Bereitstellung der **Fahrzeuge** vom Arbeitgeber, die kostenpflichtig und ausschließlich für den Zweck des Berufsverkehrs genutzt werden dürfen.

- Schaffung von hoher **Flexibilität** durch weitere Minimierung des Zeitraums zwischen Buchung und Antritt der Fahrt.
- Erhöhung des Vertrauens durch die Möglichkeit der gemeinsamen Fahrt nur mit bekannten **Kollegen**. Eine Variante zur Umsetzung dieser Forderung besteht in der Einführung von Teilnehmergruppen, z.B. anhand von Abteilungsstrukturen.
- Unterstützung bei der **Suche** nach potenziellen Partnern durch die Bereitstellung der dynamischen Vermittlung von Fahrgemeinschaften über einen Online-Dienst im Intranet und Internet auf einem möglichst hohen Niveau an Beratung und Komfort. Einführung einer zusätzlichen Dienstleistung zur reinen Identifikation von individuell passenden Teilnehmern mit anschließender Möglichkeit der persönlichen Absprache.
- Festlegung der **Kosten** der Mitfahrer in Form einer an die Fahrer zu zahlenden geringen Betriebskostenbeteiligung. Als Anhaltspunkt kann die aus dem Betrieb von “M21 FahrPLUS” bekannte Kostenbeteiligung von 0,065 Euro je km und Mitfahrer Anwendung finden.
- Beibehaltung der Begrenzung der aufzuwendenden **Zeit** der Fahrer auf maximal 120% der Reisezeit des direkten Weges.

## 8.2 Die Verkehrsmittelwahl

Auf Basis des im Zuge der Modellierung entwickelten und im Rahmen der Kalibrierung auf die reale Verkehrsmittelwahl angepassten Modells erfolgte dessen Anwendung zur Prognose des Verhaltens aller Verkehrsteilnehmer im MTC unter verschiedenen Bedingungen der Förderung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr. Im Anschluss an die modelltechnische Umsetzung der in Abschnitt 5.3 definierten Szenarien wurde die Verkehrsmittelwahl für die Situation vor der Einführung des Vermittlungsdienstes “M21 FahrPLUS” berechnet. Darüber hinaus wurden die Modal-Split-Anteile der Alternativen für einzelne und kombinierte Maßnahmen prognostiziert. Die Modellrechnungen beruhten sowohl auf den Ergebnissen der Erhebung als auch auf den Daten der ca. 6000 Mitarbeiter im MTC.

### 8.2.1 Umsetzung der Szenarien

Die der Anwendung des Modells zugrunde liegenden Szenarien wurden im Rahmen der Spezifikation der vorliegenden Untersuchung in qualitativer Form festgelegt. Die Berechnung der Verkehrsmittelwahl erforderte eine quantitative Umsetzung der Bedingungen

der einzelnen Szenarien in die entsprechenden Ausprägungen der relevanten Merkmale. In den Tabellen 8.3 und 8.4 sind die zu den neun Szenarien (S1 bis S9) korrespondierenden Merkmalsausprägungen dargestellt. Zum Vergleich sind zusätzlich die im Kapitel 6.4.2 definierten Ausprägungen des Nullfalls (NF) aufgezeigt.

Merkmal	NF	S1	S2	S3	S4
Abholort	Treffp. fußl.	Treffp. fußl.	Zu Hause	Treffp. fußl.	Treffp. fußl.
Notstrategie	Fuhr/ ÖPNV	ÖPNV	Fuhr/ ÖPNV	Fuhr/ ÖPNV	Fuhr/ ÖPNV
Fahrzeuge	Privat	Privat	Privat	Privat	Privat
Parkplätze	Keine	Keine	Keine	Reserviert	Keine
Flexibilität	1 Stunde	1 Tag	1 Stunde	1 Stunde	1 Stunde
Kollegen	Unbekannt	Unbekannt	Unbekannt	Unbekannt	Bekannt
Suche	Online	Absprache	Online	Online	Online
Kosten	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Zeit	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

Tabelle 8.3: Die Merkmalsausprägungen für den Nullfall und die Szenarien S1 bis S4

Merkmal	S5	S6	S7	S8	S9
Abholort	Treffp. fußl.	Treffp. fußl.	Zu Hause	Treffp. fußl.	Zu Hause
Notstrategie	Fuhr/ ÖPNV	Fuhr/ ÖPNV	Fuhr/ ÖPNV	Fuhr/ ÖPNV	Fuhr/ ÖPNV
Fahrzeuge	Arbeitgeber	Privat	Privat	Arbeitgeber	Arbeitgeber
Parkplätze	Keine	Keine	Reserviert	Reserviert	Reserviert
Flexibilität	1 Stunde	1 Stunde	1 Stunde	1 Stunde	1 Stunde
Kollegen	Unbekannt	Unbekannt	Bekannt	Bekannt	Bekannt
Suche	Online	Online	Online	Online	Online
Kosten	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Zeit	1,2	1,0	1,2	1,2	1,2

Tabelle 8.4: Die Merkmalsausprägungen für die Szenarien S5 bis S9

Das erste Szenario (S1) wurde definiert, um einen Vergleich der Situation zum Zeitpunkt der Erhebung (NF) mit der Konstellation vor der Einführung von “M21 FahrPLUS” zu gewährleisten. Zur Abbildung der Bedingungen ohne die betriebliche Förderung von Fahrgemeinschaften mussten im Szenario S1 die Merkmalsausprägungen für die Notstrategie auf ÖPNV, für die Flexibilität auf einen Tag vor der Abfahrt und für die Suche nach potenziellen Partnern auf persönliche Absprache angepasst werden. Obwohl sich insbesondere bei persönlich abgesprochenen Fahrgemeinschaften die Teilnehmer untereinander kennen, wurde für das Attribut des Bekanntheitsgrads der Kollegen die aus dem Nullfall bekannte Ausprägung der unbekannt Partner beibehalten. Entsprechend der Sicherstellung von unabhängigen Faktoren war die Abbildung von Vertrauen durch eine gemeinsame Fahrt mit bekannten Kollegen nur in Kombination mit der Suche nach potenziellen Fahrgemein-



schaftspartnern über ein schwarzes Brett oder einen Online-Dienst zulässig.

In den folgenden fünf Szenarien (S2 bis S6) wurden einzelne Maßnahmen zur Förderung der Nutzung von Fahrgemeinschaften im Rahmen eines betrieblichen Mobilitätsmanagements definiert. Im Unterschied zum Nullfall zeichnete sich das Szenario S2 durch die Abholung der Mitfahrer von zu Hause aus. Im Szenario S3 wurden eigens für Fahrgemeinschaften reservierte Parkplätze in unmittelbarer Nähe der Werkstore integriert. Die Möglichkeit einer Aufteilung der Teilnehmer in verschiedene Gruppen, so dass Vermittlungen auch nur unter bekannten Personen ermöglicht werden könnten, wurde im Szenario S4 berücksichtigt. Im Szenario S5 wurden vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellte Fahrzeuge für die ausschließliche Nutzung im Berufsverkehr involviert. Das Szenario S6, mit der Ausprägung der Reisezeit von 1,0, entsprach der Situation von auf dem Arbeitsweg umgesetzten Maßnahmen zur Beschleunigung von Fahrgemeinschaften, so dass die zeitlichen Nachteile durch die Abholung der Mitfahrer ausgeglichen werden konnten.

Die Identifizierung einer möglichst optimalen Ausgestaltung des Mobilitätsdienstes "M21 FahrPLUS" wurde mit Hilfe der drei Szenarien S7 bis S9 durchgeführt. Um den Mitfahrern eine verbesserte Dienstleistung anzubieten, wurden im Szenario S7 die Abholung von zu Hause, reservierte Parkplätze sowie die Vermittlung mit bekannten Kollegen eingeführt. Eine optimierte Situation für die Fahrer wurde durch die Anpassung der vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellten Fahrzeuge, reservierte Parkplätze und der Vermittlung mit bekannten Kollegen im Szenario S8 erreicht. Das Szenario S9 kombinierte die Vorteile für Mitfahrer und Fahrer, so dass die Abholung von zu Hause mit Fahrzeugen vom Arbeitgeber bei einem gleichzeitigen Angebot von reservierten Parkplätzen am Werk und der Möglichkeit einer Fahrt mit bekannten Kollegen umgesetzt wurde. Die einzelne Maßnahme der Verbesserung der Reisezeit wurde nicht in die Maßnahmenpakete der kombinierten Szenarien S7 bis S9 aufgenommen, da der Einfluss des von den Unternehmen ausgehenden betrieblichen Mobilitätsmanagements auf eine Optimierung des zeitlichen Aufwands sehr begrenzt ist.

In der Tabelle 8.5 sind die Modal-Split-Anteile der fünf zur Verfügung stehenden Alternativen des mIV (Alt. 1 (P)), des ÖV (Alt. 1 (O)), der Fahrt als Fahrer (Alt. 1 (F)) und Mitfahrer (Alt. 1 (M)) einer Fahrgemeinschaft sowie für andere Verkehrsteilnehmer (Alt. 1 (A)) für den Nullfall und die neun berechneten Szenarien S1 bis S9 zusammengestellt. Zur Gewährleistung einer geeigneten optischen Präsentation der Szenarien wurde auf die Visualisierung der absoluten Resultate verzichtet. Stattdessen wurden im folgenden die Veränderungen der Szenarien gegenüber dem Nullfall bei einer gewählten Darstellungsgrenze von 0,05%-Punkten veranschaulicht.

Szenario	Alt. 1 (P)	Alt. 2 (O)	Alt. 3 (F)	Alt. 4 (M)	Alt. 5 (A)
Nullfall	76,26%	5,79%	6,61%	5,09%	6,25%
Szenario S1	76,68%	5,81%	6,61%	4,63%	6,27%
Szenario S2	75,98%	5,78%	6,59%	5,41%	6,24%
Szenario S3	76,26%	5,79%	6,61%	5,09%	6,25%
Szenario S4	75,34%	5,75%	7,28%	5,41%	6,22%
Szenario S5	73,74%	5,70%	9,39%	5,00%	6,17%
Szenario S6	75,17%	5,74%	7,42%	5,45%	6,22%
Szenario S7	75,00%	5,74%	7,25%	5,81%	6,20%
Szenario S8	72,33%	5,65%	10,62%	5,28%	6,12%
Szenario S9	72,05%	5,64%	10,56%	5,65%	6,10%

Tabelle 8.5: Die Verkehrsmittelwahl im Nullfall und in den Szenarien S1 bis S9

### 8.2.2 Die Situation vor “M21 FahrPlus”

Ziel der Entwicklung des ersten Szenarios S1 lag in der Darstellung der veränderten Verkehrsmittelwahl des Nullfalls im Vergleich zur alternativen Situationen im MTC vor der Einführung von “M21 FahrPlus”. Die Ergebnisse des Nullfalls entsprechen der in Kapitel 7.2.1 dargestellten realen Verkehrsmittelwahl zum Zeitpunkt der Erhebung im März und April 2002 mit dem Angebot der Dienstleistung “M21 FahrPLUS” als Online-Dienst (vgl. Abschnitt 5.3). Das Szenario S1 repräsentiert die Situation vor der Einführung von “M21 FahrPLUS”, in der Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr nur durch die persönliche Absprache unter den Mitarbeiter realisiert werden konnten. In der Abbildung 8.2 sind die Veränderungen der Anteile der Alternativen des Szenarios S1 gegenüber dem Nullfall aufgezeigt.

Den Steigerungen bei der Alternative mIV um 0,42%-Punkte stehen Verluste bei den Mitfahrern um 0,46%-Punkte gegenüber. Die Differenz der Verschiebungen ergibt sich aus den nicht dargestellten Gewinnen der Alternativen ÖV und andere Verkehrsteilnehmer um jeweils 0,02%-Punkte. Im Umkehrschluss verdeutlichen diese Verlagerungseffekte, dass mit der Einführung von “M21 FahrPLUS” unter Berücksichtigung der ca. 6000 Mitarbeiter im MTC zum Zeitpunkt der Erhebung eine Verschiebung von 27 Fahrtwünschen zugunsten einer Fahrt als Mitfahrer im Rahmen einer Fahrgemeinschaft verbunden war. Gleichzeitig konnten aber keine bekundeten Fahrten auf die Alternative der Fahrer verlagert werden. Dieses Verhalten ist damit zu begründen, dass eine sich sowohl auf Fahrer als auch auf Mitfahrer auswirkende Online-Vermittlung von den Respondenten kaum besser als eine persönliche Absprache bewertet wurde. Die Einführung der optimierten Notstrategie durch das Angebot der zusätzlichen Nutzung von Fuhrparkfahrzeugen war hingegen nur für die Mitfahrer von Bedeutung. Im Vergleich zu den Anteilen an Fahrgemeinschaft-

ten des MTC im Szenario S1 von 6,61% und 4,63% (vgl. Tabelle 8.5), was in absoluten Zahlen ausgedrückt einer Anzahl von ca. 675 Fahrgemeinschaftsteilnehmern entspricht, wird deutlich, dass mit der Hilfe der Dienstleistung “M21 FahrPLUS” nur sehr geringe Effekte in Bezug auf die Nutzung von Fahrgemeinschaften erzielt wurden.

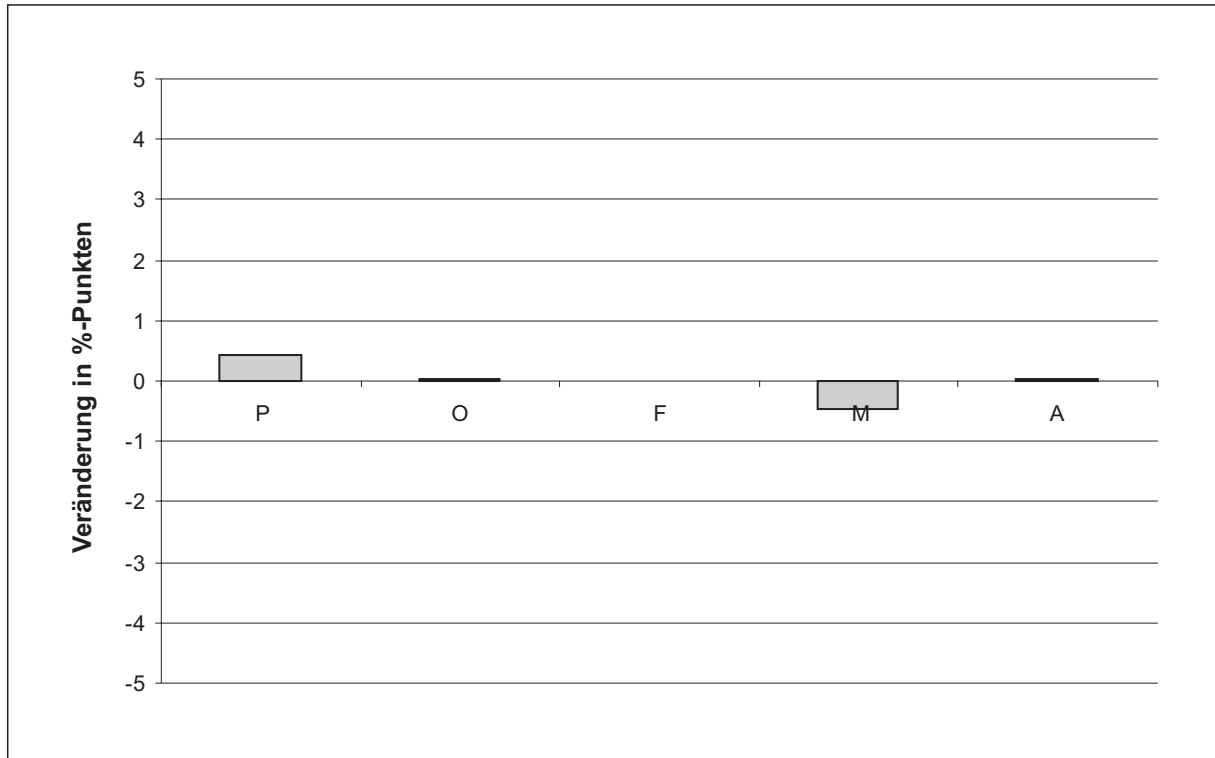


Abbildung 8.2: Das Szenario S1 - Persönliche Absprache<sup>7</sup>

Im Abschlussbericht von “M21” werden eine durchschnittliche Anzahl von fünf Fahrgemeinschaften pro Tag und Fahrtrichtung mit einem mittleren Besetzungsgrad von 2,4 ausgewiesen.<sup>8</sup> Entsprechend wurden im Mittel somit nur fünf Fahrer und sieben Mitfahrer vermittelt. In Anbetracht des konstanten Anteils der Fahrer im Vergleich zwischen Nullfall und Szenario S1 konnten die mit Hilfe der angebotenen Dienstleistung organisierten Fahrgemeinschaften jedoch nur realisiert werden, da bereits vor der Einführung von “M21 FahrPLUS” der Anteil von Fahrtwünschen als Fahrer mit 6,61% größer als der von Mitfahrern mit 5,09% ausfiel (vgl. Tabelle 8.5). Die Diskrepanz zwischen dem modelltechnisch ermittelten Potenzial an Mitfahrern und der tatsächlichen Nutzung kann mit der im Vergleich zur Nutzungshäufigkeit hohen Menge an ca. 600 angemeldeten Mitarbeitern bei der Dienstleistung “M21” erklärt werden.<sup>9</sup> Es liegt die Vermutung nahe, dass sich für

<sup>7</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>8</sup> Vgl. MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG, DAIMLERCHRYSLER AG (2002), S. 22.

<sup>9</sup> Vgl. MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG, DAIMLERCHRYSLER AG (2002), S. 18.

die Teilnehmer durch das Angebot des Dienstes zur Vermittlung von Fahrgemeinschaften die Anzahl an potenziellen Partnern erhöht hat. Die Mitarbeiter haben im Zuge einer geringen Anzahl an Teilnahmen bei "M21 FahrPLUS" vermutlich neue Kollegen kennen gelernt und ihre zukünftigen gemeinsamen Fahrten persönlich abgesprochen. Diese These kann sowohl durch das Merkmal der Suche nach potenziellen Fahrgemeinschaftspartnern in Bezug auf das hohe Niveau des Koeffizienten der Ausprägung "persönliche Absprache" im Vergleich zu der Ausprägung "Online-Dienst" (vgl. Kapitel 8.1), als auch durch die hohe Anzahl der Nutzer von "M21 FahrPLUS", die nur unmittelbar nach ihrer Registrierung den Dienst in Anspruch nahmen, gestützt werden.<sup>10</sup>

### 8.2.3 Einzelmaßnahmen

Mit Hilfe der folgenden fünf Szenarien S2 bis S6 wurden einzelne Maßnahmen zur Förderung der Nutzung von Fahrgemeinschaften im Rahmen eines betrieblichen Mobilitätsmanagements auf ihre Wirkung zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl im Berufsverkehr untersucht. Ausgangspunkt der abgebildeten Einzelmaßnahmen bildete wiederum die Situation von "M21 FahrPLUS" in seiner Ausbaustufe zum Zeitpunkt der Erhebung beschreibende Nullfall. Im Szenario S2 wurde die Verkehrsmittelwahl für eine Abholung der Mitfahrer direkt von zu Hause prognostiziert. Die veränderten Anteile der Alternativen im Vergleich zum Nullfall sind in der Graphik 8.3 dargestellt.

Neben der Verschiebung vom mIV zu Gunsten der Mitfahrer in Höhe von 0,28%-Punkten gehen von den verbleibenden drei Alternativen nur sehr geringe Verlagerungseffekte aus, die in der Summe 0,04%-Punkte betragen und somit zu einer Steigerung des Modal-Split-Anteils der Mitfahrer von 0,32%-Punkten führen. Durch das Angebot des in Hinblick auf die Abholung der Mitfahrer optimierten flexiblen Vermittlungsdienstes kann eine geringe Steigerung der teilnehmenden Mitfahrer erreicht werden. Da das Szenario S2 unter der Voraussetzung definiert wurde, dass mit der Abholung der Mitfahrer von zu Hause keine entscheidenden Veränderungen der anderen Merkmale, z.B. einer Verlängerung der Reisezeit der Fahrer, verbunden war, wirkt sich die Maßnahme der verbesserten Abholung auch weder in positiver noch in negativer Richtung auf die Teilnahmebereitschaft der Fahrer aus.

---

<sup>10</sup> Vgl. MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG, DAIMLERCHRYSLER AG (2002), S. 20.

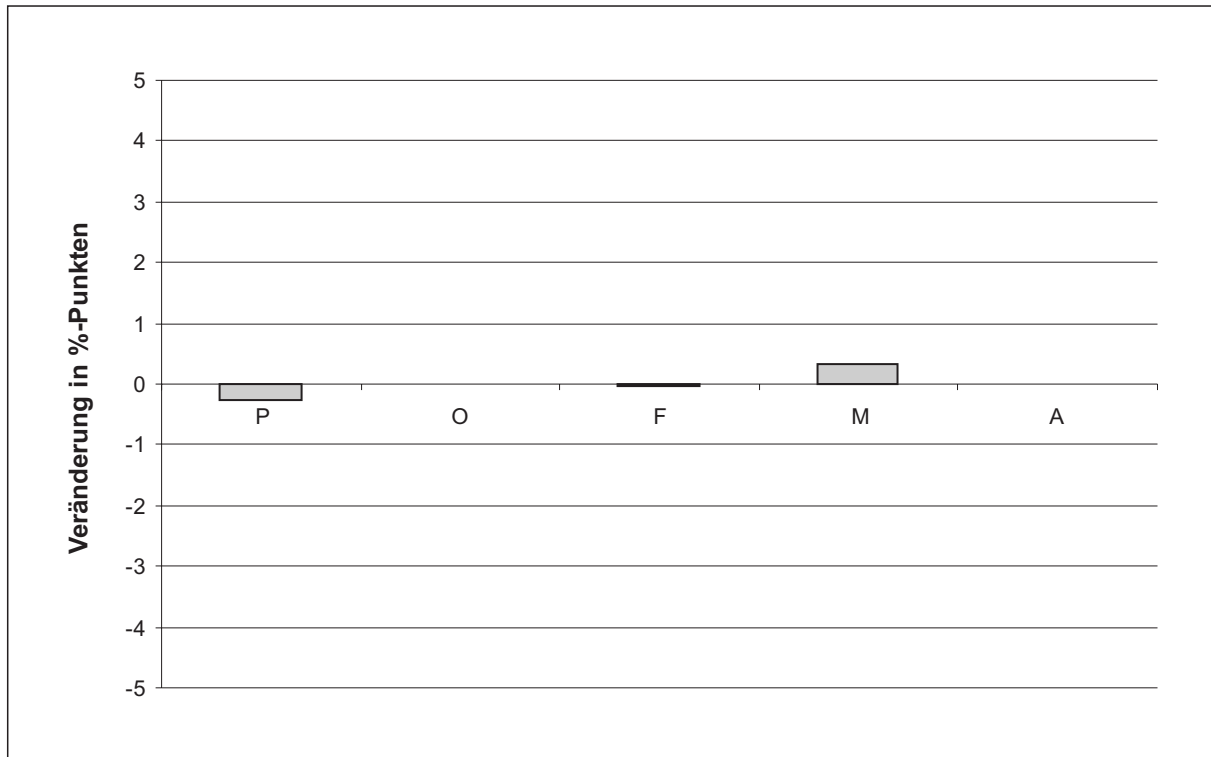


Abbildung 8.3: Das Szenario S2 - Abholung der Mitfahrer<sup>11</sup>

Mit dem Szenario S3 sollte die Wirkung von speziell für Fahrgemeinschaften reservierten Parkplätzen in unmittelbarer Nähe der Werkstore analysiert werden. Da aber im Rahmen der Parameterschätzung (vgl. Abschnitt 7.4.3) kein signifikant von null verschiedener Koeffizient für das Merkmal der reservierten Pkw-Stellplätze ermittelt werden konnte, lässt sich auch kein Einfluss des Szenarios S3 nachweisen. Die möglichen Gründe für die Ablehnung von reservierten Parkplätzen sind in dem speziellen Untersuchungsumfeld des MTC in Sindelfingen zu suchen (vgl. Abschnitt 8.1).

Der Ausbauzustand des dynamischen Mitfahrerservices “M21 FahrPLUS” im Nullfall sah die Vermittlung von Mitarbeitern des MTC vor, ohne Rücksicht auf den Bekanntheitsgrad der gemeinsam fahrenden Kollegen zu nehmen. Dieser Bedingung zufolge wurde das Szenario S4 entsprechend der Einführung einer Maßnahme zur Steigerung des Vertrauens der Teilnehmer definiert. Eine Option zur Realisierung eines höheren Bekanntheitsgrades könnte z.B. mit der Aufteilung der Nutzer in Teilnehmergruppen erreicht werden, um bei Bedarf eine Vermittlung nur unter bekannten Kollegen zu ermöglichen. In der Abbildung 8.4 sind die Wirkungen der Maßnahme des Szenarios S4 im Vergleich zum Nullfall dargestellt.

Mit der Realisierung eines höheren Bekanntheitsgrades im Rahmen der Vermittlung von Fahrgemeinschaften ergibt sich ein Verlust des Anteils der Variante mIV um 0,92%-

<sup>11</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

Punkte, der sich mit 0,67%-Punkten und 0,32%-Punkten zum Großteil auf die Alternativen Fahrer und Mitfahrer aufteilt. Die beiden Alternativen des öffentlichen Verkehrs und der anderen Verkehrsteilnehmer erfahren sehr kleine und nicht visualisierte Änderungen von 0,04%-Punkten und 0,03%-Punkten. Die Maßnahme der Steigerung des Vertrauens entwickelt eine in der Höhe nahezu identische Wirkung auf die Zunahme an teilnehmenden Mitfahrern wie die im Szenario S2 beschriebene Optimierung der Abholorte. Jedoch kann zusätzlich ein mehr als doppelt so großer Anstieg an Fahrern verzeichnet werden. Die anonyme Praxis der im Rahmen von "M21 FahrPLUS" angewendeten Vermittlung stößt demnach sowohl bei Mitfahrern als auch bei Fahrern auf gewisse Berührungängste, sich zwar einem Kollegen, aber dennoch fremden Menschen anzuvertrauen.

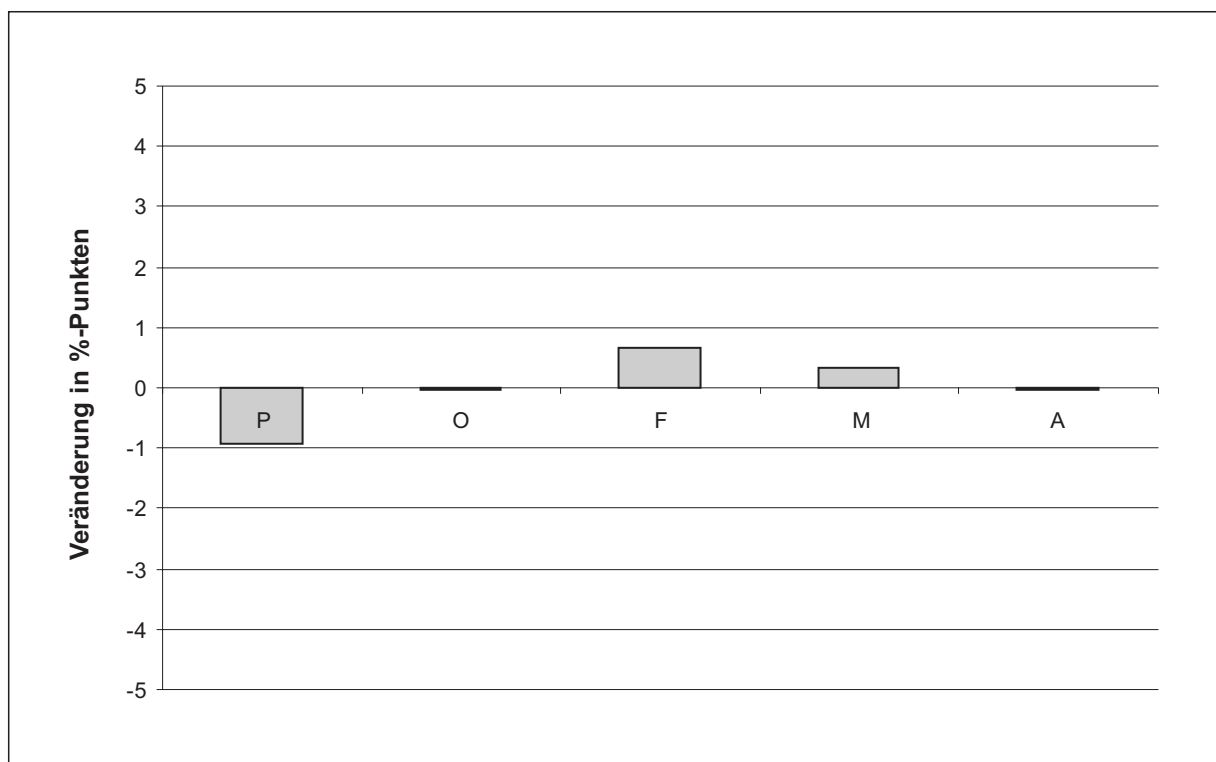


Abbildung 8.4: Das Szenario S4 - Steigerung des Vertrauens<sup>12</sup>

Im Szenario S5 wurde die Änderung der für die Fahrgemeinschaften zur Anwendung kommenden Fahrzeuge als vierte der fünf analysierten Einzelmaßnahmen abgebildet. Im Unterschied zum Nullfall wurden den Mitarbeitern kostenpflichtige unternehmensinterne Fahrzeuge zur ausschließlichen Nutzen im Rahmen von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr angeboten. Das Szenario wurde ausgehend von dem im MTC bereits existierenden Fahrzeugpool konzipiert, dessen Fahrzeuge den Mitarbeitern im Rahmen eines Werksverkehrs während ihrer Arbeitszeiten zur Verfügung standen. Die Einflüsse der Maßnahme des Szenarios S5 auf die Verkehrsmittelwahl werden in der Graphik 8.5, im Vergleich zur

<sup>12</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

Situation des Nullfalls, präsentiert.

Die Abbildung verdeutlicht einen verhältnismäßig großen Zuwachs des Anteils der Fahrer um 2,78%-Punkte, der sich zu Lasten der anderen vier Verkehrsmittel ergibt. Im Vergleich zum mIV mit einer hohen Reduzierung von 2,52%-Punkten verlieren die drei verbleibenden Alternativen deutlich geringere Anteile, die jeweils bei 0,09%-Punkten bzw. 0,08%-Punkten liegen. Die positive Wirkung von zur Verfügung gestellten Fahrzeugen auf die Bereitschaft zur Teilnahme an einer Fahrgemeinschaft als Fahrer kann mit den Ergebnissen des Szenarios S5 bestätigt werden. Doch leider werden nicht nur vorherige Nutzer des IV, sondern ebenfalls, wenn auch geringe, Anteile der Alternativen ÖV, Mitfahrer und anderer Verkehrsteilnehmer auf die Variante des Fahrers verlagert.

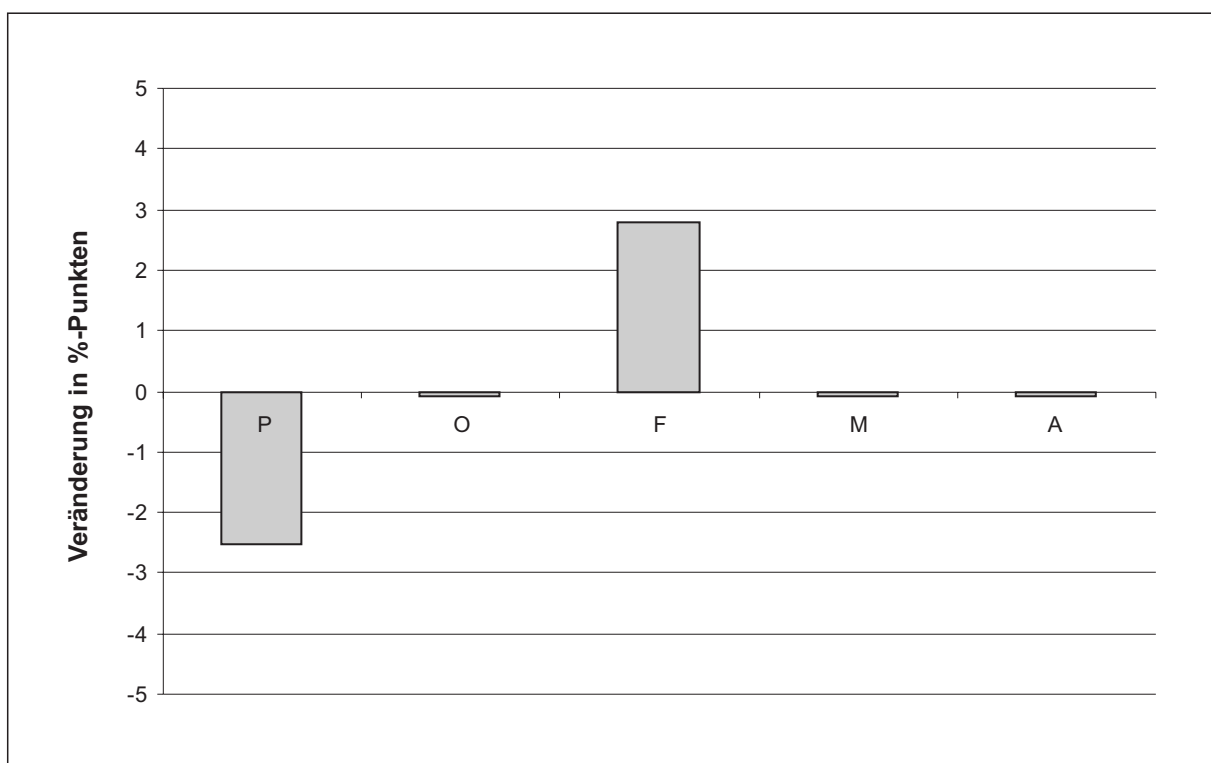


Abbildung 8.5: Das Szenario S5 - Fahrzeuge vom Arbeitgeber<sup>13</sup>

Die abschließende in Szenario S6 abgebildete Einzelmaßnahme diente zur Untersuchung der Wirkung von optimierten Reisezeiten für Fahrgemeinschaften. Das Ziel entsprechender Möglichkeiten zur Förderung von Fahrgemeinschaften wie z.B. der Einführung spezifischer Fahrspuren lag in dem Ausgleich der zeitlichen Verluste bei der Abholung der Mitfahrer. Im Vergleich zu den vier vorangegangenen Maßnahmen nimmt das in der Abbildung 8.6 illustrierte Szenario S6 eine Sonderstellung ein, da seine Umsetzung nicht alleine im Rahmen eines betrieblichen Mobilitätsmanagements gewährleistet werden kann, sondern zusätzlich auf die Unterstützung durch staatliche Institutionen angewiesen ist.

<sup>13</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

Der erkennbare Einfluss einer verkürzten Reisezeit im Zuge der Nutzung einer Fahrgemeinschaft auf den Anteil des mIV ist mit 1,09%-Punkten größer als die Wirkungen der vorangegangenen Einzelmaßnahmen innerhalb der Szenarien S2 und S4, aber kleiner als der Einfluss des Szenarios S5. Zusätzlich zum Pkw verliert auch die Alternative ÖV 0,05%-Punkte ihres Modal-Split-Anteils, wovon sowohl die Fahrer als auch die Mitfahrer von Fahrgemeinschaften mit einer Steigerung ihrer Anteile um 0,81%-Punkte bzw. 0,36%-Punkte profitieren. Die Variante der anderen Verkehrsteilnehmer unterliegt sehr geringen und damit nicht dargestellten Verlusten von 0,03%-Punkten. Im Unterschied zu der Optimierung der Abholorte und der Steigerung des Vertrauens werden durch die Reduzierung der Reisezeit der Fahrgemeinschaften auf das Niveau des Pkw nicht nur Personen der Variante mIV sondern auch Nutzer des ÖV auf die Alternativen Fahrer und Mitfahrer verlagert. Die Verschiebung der Anteile erfolgt dabei nicht nur einseitig auf eine der beiden Gruppen, sondern wie bereits bei der Steigerung des Vertrauens erkennbar zu ca. 70% auf die Fahrer und zu ca. 30% auf die Mitfahrer.

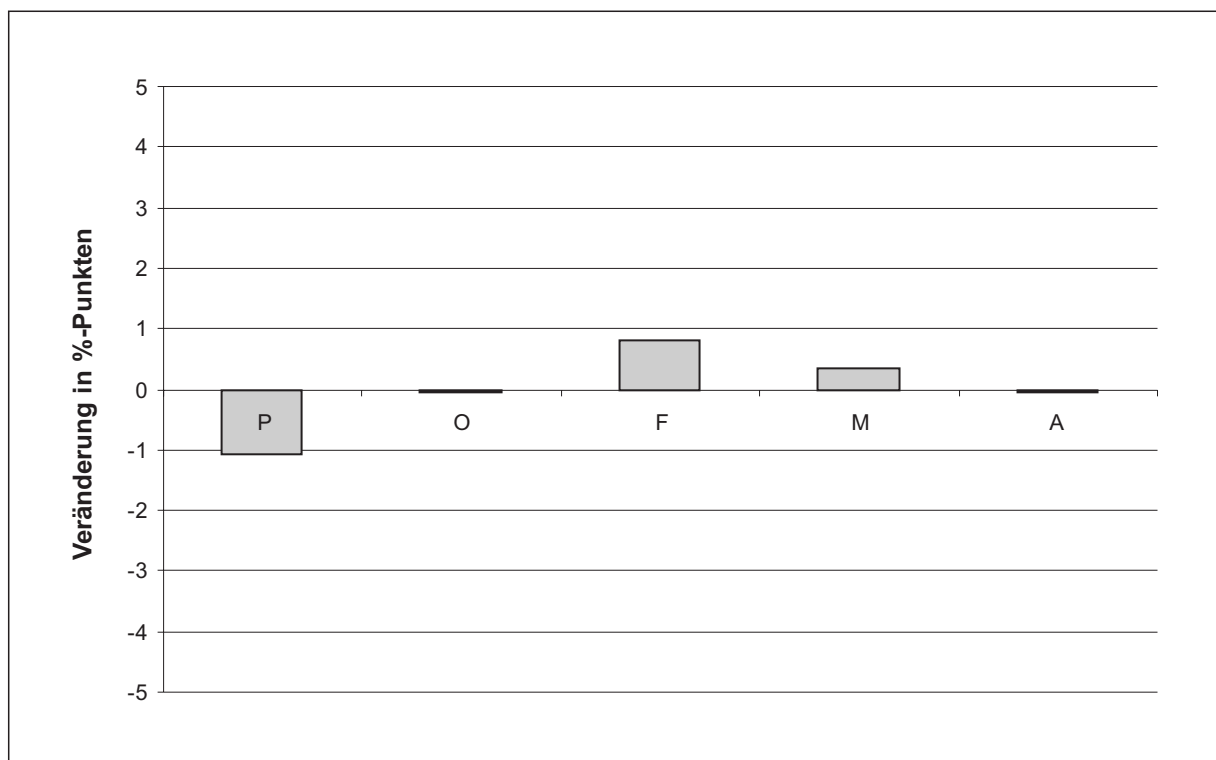


Abbildung 8.6: Das Szenario S6 - Optimierung der Reisezeit<sup>14</sup>

## 8.2.4 Kombinierte Maßnahmen

Im Anschluss an die Analyse einzelner Maßnahmen zur Förderung der Teilnahme an Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr wurden die Szenarien S7 bis S9 zur Untersuchung des

<sup>14</sup> Quelle: Eigene Darstellung.



Verhaltens der Verkehrsteilnehmer auf Basis komplexer Maßnahmenpakete definiert. Die Maßnahmen der drei Szenarien wurden entsprechend einer optimalen Nutzung des dynamischen Vermittlungsdienstes “M21 FahrPLUS” für Mitfahrer, Fahrer und Teilnehmern an Fahrgemeinschaften im Allgemeinen zusammengestellt und im Vergleich zum Nullfall bewertet. Das auf die Mitfahrer ausgerichtete Szenario S7 entspricht einer Kombination der Maßnahmen der Szenarien S2 bis S4 ohne Berücksichtigung von S6, da die Reisezeit im Rahmen eines betrieblichen Mobilitätsmanagements kaum zu beeinflussen ist. In Abbildung 8.7 sind die Wirkungen im Vergleich zum Nullfall dargestellt.

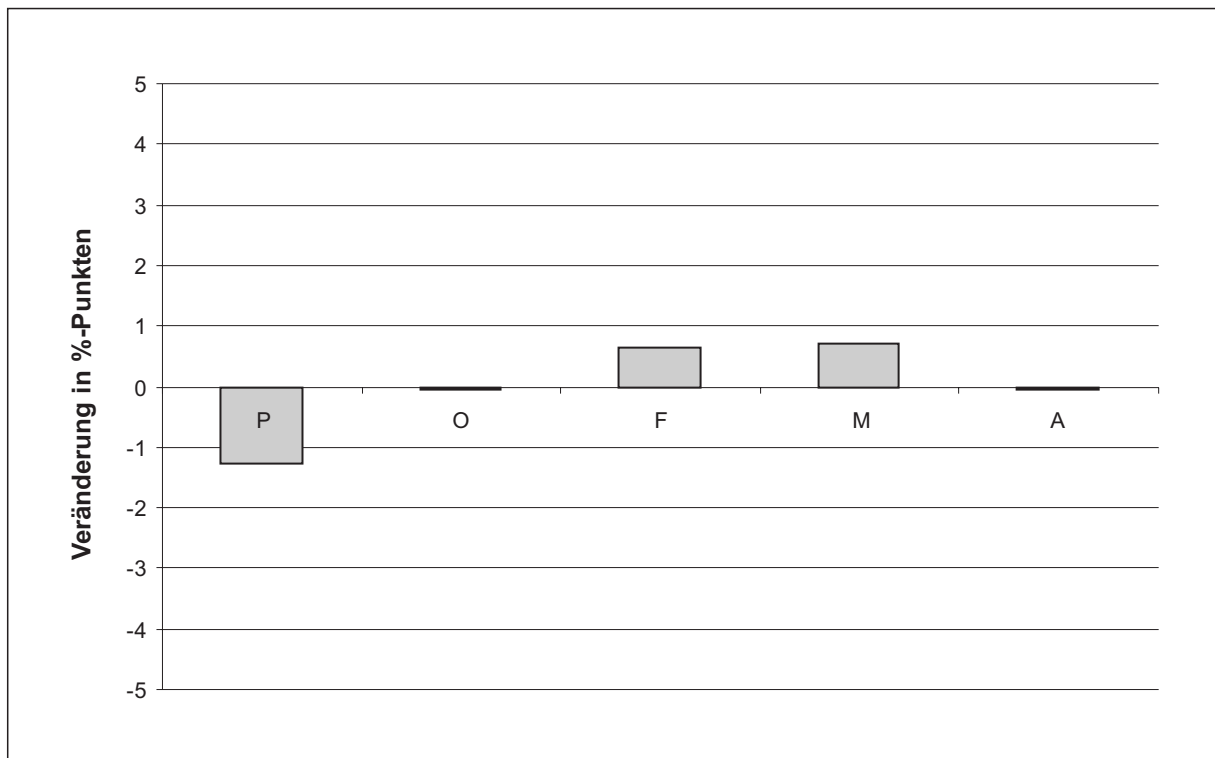


Abbildung 8.7: Das Szenario S7 - “M21 FahrPLUS” für Mitfahrer<sup>15</sup>

Es werden Verluste bei der Alternative des mIV in Höhe von 1,26%-Punkten deutlich, die sich positiv auf die Verkehrsmittel Fahrer und Mitfahrer von Fahrgemeinschaften auswirken. Entsprechend des auf die Bedürfnisse der Mitfahrer abgestimmten Angebotes eines flexiblen Vermittlungsdienstes fällt der größte Anteil der verlagerten Verkehre dabei erwartungsgemäß auch mit 0,72%-Punkten auf die Alternative der Mitfahrer aus. Daneben profitieren jedoch auch die Fahrer in einem etwas geringeren Umfang von den Angebotsoptimierungen, was sich in der Steigerung ihrer Modal-Split-Anteile um 0,64%-Punkte ausdrückt. Im Unterschied zu den Einflüssen der separaten Maßnahmen aus den beiden Szenarien S2 und S4 auf die Verkehrsmittelwahl können im vorliegenden Szenario S7 Reduzierungen der Anteile der beiden Alternativen ÖV und andere Verkehrsteilnehmer in Höhe

<sup>15</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

von jeweils 0,05%-Punkten nachgewiesen werden, die entsprechend der gewählten Darstellungsgrenze auch graphisch ausgewiesen werden. Mit der kombinierten Berücksichtigung eines optimierten Abholortes und der Steigerung des Bekanntheitsgrades kann der Verkehrsmittelwahlanteil der Alternative der Mitfahrer mit 0,72%-Punkten im Vergleich zu der Summe der separat erzielten Effekte (0,64%-Punkte) in einem höheren Maß gesteigert werden. In Bezug auf die Variante der Fahrer entsprechen die in dem Kombinationsszenario S7 erreichten Steigerungen von 0,64%-Punkten nahezu denen der Einzelmaßnahmen in den Szenarien S2 und S4 (0,65%-Punkte).

Zur Optimierung der Bedingungen für die Fahrer wurden im Rahmen des Szenarios S8 die Maßnahmen der Szenarien S3, S4 und S5 kombiniert. Im Vergleich zum vorangegangenen, auf die Bedürfnisse der Mitfahrer ausgelegten Szenario S7 wurden zusätzlich zu den reservierten Parkplätzen und der Vermittlung von bekannten Kollegen auch vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellte Fahrzeuge berücksichtigt. Die Abholung der Mitfahrer erfolgte, entsprechend des Nullfalls, von zu Fuß zu erreichenden Treffpunkten. In Anlehnung an Szenario S7 wurde eine Optimierung der Reisezeit ebenfalls nicht einbezogen. In der Graphik 8.8 sind die Auswirkungen eines auf die Fahrer ausgerichteten Vermittlungsdienstes, auf Basis des Nullfalls, dargestellt.

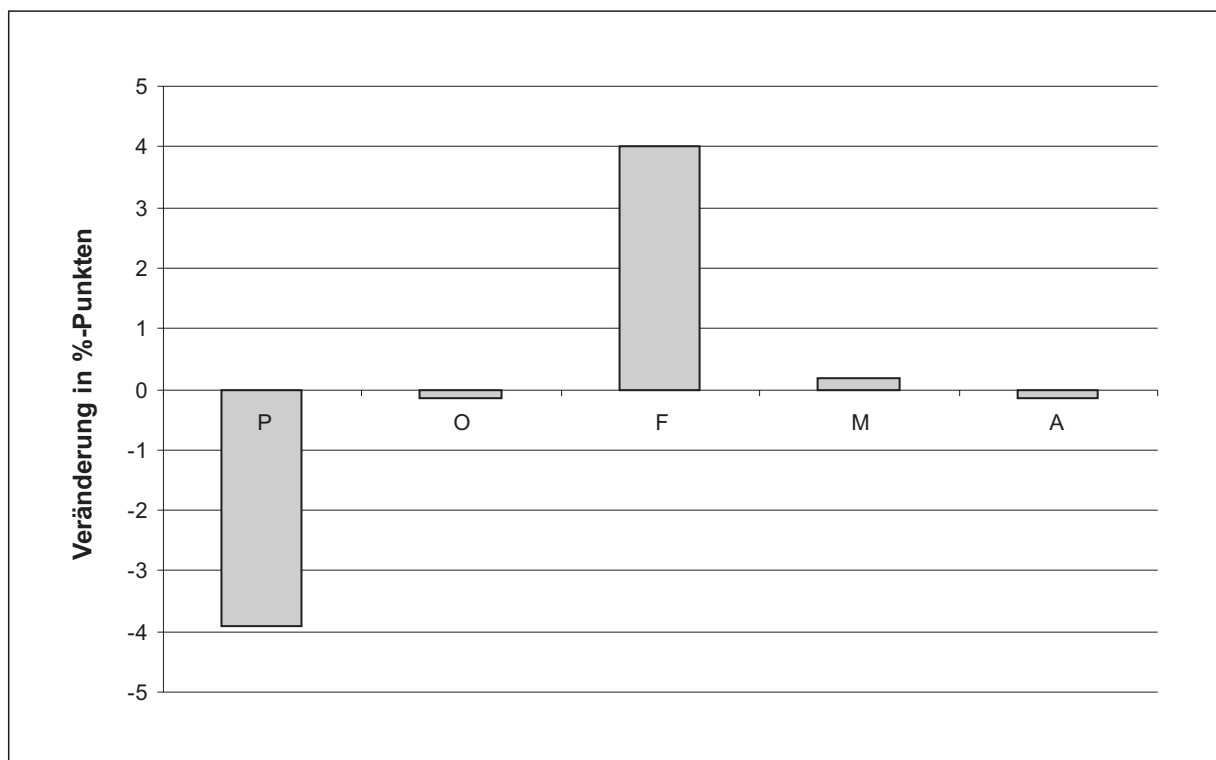


Abbildung 8.8: Das Szenario S8 - "M21 FahrPLUS" für Fahrer<sup>16</sup>

<sup>16</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

Die Wirkungen der auf die Bedürfnisse der Fahrer abgestimmten dynamischen Vermittlung von Fahrgemeinschaften werden in dem hohen Zuwachs der Alternative Fahrer mit 4,01%-Punkten deutlich. Auch die Anteile der Mitfahrer können durch die auf die Fahrer ausgerichteten Maßnahmen um 0,19%-Punkte gesteigert werden. Die Steigerung der Nutzung von Fahrgemeinschaften resultiert dabei aber nicht nur alleine aus dem angestrebten Verlust des mIV mit 3,93%-Punkten, sondern zusätzlich aus der Abnahme der Varianten ÖV und andere Verkehrsteilnehmer zu jeweils 0,14%-Punkten und 0,13%-Punkten. Bei dem Vergleich der Entwicklungen des Anteils des Verkehrsmittels Fahrer zwischen dem aktuell betrachteten Szenario S8 mit 4,01%-Punkten und der Summe der Wirkungen aus den einzelnen Maßnahmen in den Szenarien S4 und S5 (3,45%-Punkte) zeigt sich, dass mit der parallelen Anwendung der Anpassungen höhere Wirkungen erzielt werden können. Dagegen kann mit 0,19%-Punkten der Anteil der nicht im Fokus des Szenarios S8 stehenden Alternative der Mitfahrer nicht vollständig die Summe der Wirkungen der vergleichbaren Einzelmaßnahmen erreichen (0,23%-Punkte).

Die Definition des Szenarios S9 erfolgte durch Kombination von Vorteilen sowohl für Mitfahrer als auch für Fahrer. Als Grundlage wurden die für beide Alternativen als positiv einzuschätzenden Einzelmaßnahmen der Szenarien S3 (reservierte Parkplätze) und S4 (Steigerung des Vertrauens) verwendet. Durch die Integration der Abholung von zu Hause (S2) und der vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellten Fahrzeugen (S5) wurde jeweils eine Maßnahme zur Optimierung von Mitfahrern und Fahrern in das Szenario S9 einbezogen. Wie bereits in den beiden vorangegangenen Szenarien wurde auf die Verbesserung der Reisezeit verzichtet. Die Abbildung 8.9 macht die Einflüsse einer für Mitfahrer und Fahrer optimierten Förderung von betrieblichen Fahrgemeinschaften, im Vergleich zum Nullfall, deutlich.

Die veränderten Anteile der Verkehrsmittelwahl infolge des Szenarios S9 zeigen sowohl hohe Steigerungen der Alternative Fahrer (3,95%-Punkte) als auch geringere Zuwächse der Alternative Mitfahrer (0,56%-Punkte). Der Großteil der Gewinne der an Fahrgemeinschaften teilnehmenden Verkehrsteilnehmer geht zu Lasten des mIV mit 4,21%-Punkten. Neben dieser angestrebten Quelle der Verlagerungen verlieren aber auch die beiden Verkehrsmittel ÖV und andere Verkehrsteilnehmer jeweils 0,15%-Punkte. Mit der Realisierung des sowohl auf Fahrer als auch auf Mitfahrer optimierten Szenarios S9 kann der Modal-Split-Anteil der Alternative Fahrer im Vergleich zu den Effekten der Summe über alle betrachteten Einzelmaßnahmen (3,43%-Punkte) auf einen Wert von 3,95%-Punkten gesteigert werden. Der Verkehrsmittelwahlanteil der Mitfahrer hingegen verhält sich mit 0,56%-Punkten nahezu identisch zu der Summe der Wirkungen aus den Szenarien S2, S4 und S5 (0,55%-Punkte).

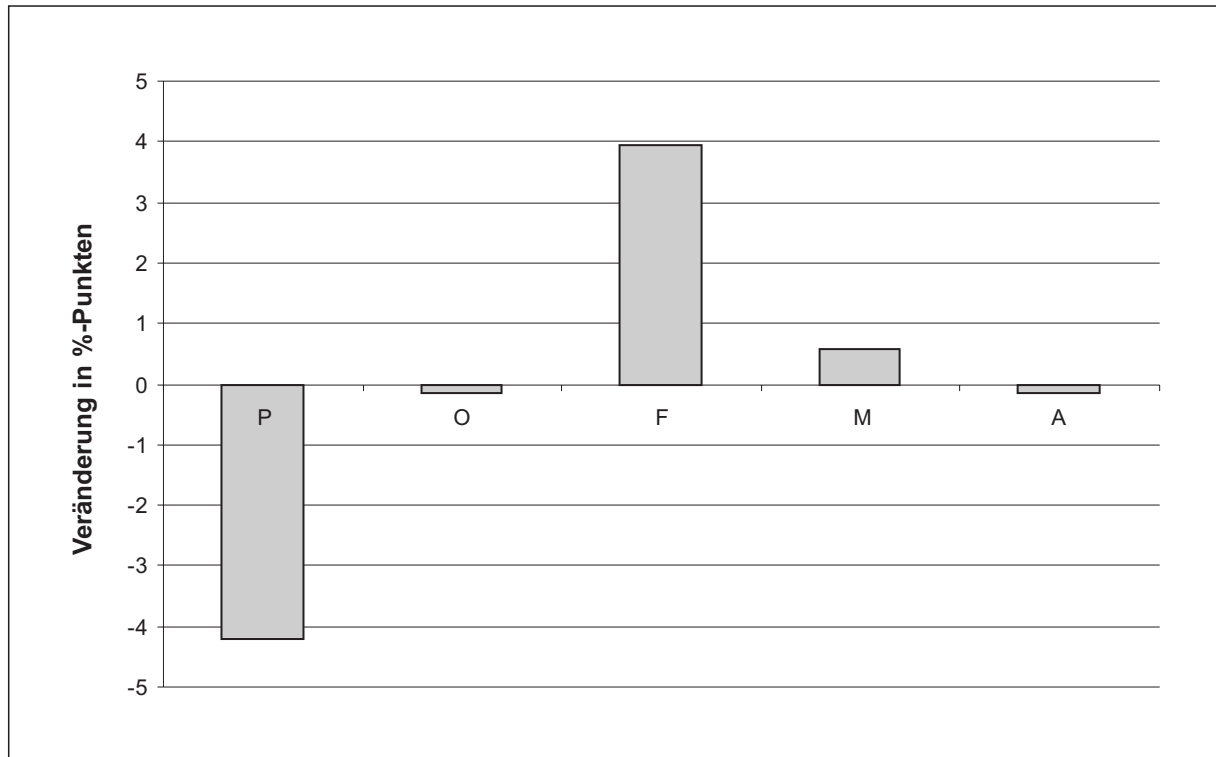


Abbildung 8.9: Das Szenario S9 - “M21 FahrPLUS” für Mitfahrer und Fahrer<sup>17</sup>

### 8.2.5 Anwendungen für “M21 FahrPLUS”

Mit dem Szenario S1 konnte gezeigt werden, dass in Folge der Einführung von “M21 FahrPLUS” geringe Verlagerungseffekte vom mIV auf die Mitfahrer von Fahrgemeinschaften erzielt werden konnten. Der Anteil der Fahrer blieb dagegen im Vergleich zu der Situation vor dem Angebot der dynamischen Fahrgemeinschaftsvermittlung konstant. Aus dem Vergleich des modelltechnisch ermittelten Potenzials mit dem im Rahmen des Piloten von “M21 FahrPLUS” realisierten noch geringeren Teilnehmerzahlen<sup>18</sup> kann vermutet werden, dass sich durch das Angebot der zentralen Organisation neue Fahrgemeinschaften gebildet haben, die jedoch nicht täglich neu mit Hilfe der Online-Vermittlung koordiniert wurden, sondern über die klassische Form der persönlichen Absprache fortgeführt wurden. In Anbetracht des nicht gestiegenen Modal-Split-Anteils der Fahrer konnten neue Fahrgemeinschaften nur gebildet werden, da der Anteil von Fahrtwünschen als Fahrer bereits vor der Umsetzung von “M21 FahrPLUS” größer als der der Mitfahrer war.

Das Angebot der Förderung von Fahrgemeinschaften im MTC zum Zeitpunkt der Erhebung war im Vergleich zu der Situation vor der Einführung von “M21 FahrPLUS” durch

<sup>17</sup> Quelle: Eigene Darstellung.

<sup>18</sup> Im Durchschnitt nahmen an “M21 FahrPLUS” je Richtung zwölf Mitarbeiter in fünf Fahrgemeinschaften teil (vgl. Kapitel 8.2.2).

eine Notstrategie für nicht vermittelte Mitfahrer, eine hohe Flexibilität und einen Online-Dienst zur Vermittlung der gemeinsamen Fahrten gekennzeichnet. Dabei wurde das Angebot des Online-Dienstes als nahezu gleichwertig im Vergleich zu der korrespondierenden Ausprägung einer persönlichen Absprache bewertet. Im Gegensatz zu der gesteigerten Flexibilität in Form der Möglichkeit einer kurzfristigen Entscheidung für die Teilnahme an einer Fahrgemeinschaft bis zu einer Stunde vor der gewünschten Abfahrt, für die keine positive Wirkung nachgewiesen werden konnte, trugen sowohl die Notstrategie als auch die Organisationsform der zentralen, internetbasierten Vermittlung zur Steigerung der Nutzung von Fahrgemeinschaften bei. Die Summe dieser Effekte hat gezeigt, dass die Einführung eines technisch orientierten Vermittlungsdienstes für Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr, auch mit einem hohen Grad an Flexibilität, nur zu geringen Verlagerungseffekten führt. Die sich auf die Mitfahrer auswirkenden Verlagerungen vom mIV sind dabei nur zu einem sehr geringen Anteil auf das Angebot der Vermittlung von Fahrgemeinschaften im Rahmen einer Dienstleistung zurückzuführen. Der Großteil der Verschiebungen ist dagegen aus der Realisierung des Angebotes von kostengünstigen Fuhrparkfahrzeugen und dem kostenlosen ÖPNV als alternative Fahrtmöglichkeiten im Rahmen der eingeführten Notstrategie zu erklären.

In den Szenarien S2 bis S6 wurden einzelne Maßnahmen zur Steigerung der Nutzung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr definiert. Bereits im Abschnitt 8.1 wurden die unterschiedlichen Potenziale der verschiedenen Merkmale zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl im MTC deutlich. Der wichtige Faktor des Abholortes der Mitfahrer (S2) kann infolge einer Veränderung von einem fußläufig zu erreichenden Treffpunkt zu einer Abholung direkt von zu Hause nur geringe Effekte der Verlagerung von Verkehrsteilnehmern bewirken. Die für "M21 FahrPLUS" realisierte Abholung von Treffpunkten mit kurzen Entfernungen von den Wohnorten wurde von den Respondenten, im Gegensatz zu der Variante eines Umstiegs, bereits als geeignet zur Teilnahme an einer Fahrgemeinschaft angesehen. Es zeigt sich die große Bedeutung der Definition von speziellen Treffpunkten in dem unmittelbaren Wohnumfeld der Teilnehmer. Jedoch kann die Akzeptanz von Fahrgemeinschaften nicht durch eine weitere Verbesserung der Abholung entscheidend gesteigert werden.

Im Gegensatz zu der Einführung von reservierten Parkplätzen am Werk (S3) kann für die Steigerung des Vertrauens (S4), hervorgerufen durch eine Vermittlung mit ausschließlich bekannten Kollegen, ein signifikanter Einfluss bestimmt werden, der im Vergleich zu der Optimierung des Abholortes höher ausfällt. Bei der Entwicklung der Mobilitätsdienstleistung "M21 FahrPLUS" ist der Aspekt von vertrauensbildenden Maßnahmen unter den potenziell teilnehmenden Mitarbeitern vernachlässigt worden. Im Vergleich zu den, auch in der Summe, geringen Effekten der zuvor geschilderten Szenarien S2 und S4 kann mit Hilfe

der Bereitstellung von unternehmensinternen Fuhrparkfahrzeugen (S5) für die ausschließliche Nutzung im Berufsverkehr eine deutlich höhere Wirkung erreicht werden. Bei einer zukünftigen Umsetzung dieser Maßnahme zur Förderung von Fahrgemeinschaften muss aber beachtet werden, dass sich die Wirkung nicht nur ausschließlich auf die Gruppe der Fahrer bezieht. Es wird zusätzlich ein, wenn auch sehr geringer, Anteil von den Mitfahrern auf die Alternative der Fahrer verlagert. In Abhängigkeit des gewünschten Verhältnisses zwischen Fahrern und Mitfahrern bedarf es einer sinnvollen weiteren Maßnahme, um der dargestellten Problematik entgegenwirken zu können. Mit der abschließend betrachteten Maßnahme der Optimierung der Fahrzeit von Fahrgemeinschaften (S6) konnte ein in der Höhe zum Szenario S4 vergleichbarer Einfluss ermittelt werden. Dieser durch ein betriebliches Mobilitätsmanagement nicht zu beeinflussende Effekt macht deutlich, dass neben der innerbetrieblichen Förderung auch infolge von geänderten Rahmenbedingungen Potenziale zur Steigerung des Anteils von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr vorhanden sind.

Um über die Wirkungen der einzelnen Maßnahmen hinaus auch die optimale Ausgestaltung des flexiblen Vermittlungsdienstes "M21 FahrPLUS" zu identifizieren, wurden in den Szenarien S7 bis S9 Kombinationen verschiedener Maßnahmen analysiert. Die Ausgestaltung der Dienstleistung mit Schwerpunkt auf den Bedürfnissen der Mitfahrer in Szenario S7 verdeutlicht die begrenzten Einflüsse der beiden Merkmale des Abholortes und des Vertrauens auf eine Steigerung der Anteile der Mitfahrer. Das Szenario S8 hingegen, ausgerichtet auf die Optimierung der Bedingungen für Fahrer von Fahrgemeinschaften, zeigt die deutlich höheren Potenziale des Faktors der zur Verfügung gestellten Fahrzeuge. Unter der zusätzlichen Einbeziehung der vertrauensbildenden Fahrt mit bekannten Kollegen kann eine Steigerung des Anteils an Fahrern von knapp über 4%-Punkten erreicht werden, der aber gleichzeitig zu unerwünschten Verlusten unter den Mitfahrern führt. Unter praktischen Gesichtspunkten kann dieses Szenario nicht umgesetzt werden, da es aufgrund der ungleichen Verteilung zwischen Fahrern und Mitfahrern zumindest zu geringeren Pkw-Besetzungsgraden und auch zu einem Überschuss an Fahrern führen kann, die damit wiederum der Gruppe der Pkw-Alleinfahrer zugerechnet werden müssten. Eine optimale Unterstützung von betrieblichen Fahrgemeinschaften kann entsprechend nur mit Hilfe der Umsetzung verschiedener Maßnahmen erfolgen, die sowohl den Bedürfnissen der Fahrer als auch den Anforderungen der Mitfahrer gerecht werden. Das Szenario S9 zeigt die Einflüsse einer geeigneten Kombination von Angeboten zur Förderung der Teilnahme an "M21 FahrPLUS" im Allgemeinen. Durch die gleichzeitige Anpassung des Abholortes, der Einführung einer Vermittlung mit bekannten Kollegen zur Vertrauenssteigerung und der Bereitstellung von unternehmensinternen Fahrzeugen für die Durchführung der Fahrten kann eine Erhöhung der Nutzung von Fahrgemeinschaften um ca. 4,5%-Punkte

erreicht werden, von denen die Fahrer zu einem Anteil von 87,5% und die Mitfahrer nur zu einem Anteil von 12,5% profitieren. Leider kann auch diese Verlagerung nicht vollständig aus der Gruppe des mIV gewonnen werden. Zusätzlich werden vom ÖV und den anderen Verkehrsteilnehmern, mit jeweils 0,15%-Punkten, kleine Anteile verlagert.

Abschließend muss festgestellt werden, dass das aufgrund der definierten Maßnahmen maximal zur Verfügung stehende Potenzial zugunsten von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr als eher gering eingestuft werden muss. Mit der Einführung der dynamischen Vermittlung von Fahrgemeinschaften im MTC konnte innerhalb von drei Jahren zwischen 1999 und 2002 lediglich ein Verlagerungseffekt von ca. 0,5%-Punkten erreicht werden. Auch mit einer potenziellen Optimierung der Dienstleistung entsprechend des Szenarios S9 und einer daraus resultierenden zusätzlichen Verkehrsverlagerung von ca. 4,5%-Punkten zu Gunsten der Fahrer und Mitfahrer können weder die Erwartungen des Projektes "M21 FahrPLUS" noch die Erfolge von Programmen der klassischen Fahrgemeinschaftsvermittlung in Nordamerika (vgl. Kapitel 2.6) mit Effekten von bis zu 12%-Punkten erreicht werden. Bei den geringen Wirkungen der Verkehrsverlagerung ist der mit 32,5% hohe Anteil an Mitarbeitern von großer Bedeutung, der im Rahmen der Erhebung trotz der umfangreichen hypothetischen Änderungen im Angebot von betrieblichen Fahrgemeinschaften ausschließlich den mIV als präferiertes Verkehrsmittelwahl angab (vgl. Abschnitt 7.2.3). Dieser hohe Anteil an mIV-captives ist kennzeichnend für die hohe Affinität der Mitarbeiter der DaimlerChrysler AG am Standort des MTC in Sindelfingen zum Pkw und dem Wunsch, ihr bevorzugtes Verkehrsmittel nicht mit anderen Kollegen teilen zu müssen. Eine weitere Ursache für die geringen Erfolgsaussichten von dynamisch organisierten Fahrgemeinschaften im MTC ist in der zeitlichen Einführung der Dienstleistung zu suchen. Durch den Start der Fahrgemeinschaftsförderung am 12. 07. 1999, und nicht bereits zu dem Zeitpunkt des betrieblichen Umzugs der meisten Mitarbeiter ins MTC im Frühjahr 1999,<sup>19</sup> wurde die Chance verpasst, potenzielle Nutzer zum Zeitpunkt einer gravierenden Änderung im beruflichen Umfeld anzusprechen und zumindest zu einer Erprobung von "M21 FahrPLUS" zu bewegen. Nach der Eingewöhnungszeit der Mitarbeiter an ihren neuen Arbeitsweg stellte die Nutzung von Fahrgemeinschaften hingegen wieder eine größere Hemmschwelle dar.

---

<sup>19</sup> Vgl. HOLZWARTH *et al.* (2000), S. 549f und MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG, DAIMLERCHRYSLER AG (2002), S. 5f.

### 8.3 Zusammenfassende Darstellung der Untersuchungsergebnisse und der Anwendungen

Im Zentrum der vorangegangenen Ausführungen wurden die Ergebnisse der Analyse des dynamischen Mitfahrerservices “M21 FahrPLUS” vorgestellt. Im Hinblick auf die Untersuchung des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer wurden die separaten Einflüsse der in der Erhebung integrierten neun Merkmale dargestellt. Um darüber hinaus die aggregierte Verkehrsmittelwahl der Mitarbeiter des MTC in Sindelfingen zu ermitteln, wurde das im Verlauf der vorliegenden Arbeit entwickelte Modell zur Berechnung der Verkehrsmittelwahlverteilung für die im Rahmen der Spezifikation definierten Szenarien angewendet.

Im Zuge der Betrachtung der einzelnen Faktoren wurden die in der Modellierung ermittelten Koeffizienten bewertet und hinsichtlich relativer Wichtigkeiten sowie Zeit- bzw. Kostenwerten untersucht. Dabei wiesen die Merkmale des Abholortes und der durch den Arbeitgeber zur Verfügung gestellten Fahrzeuge die größten Potenziale zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl auf. Von den Faktoren der Suche nach Fahrgemeinschaftspartnern und der Notstrategie, gefolgt von der gemeinsamen Fahrt mit bekannten Kollegen, waren entsprechend niedrigere Einflüsse zu erwarten. Für die mit der Realisierung der zentralen Vermittlung verbundene Steigerung der Flexibilität und dem Angebot von speziell für Fahrgemeinschaften reservierten Parkplätzen am Werk konnten keine signifikanten Wirkungen auf die Nutzung von Fahrgemeinschaften nachgewiesen werden.

Mit der Einführung von “M21 FahrPLUS” konnte keine entscheidende Verbesserung der Akzeptanz von betrieblichen Fahrgemeinschaften erreicht werden. Im Gegensatz zu der positiven Bewertung der integrierten Notstrategie wurde das Angebot der Online-Vermittlung als praktisch gleichwertig mit persönlich abgesprochenen Fahrgemeinschaften eingestuft. Die Vermittlung auch mit unbekanntem Kollegen wurde als unbefriedigender, im Vergleich zu einer Fahrt mit bekannten Kollegen, empfunden. Optimierungspotenziale zur Förderung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr können mit der Definition der Abholung der Mitfahrer von zu Hause bei gleichzeitiger Integration eines optionalen Abholortes in unmittelbarer Nähe der Wohnorte erreicht werden. Die Bereitstellung von unternehmensinternen Fahrzeugen, die Erhöhung der Flexibilität und die Schaffung von Vertrauen mit Hilfe von Teilnehmergruppen, die sich untereinander kennen, können ebenfalls zu einer vermehrten Nutzung von Fahrgemeinschaften beitragen. Auch die Einführung eines zusätzlichen Dienstes zur ausschließlichen Suche von Mitarbeitern mit korrespondierenden Wohnorten und anschließender persönlicher Absprache kann die Akzeptanz von betrieblichen Fahrgemeinschaften steigern.

Die quantitative Abbildung der Verkehrsmittelwahl für die Situation vor der Einführung von “M21 FahrPLUS” im Szenario S1 ergab, basierend auf den Bedingungen zum Zeit-



punkt der Erhebung (Nullfall), eine Steigerung der Alternative mIV in Höhe von 0,42%-Punkten. Im Umkehrschluss konnte damit durch die Etablierung der dynamischen Fahrgemeinschaftsvermittlung eine entsprechende Verlagerung vom mIV auf die Varianten der Mitfahrer erreicht werden. Der Modal-Split-Anteil der Fahrer wurde hingegen nicht beeinflusst, da sich mit der Umsetzung von "M21 FahrPLUS" im MTC in Sindelfingen die Realisierung einer zentralen, computergestützten Vermittlung von Fahrgemeinschaften im Vergleich zu der persönlichen Absprache von gemeinsamen Fahrten im Berufsverkehr kaum auf die Verkehrsmittelwahl ausgewirkt hat. Der Großteil der Veränderungen war dagegen auf das Angebot der Notstrategie für nicht vermittelbare Mitfahrer in Form von kostengünstigen Fuhrparkfahrzeugen und der kostenlosen Nutzung des ÖPNV zurückzuführen.

Infolge der in den Szenarien S2 und S4 abgebildeten Einzelmaßnahmen der Abholung der Mitfahrer von zu Hause und der Steigerung des Vertrauens durch die Möglichkeit der Bildung von Fahrgemeinschaften mit bekannten Kollegen konnte der Anteil der Alternative der Mitfahrer um 0,28%-Punkte bzw. 0,32%-Punkte gesteigert werden. Im Vergleich zum Szenario S2 wurde mit der Abbildung des höheren Bekanntheitsgrades zusätzlich ein Effekt für die Fahrer in Höhe von 0,67%-Punkten erzielt. Im Unterschied zum Szenario S3, von dem aufgrund des nicht signifikanten Koeffizienten der speziell für Fahrgemeinschaften am Werk reservierten Parkplätze keine Wirkung auf die Verkehrsmittelwahl zu erwarten war, konnte mit der Bereitstellung von unternehmensinternen Fuhrparkfahrzeugen (Szenario S5) ein hoher Effekt von 2,78%-Punkten auf den Modal-Split-Anteil der Fahrer ermittelt werden. Die abschließend betrachtete separate Maßnahme der Fahrzeitreduzierung für Fahrgemeinschaften auf das Niveau einer direkten Fahrt konnte Steigerungen sowohl für die Alternative der Fahrer (0,81%-Punkte) als auch für die Variante der Mitfahrer (0,36%-Punkte) nachweisen.

Im Rahmen der Szenarien S7, S8 und S9 wurden die Effekte einer kombinierten Umsetzung der einzelnen Maßnahmen mit Ausnahme der Fahrzeitverbesserung bewertet, da diese im Rahmen eines betrieblichen Mobilitätsmanagements im Regelfall nicht zu beeinflussen ist. Mit dem auf die Mitfahrer ausgerichteten Szenario S7 kann neben dem Ziel der Erhöhung des Verkehrsmittelwahlanteils der Mitfahrer (0,72%-Punkte) zusätzlich der Anteil der Fahrer um 0,64%-Punkten gesteigert werden. Dieser Effekt zeigt sich entsprechend in dem auf die Fahrer abgestimmten Szenario S8. Sowohl die Modal-Split-Anteile der Fahrer (4,01%-Punkte) als auch der Mitfahrer (0,19%-Punkte) wurden erhöht. Die Verlagerungseffekte resultieren dabei aber nicht nur ausschließlich aus der Alternative des mIV, sondern zusätzlich, wenn auch in der Summe zu einem kleinen Anteil (0,27%-Punkte), auch aus den Verkehrsmitteln ÖV und andere Verkehrsteilnehmer. Dieser nicht angestrebte Effekt kann ebenfalls in dem für Fahrer und Mitfahrer optimierten Szenario S9 in nahezu gleichen Umfang beobachtet werden. Die Wirkungen der Maßnahmen, die

in dem abschließenden Szenario dargestellt wurden, steigern die Anteile der Alternativen der Fahrer und Mitfahrer um 3,95%-Punkte und 0,56%-Punkte.

# Kapitel 9

## Zusammenfassung und Ausblick

Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit war die Entwicklung und Umsetzung eines neuartigen und innovativen Mobilitätsdienstes zur Vermittlung von betrieblichen Fahrgemeinschaften, orientiert an den Bedürfnissen von Mitarbeitern in Gleitzeitmodellen. Grundlage der empirischen Untersuchung bildete die Einführung der dynamischen Fahrgemeinschaftsvermittlung “M21 FahrPLUS” für die Mitarbeiter der DaimlerChrysler AG im MTC in Sindelfingen.

### 9.1 Zusammenfassung der Untersuchung

Sowohl das aktuelle Aufkommen als auch die Prognosen der zukünftigen Entwicklungen im Personenverkehr, insbesondere für den Verkehrsträger Straße, verdeutlichen die Notwendigkeit von neuen Lösungen im Verkehrswesen. In dem Teilbereich der Verbesserung des Verkehrsablaufes im Rahmen eines integrierten und verkehrsmittelübergreifenden Verkehrsmanagements bieten telematikunterstützte Mobilitätsdienstleistungen, ausgerichtet an den Mobilitätswünschen der Verkehrsteilnehmer, einen viel versprechenden und nachhaltigen Ansatz. Von der Organisation flexibler Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr als eine Form der differenzierten Pkw-Nutzung wird im Rahmen eines betrieblichen Mobilitätsmanagements ein Beitrag zur Etablierung von kundenorientierten Mobilitätsdiensten erwartet. Im Vergleich zu dem in “M21 FahrPLUS” umgesetzten Ansatz der dynamischen Form der Vermittlung konnten mit der Förderung von klassischen Fahrgemeinschaften auf Basis von langfristigen Verbindungen von Fahrern und Mitfahrern in Nordamerika bereits Verkehrsverlagerungen von bis zu 12%-Punkten erreicht werden.

Zur Untersuchung der Einflüsse von Mobilitätsdiensten wie z.B. der dynamischen Vermittlung von Fahrgemeinschaften auf die Wahl der angebotenen Verkehrsmittel stellt die Verkehrsplanung verschiedene methodische Vorgehensweisen zur Verfügung. Die ausschließliche Anwendung eines verhaltensorientierten Nutzenmaximierungsmodells gewährleistet

jedoch noch nicht eine ausreichend genaue Untersuchung des Entscheidungsprozesses der Verkehrsmittelwahl. Eine geeignete Analysemethode sollte neben der quantitativen Abbildung der Verkehrsmittelwahlentscheidungen entsprechende Möglichkeiten zur qualitativen Modellierung des nachfrageorientierten Verhaltens der Verkehrsteilnehmer besitzen. Anhand des Entscheidungsprozesses zur Nutzung von Dienstleistungen wurden aus dem Bereich der Modelle diskreter Entscheidungen die Methoden der SP als qualifiziertes Verfahren zur Untersuchung von "M21 FahrPLUS" identifiziert. Untersuchungen in Form von SP basieren auf individuell für jede Aufgabenstellung definierten Entscheidungssituationen, die im Rahmen einer Erhebung von den auszuwählenden Respondenten hinsichtlich ihrer persönlichen Präferenzen bewertet werden. Im Vorfeld der Befragung müssen die Dimensionen der SP-Analyse in Bezug auf die zu integrierenden Einflussfaktoren die Art der Antworten, die statistische Konstellation der Auswahlentscheidungen, die Form der Befragung sowie die Einbeziehung von RP-Daten, gezielt festgelegt werden.

Vor der expliziten Auswahl einzelner Vorgehensweisen und modelltechnischer Parameter wurden die Fragestellungen der vorliegenden Untersuchung detailliert spezifiziert. Im Mittelpunkt der Forschungsfragen stand die Analyse des Verhaltens der Verkehrsteilnehmer unter Berücksichtigung der Vermittlung von dynamischen Fahrgemeinschaften. Über die Ermittlung der Akzeptanz der Dienstleistung und der Bestimmung ihrer optimalen Ausgestaltung hinaus sollte die Abbildung der aggregierten Verkehrsmittelwahl für differenzierte Spektren der Leistungen von "M21 FahrPLUS" berechnet werden. Als Untersuchungsumfeld wurde das MTC mit seinen ca. 6000 Mitarbeitern ausgewählt. Für die anhand der Schlüsselkriterien der Pkw-Verfügbarkeit und des Arbeitszeitmodells in vier homogene Gruppen eingeteilten Verkehrsteilnehmer wurden ein Nullfall und neun Szenarien definiert. Neben der Aufteilung des Untersuchungsraums in Verkehrszellen wurde die individuelle Fahrt der Probanden als Grundlage für den Vergleich der Verkehrsmittel und zum besseren Verständnis der SP-Auswahlsituationen herangezogen. Das Design der Untersuchung wurde so flexibel gestaltet, dass mit verhältnismäßig einfachen Anpassungen die zukünftige Analyse anderer räumlicher Strukturen und bei entsprechend umfangreichen Modifikationen auch die Beurteilung anderer Mobilitätsdienstleistungen ermöglicht wird.

In Abhängigkeit der Spezifikation wurden der Aufbau der empirischen Untersuchung konzipiert und anschließend die korrespondierende Erhebung realisiert. Das Ziel einer möglichst einfachen und natürlichen Präsentation der SP-Entscheidungssituationen konnte mit der Antwortform Stated Choice erreicht werden, die bei wechselnden Bedingungen die Auswahl einer der fünf definierten Alternativen Pkw-Alleinfahrer, ÖPNV, Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft sowie anderer Verkehrsteilnehmer verlangt. Aufgrund der Einbeziehung der persönlichen Fahrten der Respondenten und der vollständigen Ab-

deckung des MTC mit Computern wurde die Analyse auf Grundlage eines erfahrungsabhängigen festen Versuchsplans als schriftliche und interaktive Befragung durchgeführt. Aus einem umfangreichen Katalog an potenziellen Einflussgrößen, die sich sowohl auf die Verkehrsmittelwahl im Allgemeinen als auch auf den spezifischen Dienst "M21 FahrPLUS" bezogen, wurden die für die Untersuchung wichtigen neun Merkmale identifiziert und ihre 23 relevanten Ausprägungen festgelegt. Die sich aus der Menge an Faktoren und ihren Ausprägungen ergebende Anzahl von 3888 Kombinationsmöglichkeiten wurde, unter Verwendung eines statistischen Versuchsplans, auf die minimal notwendige Summe von 324 Entscheidungssituationen reduziert. Mit Hilfe einer Blockbildung wurden jedem Probanden jedoch nur zwölf Situationen zur Bearbeitung vorgelegt. Im Anschluss an zahlreiche Funktionaltests und einen Pretest konnte die Erhebung als Querschnittsuntersuchung für eine Stichprobe von 900 Mitarbeitern durchgeführt werden.

Der erzielte Rücklauf von 605 Antworten musste infolge von nicht vollständigen oder unrealistischen Angaben um 138 Personen verringert werden. Die für die weiteren Auswertungen verbleibenden 467 Respondenten konnten in 236 wahlfreie, 199 in ihrer Verkehrsmittelwahl eingeschränkte und in 32 Probanden mit lexikographischen Entscheidungsregeln eingeteilt werden. Der Beschreibung der Stichprobe folgte die Analyse der aktuellen Verkehrsmittelwahl und der soziodemographischen Kennwerte. Sowohl die Zusammenhänge zwischen Soziodemographie und der Wahl der Verkehrsmittel als auch die graphische Auswertung der SP-Situationen mit anschließender Abschätzung der Effekte der in die Untersuchung integrierten Merkmale bildeten wichtige Grundlagen zur quantitativen Modellierung des Verkehrsmittelwahlprozesses. Mit Hilfe von alternativenspezifischen Nutzenfunktionen und einer auf dem Prinzip des Maximum-Likelihood-Verfahrens basierenden Parameterschätzung wurde ein iteratives Verfahren zur Bestimmung einer optimalen Modellstruktur realisiert. In dem abschließend ermittelten Modell wurden 38 Parameter, entsprechend den individuellen, in der Befragung konstanten Faktoren der Verkehrsmittel Pkw und ÖV und den in der Erhebung variierenden Merkmalen der Alternativen Fahrer und Mitfahrer, integriert. Zusätzlich kamen alternativenspezifische Konstanten, Trägheitsvariablen und soziodemographische Faktoren zur Anwendung. Die erzielten Ergebnisse konnten hinsichtlich der Gütekriterien zur Beurteilung des Gesamtmodells als zufrieden stellend eingestuft werden und wurden anschließend mit Hilfe einer Rekalibrierung der Konstanten anhand der realen Verkehrsmittelwahl geeicht.

Beim Vergleich der Wirkungen der untersuchten Merkmale konnten für die kategorialen Faktoren des Abholortes der Mitfahrer und den vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellten Fahrzeugen die größten Möglichkeiten zur Beeinflussung der Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer nachgewiesen werden. Entsprechend niedrigere Potenziale konnten für die Attribute der Suche nach Fahrgemeinschaftspartnern, der Notstrategie und der

gemeinsamen Fahrt mit bekannten Kollegen identifiziert werden. Hingegen konnten für die beiden Faktoren der Flexibilität und der für Fahrgemeinschaften reservierten Parkplätze am Werk keine signifikanten Wirkungen nachgewiesen werden. Die Umsetzung der Vermittlung von dynamischen Fahrgemeinschaften im MTC zum Zeitpunkt der Erhebung konnte deren Nutzung im Berufsverkehr jedoch nicht gravierend steigern. Dabei wurde das Angebot der intranet- und internetbasierten Mobilitätsdienstleistung als nahezu ebenbürtig mit einer persönlichen Absprache bewertet. Die angebotene Notstrategie wurde aber im Vergleich zu der Situation vor der Einführung von "M21 FahrPLUS" als sehr positiv eingeschätzt. Zur Optimierung der Nutzung von betrieblichen Fahrgemeinschaften wurden die Anpassung der Abholorte, das Angebot von unternehmensinternen Fahrzeugen sowie die Erhöhung des Vertrauens durch die Möglichkeit der Vermittlung unter bekannten Kollegen identifiziert.

Im Rahmen der modelltechnischen Umsetzung der definierten Szenarien zur Berechnung der aggregierten Verkehrsmittelwahl im MTC zeigte sich für die Situation vor der Förderung von "M21 FahrPLUS" eine um 0,42%-Punkte höhere Nutzung der Alternative IV. Die im Umkehrschluss festzustellende Verlagerung der Verkehrsteilnehmer durch die Umsetzung der dynamischen Vermittlung von Fahrgemeinschaften erfolgte nur zu Gunsten der Mitfahrer, was auf den großen Einfluss der Notstrategie zurückzuführen war. Mit der Realisierung der einzelnen Maßnahmen der Optimierung des Abholortes, der Steigerung des Vertrauens, der Bereitstellung von Fuhrparkfahrzeugen und der Verkürzung der Reisezeit konnten Steigerungen der Anteile der Alternativen der Mitfahrer um bis zu 0,36%-Punkte und der der Fahrer um bis zu 2,78%-Punkte ermittelt werden. Im Rahmen der kombinierten Anwendung der unterstellten Maßnahmen wurden weitere Steigerungen der Modal-Split-Anteile für die Teilnehmer an Fahrgemeinschaften identifiziert. In dem sowohl auf die Fahrer als auch auf die Mitfahrer abgestimmten Szenario S9 konnten Steigerungen der Verkehrsmittelwahlanteile von 3,95%-Punkten für die Fahrer und von 0,56%-Punkte für die Mitfahrer nachgewiesen werden.

## **9.2 Konsequenzen für die Förderung von betrieblichen Fahrgemeinschaften**

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse werden im Folgenden Empfehlungen für die Förderung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr gegeben. Die Hinweise beziehen sich dabei auf die Optimierung des Leistungsspektrums, der Preisgestaltung und der Kommunikation von Verkehren der differenzierten Pkw-Nutzung. Darüber hinaus werden Vorschläge für neue Konzepte im Rahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements, für

die Distribution der zugrunde liegenden Dienstleistungen und für administrative Maßnahmen abgeleitet:

- Mit einer Erweiterung des **Leistungsspektrums** einer dynamischen Fahrgemeinschaftsförderung wie sie mit “M21 FahrPLUS” in einer ersten Ausbaustufe umgesetzt wurde, kann eine Steigerung der Akzeptanz von betrieblichen Fahrgemeinschaften erreicht werden. Die Ergebnisse der Analysen haben gezeigt, dass die Strategie von zwei optionalen Abholorten der Mitfahrer einen Erfolg versprechenden Ansatz darstellt. Kann die Abholung von dem bevorzugten Ort, z.B. zu Hause, aufgrund von zu großen Umwegen für den Fahrer nicht realisiert werden, so erfolgt die Abholung von dem optionalen Abholort. Voraussetzung für diese zweistufige Vermittlung ist die Definition von ausreichend vielen Treffpunkten in unmittelbarer Nähe der Wohnorte der Teilnehmer. Die Vorgehensweise umfasst implizit die Forderung nach der Begrenzung der Fahrzeit für die Fahrer. Entsprechend der Umsetzung von “M21 FahrPLUS” zum Zeitpunkt der Erhebung sollte die Fahrzeit auf einen Wert von maximal 120% der Reisezeit des direkten Weges eingestellt werden. Neben der Empfehlung, unternehmensinterne Fahrzeuge zu integrieren, kommt der grundlegenden Suche nach potenziellen Partnern eine große Bedeutung zu. Zur Verbesserung von Service und Komfort des Online-Angebotes sind folgende Punkte vorstellbar:
  - Optimierung des Intranet- und Internetauftritts.
  - Verlängerung der Servicezeiten (Hotline).
  - Einführung einer personalisierten Buchung zur Minimierung des zeitlichen Aufwandes für die Organisation einer Fahrt.
  - Umsetzung einer bargeldlosen Abrechnung.
  - Erweiterung der Mobilitätsberatung, insbesondere für neue Mitarbeiter, um gerade in einer Phase der Orientierung bei dem Eintritt in ein neues Arbeitsverhältnis mit noch unbekanntem räumlichen Rahmenbedingungen den Mitarbeitern die Möglichkeiten und Vorteile von flexiblen Fahrgemeinschaften zu verdeutlichen.
  - Anpassung der zentralseitig verwendeten Routingsoftware mit Hilfe von tageszeitabhängigen Geschwindigkeiten und aktuellen Informationen zur Verkehrslage, so dass die prognostizierten Reisezeiten und die damit verbundenen Abholzeiten der Mitfahrer valide prognostiziert werden können.

Aufgrund der im Vergleich zu einem Online-Dienst als nahezu gleichwertig eingestuften persönlichen Absprache von Fahrgemeinschaften wird die Entwicklung einer

zweiten Mobilitätsdienstleistung empfohlen. Der angestrebte Leistungsumfang beschränkt sich dabei ausschließlich auf die Identifikation von potenziellen Partnern und überlässt den Nutzern die Absprache der einzelnen Fahrten. Darüber hinaus ist eine Schnittstelle zwischen beiden Systemen denkbar. Das bereits im umgesetzten Ausbauzustand von “M21 FahrPLUS” als positiv bewertete Angebot der Notstrategie für nicht vermittelte Mitfahrer könnte durch die Integration der Alternative einer Fahrt mit dem Taxi optimiert werden. Ferner können Potenziale zur Akzeptanzsteigerung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr erwartet werden, wenn Teilnehmergruppen mit vertrauten Personen gebildet werden und die Flexibilität weiter steigt.

- Als Ausgangspunkt einer **Preisgestaltung** bietet sich die in dem Betrieb von “M21 FahrPLUS” auf dem relativ geringen Niveau von 0,065 Euro je km und Mitfahrer angesetzte und im Pilotbetrieb bewährte Beteiligung der Mitfahrer an den Betriebskosten der Fahrer an. Die vorliegenden Analysen haben gezeigt, dass sich mit einer Veränderung der Kostenbeteiligung zwar der Anteil der Mitfahrer in Form ihrer Kosten, aber nicht die Nutzungswahrscheinlichkeit der Fahrer beeinflussen lässt, da für die explizit modellierten Einnahmen der Fahrer kein signifikant von null verschiedener Koeffizient ermittelt werden konnte. Somit wird deutlich, dass zur Förderung von Fahrgemeinschaften die Beteiligung der Mitfahrer an den Kosten der Fahrer auf einer möglichst niedrigen Stufe einzustellen ist. Zur Vermeidung von potenziellen zusätzlichen Belastungen der Nutzer sollte die Finanzierung der Förderung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr nicht auf die Teilnehmer umgelegt werden, sondern stattdessen von dem betroffenen Unternehmen übernommen werden. Über die Übernahme der Vermittlungskosten hinaus besteht für die Unternehmen in der direkten finanziellen Unterstützung von Mitarbeitern, die Fahrgemeinschaften als ihre Alternative der Verkehrsmittelwahl wählen, eine erweiterte Möglichkeit der Förderung von betrieblichen Fahrgemeinschaften. In Nordamerika konnten mit Hilfe der finanziellen Förderung von Fahrgemeinschaften Verlagerungseffekte vom mIV zu Gunsten von Fahrern und Mitfahrern von bis zu 12%-Punkten erreicht werden (vgl. Kapitel 2.6). In Abhängigkeit der Parkplatzsituation kann sich die finanzielle Unterstützung von Fahrgemeinschaften für die Unternehmen auch aus dem Blickwinkel der Kosten als positiv erweisen. Im Fall von ausgelasteten Parkplatzkapazitäten könnten mit Hilfe der intensiven Förderung von alternativen Verkehrsmitteln Investitionen in neuen Parkraum vermieden oder zumindest gesenkt werden. Bei freien Kapazitäten könnten die entstehenden Kosten der Fördermaßnahmen mit Hilfe einer parallel einzuführenden Parkraumbewirtschaftung neutralisiert werden.



- Nur mit Hilfe einer optimierten unternehmensinternen **Kommunikation** können die Verbesserungen des Leistungsspektrums zur Förderung von betrieblichen Fahrgemeinschaften auch umgesetzt werden. Die Verbreitung der Informationen kann über vielfältige Kanäle erfolgen. Um die Nutzung von Fahrgemeinschaften zu unterstützen, können sowohl einmalige als auch regelmäßige Aktivitäten dienen. Als Medien kommen interne Publikationen, Newsletter via Email, Informationstafeln und -stände sowie weitere unternehmensinterne Kommunikationswege (z.B. Intranet und Fernsehkanäle) in Frage.
- Der Bedarf an neuen **Konzepten** zur Unterstützung von betrieblichen Fahrgemeinschaften folgt aus dem hohen Anteil an Respondenten der vorliegenden Untersuchung, die in ihrer Verkehrsmittelwahl auf den Pkw als einzige Alternative zurückgriffen. Neben der allgemeinen Forderung nach der Schaffung von Anreizen zur Nutzung von dynamischen Fahrgemeinschaften liegt, auch im Hinblick auf die als nicht signifikant nachzuweisende Steigerung der Flexibilität durch die Umsetzung von "M21 FahrPLUS", in der Entwicklung und Umsetzung von hoch dynamischen Formen der Mitnahmeverkehre ein möglicher Lösungsansatz. Im Vergleich zu der derzeitigen Realisierung, gekennzeichnet durch die Verpflichtung der Fahrer zur Durchführung einer Fahrt nach der Vermittlung durch die Mobilitätszentrale von "M21 FahrPLUS", würde die Form der reinen Angebote von möglichen Fahrten den potenziellen Teilnehmern eine deutlich größere Flexibilität bieten. Erst mit der Bestätigung einer der angebotenen Optionen käme eine entsprechende Vermittlung zwischen Fahrer und Mitfahrer zustande. Diese Strategie könnte sogar, bei entsprechender technischer Ausstattung, die Möglichkeit der Annahme oder Ablehnung eines Mitfahrwunsches erst während der Fahrt ermöglichen.
- Die Umsetzung einer Strategie zur **Distribution** sowohl der optimierten Dienstleistung "M21 FahrPLUS" als auch neuer Konzepte zur Förderung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr ist von großer Bedeutung. Von der Erweiterung der Zugangsmöglichkeiten über mobile Endgeräte können Potenziale zur Steigerung der Akzeptanz von Mobilitätsdiensten erwartet werden. Als technische Lösungen stehen die Mobilfunkstandards WAP und UMTS sowie die mobile Nutzung des Internets über WLAN zur Verfügung. In diesem Zusammenhang ist auch eine Integration der Dienstleistungen in Fahrzeugendgeräte (z.B. Navigation oder Mauterfassung) über zu entwickelnde standardisierte Schnittstellen denkbar. Über die Einführung neuer Zugangsarten hinaus besteht in der Verbreitung von "M21 FahrPLUS" eine weitere wichtige Aufgabe der Distribution. Neben der Einbeziehung von internen Werksteilen oder Tochtergesellschaften bilden Kooperationen mit anderen Unternehmen in der gleichen räumlichen Umgebung die Grundlage zur Erhöhung der Grundgesamt-

heit an potenziellen Nutzern. Auch die Einbindung von weiteren Fahrten zu anderen Verkehrszwecken wie z.B. Freizeit- und Einkaufsverkehr sowie die Integration von Zusatzdienstleistungen (z.B. Stauwarnungen), dem ÖPNV und Direktverkehren könnte sich positiv auf die Teilnahme an Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr auswirken.

- In der Einführung **administrativer Maßnahmen** scheint aufgrund der in der vorliegenden Untersuchung identifizierten begrenzten Erfolge von “M21 FahrPLUS” ein bedeutendes Kriterium zur Optimierung der Nutzung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr zu liegen. Eine verstärkte Verkehrsverlagerung vom mIV zu Gunsten von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr kann jedoch nur erreicht werden, wenn sowohl den Unternehmen und ihren Mitarbeitern als auch den öffentlichen Institutionen die Vorteile der Förderung von Fahrgemeinschaften verdeutlicht und entsprechende Maßnahmen für eine optimierte Unterstützung auch umgesetzt werden. Mit Hilfe der Förderung von alternativen Verkehrsmitteln und der parallelen Einführung von Restriktionen für den mIV könnten durch die Zusammenarbeit von Unternehmen sowie dem Bund, den Ländern und den Gemeinden durch gezielte Maßnahmen in den beiden Bereichen Parkraummanagement und Rahmenbedingungen für Fahrgemeinschaften relevante Effekte der Verkehrsverlagerung erzielt werden:

- Mit der Einführung von Parkgebühren in den USA für den mIV (\$30/Monat) und der parallelen Schaffung von reservierten und kostenlosen Parkplätzen für Fahrgemeinschaften wurden Erfolge der Verkehrsverlagerung von bis zu 32%-Punkten erreicht. Über diese positiven Erfahrungen hinaus werden bei einer optimierten Gestaltung des Parkraummanagements sogar Verlagerungseffekte vom mIV auf alternative Verkehrsmittel von bis zu 50%-Punkten erwartet (vgl. Abschnitt 2.6). Die Bereitstellung eines speziellen Parkplatzangebotes für Fahrgemeinschaften wurde zwar im Projekt “M21 FahrPLUS” angestrebt, konnte aber bei der Werksleitung im MTC nicht durchgesetzt werden. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnte für das Merkmal der reservierten Parkplätze kein signifikant von null verschiedener Parameter ermittelt werden, was auf die gute Parkplatzsituation und die restriktive Haltung der Werksleitung in Bezug auf Sonderparkflächen zurückzuführen ist (vgl. Abschnitt 8.1). Die Situation im MTC verdeutlicht, dass für eine verstärkte Förderung von Fahrgemeinschaften die einseitige Bereitstellung von reservierten Parkplätzen für die Nutzer von Fahrgemeinschaften nicht ausreichend sein wird. Zur Realisierung eines erfolgreichen Parkraummanagements bedarf es zusätzlich der Einführung von Restriktionen für den mIV, die in Form der Einführung von Parkgebühren und der Reduzierung des Parkplatzangebotes realisiert werden könnten. Z.B. könnten

- den Mitarbeitern in Abhängigkeit ihrer Wohnorte, ihren individuellen Bedingungen für die Fahrt mit dem ÖPNV sowie ihrer Bereitschaft zur Teilnahme an Fahrgemeinschaften verschiedene Parkflächen mit unterschiedlichen Entfernungen zum Arbeitsplatz zu differenzierten finanziellen Konditionen zur Verfügung gestellt werden. Die Maßnahmen des Parkraummanagements könnten durch die zuständigen Behörden mit einer konsequenten Parkraumbewirtschaftung in Bezug auf Kosten und Parkplatzangebot im Umfeld der betroffenen Unternehmen unterstützt werden. Eine mögliche Verlagerung der Parkplatzwahl der Mitarbeiter von den unternehmensinternen Parkplätzen in den öffentlichen Straßenraum könnte damit verhindert werden.<sup>1</sup>
- Weitere Möglichkeiten zur Unterstützung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr sind mit der Optimierung der Rahmenbedingungen verbunden. Eine wichtige Maßnahme in diesem Bereich liegt in der abschließenden Klärung des Status von Fahrgemeinschaften und ihrer Teilnehmer in Bezug auf die Gültigkeit des Personenbeförderungsgesetzes, von Haftungsfragen, Steuerregelungen und des Datenschutzes. Auch bei der praxisorientierten Einführung und Umsetzung von Maßnahmen des betrieblichen Mobilitätsmanagements könnten öffentliche Einrichtungen, z.B. im Rahmen von staatlichen Mobilitätszentralen, Unternehmen in ihrem Einzugsgebiet unterstützen. Neben der Beratung und dem Transfer von Erfahrungen aus erfolgreichen Projekten könnten mit dem Angebot einer zentralen Vermittlung auch Mitarbeiter kleiner und verschiedener Unternehmen alternative Fahrtmöglichkeiten zum mIV zur Verfügung gestellt werden. Die in Nordamerika erfolgreich zur Anwendung kommenden HOV-Lanes (vgl. Kapitel 2.6) könnten auch in den Ballungsgebieten in Deutschland eine zwar in den Umsetzung aufwendige, aber Erfolg versprechende Maßnahme zur Förderung von Fahrgemeinschaften und der damit verbundenen Verringerung der Verkehrsdichte darstellen.<sup>2</sup>

### 9.3 Konsequenzen für die Forschung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Wirkungen der innovativen Mobilitätsdienstleistung “M21 FahrPLUS” auf die Verkehrsmittelwahl im Berufsverkehr bestimmt. Am Beispiel des MTC in Sindelfingen wurden die Einflüsse einer in der Verkehrswissenschaft noch nicht untersuchten Förderung von dynamischen Fahrgemeinschaften, orientiert an den Ansprüchen von Mitarbeitern in Gleitzeitmodellen, analysiert. Auf Basis der Methoden

---

<sup>1</sup> Vgl. HWANG, GIULIANO (1990), S. 13f und SHOUP (1982), S. 356.

<sup>2</sup> Vgl. GARRISON, WARD (2000), S. 50 und HALBRITTER *et al.* (2002), S. 43f.

der SP kam ein Untersuchungsdesign zur Anwendung, das nicht ausschließlich für die vorliegende Fragestellung, sondern gleichermaßen für weitere räumliche Strukturen und andere Mobilitätsdienstleistungen konzipiert wurde.

Die Ergebnisse der empirischen Analysen haben zwar die Vorteile einer flexiblen Vermittlung von Fahrgemeinschaften, im Vergleich zu der Organisation von traditionellen Formen, gezeigt, aber auch verdeutlicht, dass mit der Ausgestaltung von “M21 FahrPLUS” zum Zeitpunkt der Erhebung kaum Veränderungen im Verhalten der Verkehrsteilnehmer zu erreichen waren. Auch im Zuge einer Angebotsoptimierung konnte für die Mitarbeiter des MTC bestenfalls ein Verlagerungspotenzial von 4,51%-Punkten bestimmt werden. Über die in der Untersuchung integrierten Maßnahmen hinaus wurden in dem vorangegangenen Abschnitt Hinweise zur Förderung von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr identifiziert. Entsprechend stellt sich folgender weiterer Forschungsbedarf zur betrieblichen Unterstützung dynamischer Fahrgemeinschaften:

- Bestimmung der Akzeptanz von Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr unter Berücksichtigung:
  - der Integration von zwei optionalen Abholorten der Mitfahrer,
  - der Optimierung von Service und Komfort,
  - der Einführung mobiler Zugangsmöglichkeiten,
  - der zusätzlichen Hilfestellung bei der Suche von potenziellen Partnern ohne eine explizite Organisation der Fahrt und
  - der Flexibilisierung der Vermittlung durch das Angebot mehrerer Fahrtoptionen und der Möglichkeit zur Auswahl einer Variante oder der Ablehnung aller Alternativen.
- Untersuchung der Einflüsse verschiedener unternehmensinterner Maßnahmen der Kommunikation zur Verbreitung von “M21 FahrPLUS”.
- Erprobung von “M21 FahrPLUS” in anderen räumlichen Umgebungen mit entsprechend veränderten Zielgruppen, z.B. im Umfeld einer Universität.
- Ermittlung der Erfolgsaussichten im Rahmen einer Erweiterung der Dienstleistungen auf mehrere Unternehmen in unmittelbarer räumlicher Nähe, z.B. in einem Gewerbegebiet.
- Analyse der Wirkungen von “M21 FahrPLUS” in Bezug auf die Ausweitung auf andere Verkehrszwecke, die Einbindung von zusätzlichen Angeboten sowie die Kooperation mit dem ÖPNV.

- Identifikation der veränderten Nutzung von “M21 FahrPLUS” infolge der Integration von administrativen Maßnahmen und politischen Restriktionen.

Die flexible Gestaltung des Untersuchungsdesigns erlaubt bei entsprechenden Modifikationen über die Analyse von dynamischen Fahrgemeinschaften hinaus auch die Bewertung von anderen Mobilitätsdienstleistungen. Besonders im Rahmen der Entwicklung und Gestaltung neuer Dienstleistungen bietet das verwendete Design die Möglichkeit, mit Hilfe der direkten Nutzenmessung nicht nur eine technikorientierte, sondern auch eine kundenorientierte Entwicklung zu realisieren. Folgende Punkte könnten bereits vor der Einführung des umzusetzenden Angebotes analysiert werden:

- Akzeptanz des noch nicht existierenden Produktes,
- Optimierung der Ausgestaltung anhand der Bedürfnisse der potenziellen Kunden,
- Ermittlung von Zielgruppen und
- Identifizierung möglicher Anwendungsgebiete.



# Literatur

- ABERLE, G. (1993): Mobilität im 21. Jahrhundert - Zusammenfassung der Podiumsdiskussion. *Internationales Verkehrswesen* 45, 663–664.
- ABERLE, G. (1996): Vorausschätzung der Verkehrsentwicklung in Deutschland bis zum Jahr 2010. *Internationales Verkehrswesen* 48, 42–43.
- ADELMAN, S. (1962a): Orthogonal Main-Effect Plans for Asymmetrical Factorial Experiments. *Technometrics* 4, 21–46.
- ADELMAN, S. (1962b): Symmetrical and Asymmetrical Fractional Factorial Plans. *Technometrics* 4, 47–58.
- AL KAZILY, J. (1991): Analysis of Park-and-Ride Lot Use in the Sacramento Region. *Transportation Research Record* 1321, 1–6.
- ALBRECHT, J. (2000): *Präferenzstrukturmessung - Ein empirischer Vergleich der Conjoint-Analyse mit einer kompositionellen Methode*. Peter Lang, Frankfurt am Main.
- ALTMANN, G. (2000): Künftige umweltpolitische Schwerpunkte und Gesetzesinitiativen des Bundesumweltministeriums im Bereich Verkehr. In: BAUMEISTER, H., PENN-BRESSEL, G. (Eds.), *Umweltgerechte Mobilität in Städten und Regionen - Rechtliche, planerische und ökonomische Instrumente für die Kommunale Praxis*, Rhombus-Verlag, Berlin, 9–19.
- ARBEITSGRUPPE BEGLEITFORSCHUNG M21 DER UNIVERSITÄT STUTTGART (2002): *M21 - Wissenschaftliche Begleitforschung, Schlussbericht*.
- AXHAUSEN, K. W. (1989): Ortskenntnis und Parkplatzwahlverhalten. *Tech. Rep.*, Abschlußbericht an die Deutsche Forschungsgemeinschaft, Zürich.
- AXHAUSEN, K. W. (1995): Was sind die Methoden der Direkten Nutzenmessung, Conjoint Analysis oder Stated Preferences? *Straßenverkehrstechnik* 39, 210–218.
- AXHAUSEN, K. W., SAMMER, G. (2001): Hypothetische Märkte als Befragungsthema. *Internationales Verkehrswesen* 53, 274–278.
- BACKHAUS, K., ERICHSON, E., PLINKE, W., WEIBER, R. (2000): *Multivariate Analysemethoden*. Springer, Berlin.

- BALLARIN, C. (2000): *Modellierung des Berufspendlerverkehrs als Logistikprozeß am Beispiel dynamischer Fahrgemeinschaften*. Dissertation, Universität Stuttgart, Stuttgart.
- BAMBERG, G., COENENBERG, A. G. (1991): *Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre*. Vahlen, München.
- BATES, J. (2000): History of Demand Modelling. In: HENSHER, D. A., BUTTON, K. J. (Eds.), *Handbook of Transport Modelling*, Elsevier, Oxford, 11–33.
- BAUM, H. (1992): Rationalisierungspotentiale im Straßenverkehr I. *Tech. Rep.*, Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT), Frankfurt am Main.
- BAUMANN, J. H. (1984): *Verkehrsmodelle, Grundlagen und Methoden*. Universität Bremen, Bremen.
- BELZ, C., BIRCHER, B., BÜSSER, M., HILLEN, H., SCHLEGEL, H. J., WILLEE, C. (1991): *Erfolgreiche Leistungssysteme: Anleitungen und Beispiele*. Schäffer, Stuttgart.
- BEN-AKIBA, M., LERMAN, S. R. (1985): *Discrete Choice Analysis - Theory and Application to travel demand*. MIT Press, Cambridge (Massachusetts).
- BEN-AKIBA, M., MORIKAWA, T. (1987): Estimation of Switching Models from Revealed Preferences and Stated Intentions. *Transportation Research A* 24A, 485–495.
- BEROLDO, S. (1991): Ridematching System Effectiveness: A Coast-to-Coast Perspective. *Transportation Research Record* 1321, 7–12.
- BHATT, K. (1991): Review of Transportation Allowance Programs. *Transportation Research Record* 1321, 45–50.
- BLACK, A. (1995): *Urban Mass Transportation Planning*. McGraw-Hill, New York/London.
- BLÖBAUM, A. (2001): *Umweltschonendes Mobilitätsverhalten - Zur Bedeutung von Wohnungsumgebung und ökologischer Norm*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- BOCK, E. (1998): *Telematik im Personenverkehr: Technologien und Reaktionspotentiale der Verkehrsnachfrager*. Gabler, Wiesbaden.
- BÖCKER, J. (1995): *Marketing für Leistungssysteme*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- BOX, G. E. P., HUNTER, W. G., HUNTER, J. S. (1978): *Statistics for Experimenters - An Introduction to Design, Data Analysis and Model Building*. John Wiley & Sons, New York.



- BRADLEY, M. A. (1998): Behavioural Models of Airport Choice and Air Route Choice. In: DE DIOS ORTUZAR, J., HENSHER, D., JARA-DIAZ, S. (Eds.), *Travel Behaviour Research: Updating The State Of Play*, Pergamon, Oxford, 141–159.
- BRADLEY, M. A., GUNN, H. F. (1990): Stated Preference Analyses of Values of Travel Time in the Netherlands. *Transportation Research Record* 1285, 78–88.
- BRANDT, T. (1994): *Verkehrskollaps - Diagnose und Therapie*. Fischer, Frankfurt am Main.
- BRECKLE, H. (2003): *Kostenbehaftete Kommunikation in einem Mobilitätsdienstleistungssystem*. dissertation.de - Verlag im Internet, Berlin.
- BROSIUS, F. (1998): *SPSS 8.0: Professionelle Statistik unter Windows*. MITP-Verlag, Bonn.
- BRUHN, M. (1996): *Qualitätsmanagement für Dienstleistungen: Grundlagen, Konzepte, Methoden*. Springer, Berlin.
- BULLARD, D. L. (1991): Analysis of Carpool Survey Data from the Katy, Northwest, and Gulf Transitways in Houston, Texas. *Transportation Research Record* 1321, 73–81.
- BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (1993): Strategiepapier Telematik im Verkehr. *Tech. Rep.*, Bundesminister für Verkehr, Bonn.
- BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (1997): Verkehr ist ein bedeutender Standortfaktor. *Verkehrsnachrichten* 17, 1–5.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU- UND WOHNUNGSWESEN (2004): *Verkehr in Zahlen 2004/2005*. Deutscher Verkehrs-Verlag, Berlin.
- BUNDESREGIERUNG (1998): Stellungnahme der neuen Bundesregierung zur Verkehrspolitik. *Tech. Rep.*, Bundesregierung, Berlin.
- BUSSIEK, T. (1998): *Telematische Systeme im Berufsverkehr - ein synergetisches Modell der Verkehrsmittelsentscheidung*. Gabler, Wiesbaden.
- CERWENKA, P. (1999): Mobilität und Verkehr: Duett oder Duell von Begriffen? Gesucht ist eine konsenzfähige Terminologie. *Der Nahverkehr* 17, 34–37.
- COCHAN, W. G. (1977): *Sampling Techniques*. John Wiley & Sons, New York.
- DAVIDSON, D. (1991): Impact of Suburban Employee Trip Chaining on Transportation Demand Management. *Transportation Research Record* 1321, 82–89.
- DEE ANGELL, C., ERCOLANO, J. M. (1991): Southwestern Connecticut Commuter Transportation Study: An Analysis of Commuter Attitudes and Practices on Connecticut's Gold Coast. *Transportation Research Record* 1321, 66–72.

- DENKHAUS, I. (1995): *Verkehrsinformationssysteme - Durchsetzbarkeit und Akzeptanz in der Bundesrepublik Deutschland*. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden.
- DIEKMANN, A. (1998): *Empirische Sozialforschung - Grundlagen, Methoden, Anwendungen*. Rowohlt, Reinbeck.
- DOWLING, R., FELTHAM, D., WYCKO, W. (1991): Factors Affecting Transportation Demand Management Program Effectiveness at Six San Francisco Medical Institutions. *Transportation Research Record* 1321, 109–117.
- DVWG (1996): Telematik im Verkehr - Stand und Perspektiven integrierten Verkehrsmanagements. *Schriftenreihe*, 2. Europäische Verkehrstage Leipzig, Köln.
- ECKHOFF, A. (2001): *Einführung innovativer Systemgeschäfte - Eine empirische Untersuchung telematikgestützter Mobilitätsdienste*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- EYMANN, A. (1995): *Consumers' Spatial Choice Behavior*. Physica-Verlag, Heidelberg.
- FERGUSON, E. T. (1990): Transportation Demand Management - Planning, Development and Implementation. *Journal of the American Planning Association* 56, 442–456.
- FGSV (1995): Öffentlicher Personennahverkehr Mobilitätsmanagement. *FGSV-Arbeitspapier des Arbeitskreises "Mobilitätsmanagement" 38*, Bundesminister für Verkehr, Köln.
- FGSV (1996): *Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences*. FGSV-Verlag, Köln.
- FIEDLER, J. (1993): *Stop and go - Wege aus dem Verkehrschaos*. Kiepenheuer und Witsch, Köln.
- FILLIP, S. (1997): *Marktorientierte Konzeption der Produktqualität*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- FLANNELLY, K. J., MCLEOD JR, M. S., FLANNELLY, L., BEHNKE, R. W. (1991): Direct Comparison of Commuters' Interests in Using Different Modes of Transportation. *Transportation Research Record* 1321, 90–96.
- FLIEGNER, S. (2002): *Car Sharing als Alternative? Mobilitätsstilbasierte Potenziale zur Autoabschaffung*. Studien zur Mobilitäts- und Verkehrsforschung, Verlag MetaGIS Infosysteme, Mannheim.
- FLURY, B., RIEDWYL, H. (1983): *Angewandte multivariate Statistik - Computergestützte Analyse mehrdimensionaler Daten*. Fischer, Stuttgart.

- FORCHER, R. (1996): *Entwurf einer Logistik-Dienstleistung zur Personenmobilität - Ein Beitrag der Logistik zur Gestaltung von Mehrfachnutzungssystemen für Personenkraftwagen*. Dissertation, Universität Stuttgart, Stuttgart.
- FORSCHUNG STADTVERKEHR (1988): Aufbereitung von Ergebnissen der Stadtverkehrsforschung. *Reihe Auswertungen Heft A4*, Bundesminister für Verkehr, Bonn.
- FOWKES, A. S., WARDMAN, M. (1988): Design of SP travel choice experiments with special reference to taste variations. *Journal of Transport Economics and Policy* 22, 27–44.
- FREAS, A. M., ANDERSON, S. M. (1991): Effects of Variable Work Hour Programs on Ridesharing and Organizational Effectiveness: A Case Study, Ventura County. *Transportation Research Record* 1321, 51–56.
- FREDERICK, S. J., KENYON, K. L. (1991): Difficulties with the Easy Ride Project: Obstacles to Voluntary Ridesharing in the Suburbs. *Transportation Research Record* 1321, 13–20.
- FRIDSTRØM, L., MADSLIEN, A. (1998): Own Account or Hire Fright: A Stated Preference Analysis. In: DE DIOS ORTUZAR, J., HENSHER, D., JARA-DIAZ, S. (Eds.), *Travel Behaviour Research: Updating The State Of Play*, Pergamon, Oxford, 123–140.
- FROHN, J. (1995): *Grundausbildung in Ökonometrie*. Walter de Gruyter, Berlin.
- GASSNER, R., KEILINGHAUS, A., NOLTE, R. (1994): *Telematik und Verkehr - Elektronische Wege aus dem Stau*. Beltz, Weinheim.
- GASSNER, R., KREIBICH, R., NOLTE, R. (1997): *Zukunftsfähiger Verkehr - Neue Verkehrssysteme und telematisches Management*. Beltz, Weinheim.
- GARRET, M., WACHS, M. (1996): *Transportation Planning on Trial - The Clean Air Act and Travel Forecasting*. Sage Publications, Thousand Oaks, London, New Delhi.
- GARRISON, W. L., WARD, J. D. (2000): *Tomorrow's Transportation: Changing Cities, Economics and Lives*. Artech House, Boston, London.
- GASSNER, R. (1994): Telematische Ansätze zur Lösung städtischer Verkehrsprobleme. In: BEHRENDT, S., KREIBICH, R. (Eds.), *Die Mobilität von Morgen: Umwelt und Verkehrsentlastung in den Städten*, Beltz, Weinheim, 231–240.
- GERTZ, C. (1998): Umsetzungsprozesse in der Stadt- und Verkehrsplanung - Die Strategie der kurzen Wege. *Tech. Rep.*, Schriftenreihe A des Instituts Straßen- und Schienenverkehr der TU Berlin, Berlin.

- GIULIANO, G., HWANG, K., WACHS, M. (1993): Employee Trip Reduction in Southern California: First Year Results. *Tech. Rep.*, Working Paper, 164, The University of California Transportation Center, University of California at Berkeley, Berkeley.
- GREEN, P. E., SRINIVASAN, V. (1978): Conjoint Analysis in Consumer Research: Issues and Outlook. *Journal of Consumer Research* 5, 103–123.
- GREEN, P. E., TULL, D. S. (1982): *Methoden und Techniken der Marketingforschung*. Poeschel, Stuttgart.
- GRUBER, A. (1998): Fahrplanauskunft als Telematikanwendung. *Internationales Verkehrswesen* 50, 496–497.
- GUTSCHE, J. (1995): *Produktpräferenzanalyse - Ein modelltheoretisches und methodisches Konzept zur Marktsimulation mittels Präferenz Erfassungsmodellen*. Duncker & Humblot, Berlin.
- HAHN, W., KRETSCHMER-BÄUMEL, E. (1998): Telematik im Verkehr - Stand und Perspektiven aus verkehrspolitischer Sicht. *Internationales Verkehrswesen* 50, 485–492.
- HALBRITTER, G., BRÄUTIGAM, R., FLEISCHER, T., KLEIN-VIELHAUER, S., KUPSCH, C., PASCHEN, H. (1999): *Umweltverträgliche Verkehrskonzepte - Entwicklung und Analyse von Optionen zur Entlastung des Verkehrsnetzes und zur Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger*. Erich Schmidt, Bielefeld.
- HALBRITTER, G., BRÄUTIGAM, R., FLEISCHER, T., FULDA, E., GEORGIEWA, D., KLEIN-VIELHAUER, S., KUPSCH, C. (2002): *Verkehr in Ballungsräumen - Mögliche Beiträge von Telematiktechniken und -diensten für einen effizienteren und umweltverträglichen Verkehr*. Erich Schmidt, Bielefeld.
- HAUTZINGER, H., PFEIFFER, M., TASSAUX-BECKER, B. (1994): *Mobilität - Ursachen, Meinungen, Gestaltbarkeit*. Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung e.V., Heilbronn.
- HECKER, F. (1997): *Die Akzeptanz und Durchsetzung von Systemtechnologien*. Dissertation, Universität Saarbrücken, Saarbrücken.
- HEIMERL, G. (1993): Mobilität im 21. Jahrhundert - die gesellschaftliche Herausforderung. *Internationales Verkehrswesen* 45, 659–662.
- HENSHER, D. A., BUTTON, K. J. (2000): *Handbook of Transport Modelling*. Elsevier, Oxford.

- HENSHER, D. A., DALVI, Q. (1978): *Determinants of Travel Choice*. Saxon House, Westmead/Farnborough/Hants.
- HENSHER, D. A., JOHNSON, L. W. (1981): *Applied Discrete choice Modelling*. Croom Helm, London.
- HERMANN, A. (1996): Wertorientierte Produkt- und Werbegestaltung. *Marketing ZFP*, 153–163.
- HERZ, R., SCHLICHTER, H. G., SIEGENER, W. (1992): *Angewandte Statistik für Verkehrsplaner*. Werner, Düsseldorf.
- HICKS, C. R. (1980): *Grundlagen der experimentellen Versuchsplanung*. Fachbuchhandlung für Psychologie, Verlagsabteilung, Frankfurt am Main.
- HOEPNER, G. (1994): *Computereinsatz bei Befragungen*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- HOLZAPFEL, H. (2000): Anforderungen an eine integrierte Verkehrsplanung. In: BAUMEISTER, H., PENN-BRESSEL, G. (Eds.), *Umweltgerechte Mobilität in Städten und Regionen - Rechtliche, planerische und ökonomische Instrumente für die Kommunale Praxis*, Rhombus-Verlag, Berlin, 36–41.
- HOLZWARTH, J., BIESINGER, A., FUNKE, T. (2000): M21 - Einführung neuer telematikgestützter Mobilitätsdienstleistungen für den Berufsverkehr im Ballungsraum. *Straßenverkehrstechnik* 44, 549–555.
- HÜTTNER, M. (1989): *Grundzüge der Marktforschung*. Springer, Berlin.
- HÜTTNER, M. (1995): Faktorenanalyse. In: TIETZ, B., KÖHLER, R., ZENTES, J. (Eds.), *Handwörterbuch des Marketing*, Poeschel, Stuttgart, 678–690.
- HWANG, K., GIULIANO, G. (1990): The Determinants of Ridesharing: Literature Review. *Tech. Rep.*, Working Paper, 38, The University of California Transportation Center, University of California at Berkeley, Berkeley.
- INDEREST, F. (2000): *Nachfrageorientierte Produktgestaltung mittels Conjoint-Measurement am Fallbeispiel*. FGM-Verlag, München.
- IVT, IWW (1995): Wissenschaftliche Begleituntersuchungen zum Generalverkehrsplan Baden-Württemberg - Prognosen und Wirkungsanalysen. *Tech. Rep.*, Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung Heilbronn e.V., Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung Karlsruhe, Heilbronn/Karlsruhe.
- JAKUBOWSKI, P., LEHMANN, C. (2000): Interkommunale Mobilitätsvergleiche - Ein neues Fundament zur Effizienzsteigerung in der städtischen Verkehrspolitik. In: HARTWIG, K. H. (Ed.), *Die Zukunft der Mobilität*, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 7–34.

- JESSEN, J. (1997): Verkehrsmindernde Siedlungsstrukturen als Ziel der Stadtplanung. In: JESSEN, J., ROOS, H., VOGT, W. (Eds.), *Stadt - Mobilität - Logistik - Perspektiven, Konzepte und Modelle*, Birkhäuser, Basel/Boston/Berlin, 54–75.
- JONES, P., SWANSON, J. (1998): Factors affecting the validity of Stated Preference Research. *Tech. Rep.*, UK Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR), Steer Davies Gleave, Richmond.
- KEUCHEL, S. (1994): *Wirkungsanalyse von Maßnahmen zur Beeinflussung des Verkehrsmittelwahlverhaltens - Eine empirische Untersuchung am Beispiel des Berufsverkehrs der Stadt Münster/ Westfalen*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen.
- KISH, M. L., ORAM, R. L. (1991): North Brunswick Traffic Management Program, 1987 to 1990. *Transportation Research Record* 1321, 132–134.
- KLEIN, M., NATTLER, R. (1999): Von Haustür zu Haustür. *Internationales Verkehrswesen* 51, 271–272.
- KNAPP, F. D. (1998): *Determinanten der Verkehrsmittelwahl*. Duncker & Humblot, Berlin.
- KODAMA, M. R., PANKRATZ, J. J., MOILOV, M. (1991): Ventura Freeway Vanpool Support Program. *Transportation Research Record* 1321, 21–25.
- KÖNIG, A. (2001): *Eine interaktive Stated Preference Befragung zur Wohnstandortwahl*. Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung des Instituts für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau der ETH Zürich, Zürich.
- KÖNIG, A., AXHAUSEN, K. W. (2001): *Verkehrsentscheidungen in Mobidrive*. Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung des Instituts für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau der ETH Zürich, Zürich.
- KÖNIG, A., SCHLICH, R., AXHAUSEN, K. W. (2000): *Deskriptive Darstellung der Befragungsergebnisse des Projektes Mobidrive*. Arbeitsberichte Verkehrs- und Raumplanung des Instituts für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau der ETH Zürich, Zürich.
- KÖNIG, A., AXHAUSEN, K. W., ABAY, G. (2004): *Zeitkostenansätze im Personenverkehr: Hauptstudie*. Forschungsbericht SVI 2001/534, Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau der ETH Zürich, Rapp Trans AG, Zürich.
- KOPPELMAN, F. S., SETHI, V. (2000): Closed-Form Discrete-Choice Models. In: HENSHER, D. A., BUTTON, K. J. (Eds.), *Handbook of Transport Modelling*, Elsevier, Oxford, 211–227.

- KOPPER, H. (1991): Wir brauchen eine Partnerschaft der Vernunft zwischen Straße, Schiene, Luft und Wasser. In: BUDDENBERG, H. (Ed.), *Integrierter Verkehr 2000: mobil bleiben*, Busse + Seewald, Herford/Hamburg/Stuttgart, 49–59.
- KOTLER, P., BLIEMEL, F. (1999): *Marketing-Management: Analyse, Planung, Umsetzung und Steuerung*. Poeschel, Stuttgart.
- KROEBER-RIEL, W. (1995): Konsumentenverhalten. In: TIETZ, B., KÖHLER, R., ZENTES, J. (Eds.), *Handwörterbuch des Marketing*, Poeschel, Stuttgart, 1234–1246.
- KRÜGER, G. (1995): *Rechnergestützte Telekommunikation (Telematik): technische, wirtschaftliche und gesellschaftliche Perspektiven*. Schriftenreihe der Ernst-Abbe Stiftung, Universitäts Verlag, Jena.
- KRUMMHEUER, E. (06.08.1999): Die Grenzen der Mobilität - Verspätungen im Luftverkehr und auf der Schiene nehmen zu. *Handelsblatt*, 2.
- KUSS, A. (1995): Befragungsmethoden. In: TIETZ, B., KÖHLER, R., ZENTES, J. (Eds.), *Handwörterbuch des Marketing*, Poeschel, Stuttgart, 190–200.
- KÜHNE, R. D. (1999): Integriertes Verkehrsmanagement in Ballungsräumen - Anspruch und Wirklichkeit. *Straßenverkehrstechnik* 43, 361–367.
- KUTTER, E. (2001): Räumliches Verhalten - Verkehrsverhalten. In: BECKMANN, K. J. (Ed.), *Tagungsband zum 2. Aachener Kolloquium "Mobilität und Stadt"*, Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr, RWTH Aachen, Aachen, 33–46.
- LANCASTER, K. J. (1970): A new Approach to Consumer Thoery. In: QUANDT, R. E. (Ed.), *The Demand for Travel: Theory and Measurement*, Lexington Books, Lexington (Massachusetts), 17–54.
- LAUX, H. (1998): *Entscheidungstheorie*. Springer, Berlin/Heidelberg.
- LEE-GOSSELIN, M. E. H. (1996): Scope and Potential of Interactice Stated Response Data Collection Methods. *Transportation Research Board* 10, 115–133.
- LERMAN, S. R., LOUVIERE, J. J. (1978): On the use of Functional Measurement to identify the functional form of the utility expression in travel demand models. *Transportation Research Record* 673, 78–86.
- LEWIS, C. A. (2000): An Examination of the Effectiveness of Voluntary Trip Reduction Programs. *Tech. Rep.*, Research Report, 467202-1, Center for Transportation Training and Research, Texas Southern University, Houston (Texas).
- LILIEN, G. L., KOTLER, P. (1983): *Marketing decision making - A model-building approach*. Prentice Hall, Englewood Cliffs (New Jersey).

- LÖHR, D. (2002): Mobilität und Bodennutzung - Zu den sozialen Kosten der "Bodensperre". In: GEISEN, T. (Ed.), *Mobilität und Mentalitäten - Beiträge zu Migration, Identität und regionaler Entwicklung*, IKO-Verlag für Interkulturelle Kommunikation, Frankfurt am Main/London, 241–251.
- LOUVIERE, J. J. (1988): *Analyzing Decision Making - Metric Conjoint Analysis*. Quantitative Applications in the Social Science, Sage Publications, London.
- LOUVIERE, J. J., WOODWORTH, G. (1983): Design and Analysis of Simulated Consumer Choice or Allocation Experiments: An Approach Based on Aggregate Data. *Journal of Marketing Research* 20, 350–367.
- LOUVIERE, J. J., HENSHER, D. A., SWAIT, J. D. (2000): *Stated Choice Methods - Analysis and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
- LUCKE, D., HASSE, M. (1996): *Annahme verweigert - Beiträge zur soziologischen Akzeptanzforschung*. Leske & Budrich, Opladen.
- MAASS, R. (1995): *Der Wettbewerb im örtlichen Personenbeförderungswesen - Möglichkeiten und Notwendigkeit im Bereich straßengebundener Beförderung*. Dissertation, Universität Tübingen, Tübingen.
- MACKIE, P. J., WARDMAN, M., FOWKES, A. S., WHELAN, G., J., N., BATES, J. J. (2003): Values of Travel Time Savings in the UK. *Tech. Rep.*, Department for Transport, Insitute for Transport Studies, University of Leeds, Leeds.
- MAHMASSANI, H. S., CAPLICE, C. G., WALTON, C. M. (1990): Characteristics of Urban Commuter Behavior: Switching Propensity and Use of Information. *Transportation Research Record* 1285, 57–69.
- MAIER, G., WEISS, P. (1990): *Modelle diskreter Entscheidungen - Theorie und Anwendung in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften*. Springer, Wien.
- MANSKI, F., MCFADDEN, D. (1981): *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*. MIT Press, Cambridge (Massachusetts).
- MATSUMOTO, S., ROJAS, L. E. (1998): Discrete Logit Modelling Based on Stated Preference Data of the Analytic Hierarchy Process for Parking Choice. In: DE DIOS ORTUZAR, J., HENSHER, D., JARA-DIAZ, S. (Eds.), *Travel Behaviour Research: Updating The State Of Play*, Pergamon, Oxford, 182–195.
- MCFADDEN, D. L. (1974a): Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour. In: ZAREMBKA, P. (Ed.), *Frontiers in Econometrics*, Academic Press, New York/London, 105–142.
- MCFADDEN, D. L. (1974b): The Measurement of Urban Travel Demand. *Journal of Public Economics* 3, 303–328.



- McFADDEN, D. L. (1975): Aggregate Travel Demand Forecasting From Disaggregated Behavioral Models. *Transportation Research Record: Travel Behavior and Values* 534, 24–37.
- McFADDEN, D. L. (1996): Econometric Models of Probabilistic Choice. In: MANSKI, C. F., McFADDEN, D. L. (Eds.), *Structural Analysis of Discrete Choice with Econometric Applications*, MIT Press, Cambridge (Massachusetts), 198–272.
- McFADDEN, D. L. (2000): Disaggregate Behavioral Travel Demand's RUM Side - A 30-Year Restrospective, Manuskript. *Tech. Rep.*, Department of Economics, University of California, Berkeley, Berkeley (California).
- McLEAN, R. A., ANDERSON, V. L. (1984): *Applied Factorial and Fractional Designs*. Marcel Dekker, New York.
- MEFFERT, H., BRUHN, M. (1997): *Dienstleistungsmarketing - Grundlagen - Konzepte - Methoden*. Gabler, Wiesbaden.
- MELHERITZ, M. (1999): *Die Entstehung innovativer Systemgeschäfte: Eine empirische Analyse mittels Interaktiver Forschung am Beispiel der Verkehrstelematik*. Gabler, Wiesbaden.
- MEYER, R. (2000): *Entscheidungstheorie - Ein Lehr- und Arbeitsbuch*. Gabler, Wiesbaden.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR BADEN-WÜRTTEMBERG, DAIMLER-CHRYSLER AG (2002): "M21 - Neue telematikgestützte Mobilitätsdienstleistungen im Verkehr", *Endbericht*.
- MÜHLBACHER, H. (1995): Skalen und Skalierungsverfahren. In: TIETZ, B., KÖHLER, R., ZENTES, J. (Eds.), *Handwörterbuch des Marketing*, Poeschel, Stuttgart, 2284–2298.
- MÜLLER, A. H. (1997): *Wege und Umwege in der Verkehrsplanung*. Vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich.
- MÜLLER, G., BOCK, E. (1995): Gestaltung großtechnischer Telematiksysteme im Verkehr. In: MÜLLER, G., HOHLWEG, G. (Eds.), *Telematik im Straßenverkehr: Initiativen und Gestaltungskonzepte*, Springer, Berlin, 51–59.
- OPPENHEIM, N. (1995): *Urban Travel Demand Modeling - From Individual Choices to General Equilibrium*. John Wiley & Sons, New York.
- PAJONK, E. (1983): Chancen für Mitfahr- und Fahrgemeinschaften. In: DVWG (Ed.), *Die Bedienung ländlicher Räume - eine Aufgabe aller Verkehrsträger*, DVWG Schriftenreihe B 64, Köln, 329–345.

- PEARMAN, D., SWANSON, J., KROES, E., BRADLEY, M. A. (1991): Stated Preference Techniques: A Guide to Practice. *Tech. Rep.*, Steer Davies and Gleave, London, Richmond/Den Haag.
- PEPELS, W. (1995): *Einführung in das Dienstleistungsmarketing*. Vahlen, München.
- PETERSEN, M. (1994): Auto teilen: Das Car-Sharing-Projekt STADTAUTO. In: BEHRENDT, S., KREIBICH, R. (Eds.), *Die Mobilität von Morgen: Umwelt- und Verkehrsentslastung in den Städten*, Beltz, Weinheim, 241–252.
- PEZ, P. (1998): *Verkehrsmittelwahl im Stadtbereich und ihre Beeinflußbarkeit - Eine verkehrsgeographische Analyse am Beispiel von Kiel und Lüneburg*. Kieler geographische Schriften, Selbstverlag des geographischen Instituts der Universität Kiel, Kiel.
- PIES, I. (2000): Zur Interessenslage der Verkehrswirtschaft. In: HARTWIG, K. H. (Ed.), *Die Zukunft der Mobilität*, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen, 51–68.
- PINGEL, J. (1997): *Der neue öffentliche Personennahverkehr (ÖPNVNEU) - Eine marketingorientierte Einführungsstrategie*. Schriftenreihe A des Instituts für Straßen- und Schienenverkehr, TU Berlin, Berlin.
- POLAK, J., JONES, P., VYTHOULKAS, P., MELAND, S., TRETVIK, T. (1991): The Trondheim Toll Ring: Results of a Stated Preference Study of Travellers' Responses. *Tech. Rep.*, Working Paper, 662, Transport Studies Unit, University of Oxford, Oxford.
- POLINA, C., JESSE GLAZER, L. (1991): Examination of 11 Guaranteed Ride Home Programs Nationwide. *Transportation Research Record* 1321, 57–65.
- POLLUTION PROBE (2001): North American Workplace-based Trip Reduction Programmes. *Tech. Rep.*, Pollution Probe.
- POUSTTCHI, P. F. (2001): *Kompetenzorientiertes strategisches Management intermodaler Verkehrsdienstleistungen - Das Beispiel Bahn und Flugzeug*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- PROGNOS AG (1998): Markt- und Potentialanalyse neuer integrierter Mobilitätsdienstleistungen in Deutschland. *Tech. Rep.*, Prognos AG, Europäisches Zentrum für Wirtschaftsforschung und Strategieberatung, Basel.
- PUCHER, J. (1988): Urban Travel Behavior as the Outcome of Public Policy - The Example of Modal-Split in Western Europe and North America. *Journal of the American Planning Association* 54, 509–520.

- RASCH, D., GUIARD, V., NÜRNBERG, G. (1992): *Statistische Versuchsplanung - Einführung in die Methoden und Anwendungen des Dialogsystems CADEMO*. Fischer, Stuttgart.
- REINKE, V. (1985): *Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr - Möglichkeiten und Grenzen der Förderung*. Irpud, Dortmund.
- REINKOBER, N. (1994): *Fahrgemeinschaften und Mobilitätszentrale - Bestandteile eines zukunftsorientierten ÖPNV*. Erich Schmidt, Bielefeld.
- RICHTER, K. J. (1995): *Verkehrsökonomie - Elemente quantitativer Verkehrswirtschaft*. Oldenbourg, München.
- RÖSSLER, M. H. (1993): *Ökologische Verkehrsplanung in Ballungsräumen*. Krämer, Hamburg.
- ROMMELFANGER, H. J., EICKEMEIER, S. H. (2002): *Entscheidungstheorie - Klassische Konzepte und Fuzzy-Erweiterungen*. Springer, Berlin/Heidelberg.
- RONNING, G. (2001): Estimation of Discrete Choice Models with Minimum Variation of Alternative-Specific Variables. *Tech. Rep.*, Tübinger Diskussionsbeiträge, Universität Tübingen, Tübingen.
- SACHS, L. (1974): *Angewandte Statistik - Planung und Auswertung - Methoden und Modelle*. Springer, Berlin.
- SATTLER, H. (1991): *Herkunfts- und Gütezeichen im Kaufentscheidungsprozeß - Die Conjoint-Analyse als Instrument der Bedeutungsmessung*. M&P Verlag für Wissenschaft und Forschung, Stuttgart.
- SCHEFFLER, E. (1997): *Statistische Versuchsplanung und -auswertung - Eine Einführung für Praktiker*. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Stuttgart.
- SCHMIDT, R. (1996): *Marktorientierte Konzeptfindung für langlebige Gebrauchsgüter: Messung und QFD-gestützte Umsetzung von Kundenforderungen und Kundenurteilen*. Gabler, Wiesbaden.
- SCHNABEL, W., LOHSE, D. (1997): *Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Straßenverkehrsplanung, Band 2*. Verlag für Verkehrswesen, Berlin.
- SCHNÜLL, R. (2000): Zielorientierte Verkehrsplanung und Verkehrlenkung für die Weltausstellung EXPO 2000 in Hannover. In: SCHNÜLL, R., HOFFMANN, S., KLOPPE, U. (Eds.), *Innovative Beiträge zum Verkehrsplanungs- und Verkehrsmanagementkonzept für die Weltausstellung EXPO 2000 in Hannover*, Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau, Universität Hannover, Hannover, 1–16.

- SCHUBERT, B. (1991): *Entwicklung von Konzepten für Produktinnovationen mittels Conjoint-Analyse*. Poeschel, Stuttgart.
- SCHUBERT, B. (1995): Conjoint-Analyse. In: TIETZ, B., KÖHLER, R., ZENTES, J. (Eds.), *Handwörterbuch des Marketing*, Poeschel, Stuttgart, 376–389.
- SCHWEIKL, H. (1985): *Computergestützte Präferenzanalyse mit individuell wichtigen Produktmerkmalen*. Duncker & Humblot, Berlin.
- SHOUP, D. C. (1982): Cashing Out Free Parking. *Transportation Quarterly* 36, 351–364.
- STAHEL, W. A. (1995): *Statistische Datenanalyse - Eine Einführung für Naturwissenschaftler*. Vieweg, Braunschweig.
- STEIERWALD, G., KÜNNE, H. D. (1994): *Stadtverkehrsplanung, Grundlagen, Methoden, Ziele*. Springer, Berlin.
- STIER, W. (1999): *Empirische Forschungsmethoden*. Springer, Berlin.
- STOPHER, P. R. (2000): Survey and Sampling Strategies. In: HENSHER, D. A., BUTTON, K. J. (Eds.), *Handbook of Transport Modelling*, Elsevier, Oxford, 229–251.
- TEICHERT, T. (2001): *Nutzenschätzung in Conjoint-Analysen - Theoretische Fundierung und empirische Aussagekraft*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- THIESIES, M. (1998): *Mobilitätsmanagement - Handlungsstrategien zur Verwirklichung umweltschonender Verkehrskonzepte*. Schriftenreihe für Verkehr und Technik, Erich Schmidt, Bielefeld.
- THOMS, U. (2003): *Langfristige Beziehungen zwischen Unternehmen - Zum Wert und zur Stabilität inter-organisationaler Partnerschaften*. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden.
- TOPP, H. H. (1995): Grenzen und Chancen von Verkehrsmanagement. In: MÜLLER, G., HOHLWEG, G. (Eds.), *Telematik im Straßenverkehr: Initiativen und Gestaltungskonzepte*, Springer, Berlin, 259–272.
- TOUTENBERG, H. (1994): *Versuchsplanung und Modellwahl*. Physica-Verlag, Heidelberg.
- TRAIN, K. (1986): *Qualitative choice analysis*. MIT Press, Cambridge (Massachusetts).
- TSCHEULIN, D. K. (1992): *Optimale Produktgestaltung - Erfolgsprognose mit Analytic Hierarchy Process und Conjoint-Analyse*. Gabler, Wiesbaden.

- TSUCHIDA, P., WILSHUSEN, L. (1991): Effects of the 1989 Loma Prieta Earthquake on Commute Behavior in Santa Cruz County, California. *Transportation Research Record* 1321, 26–33.
- VALDEZ, R., ARCE, C. (1990): Comparison of Travel Behaviour and Attitudes of Rideshares, Solo Drivers, and the General Commuter Population. *Transportation Research Record* 1285, 105–108.
- VALLÉE, D. (1994): *Das Verkehrsangebot als Basis zur Berechnung der Mobilität im Stadtverkehr*. Dissertation, RWTH Aachen, Aachen.
- VERBAND REGION STUTTGART (2001): Regionalverkehrsplan Region Stuttgart. *Tech. Rep.*, Verband Region Stuttgart, Stuttgart.
- VERKEHRSMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): Generalverkehrsplan Baden-Württemberg 1995. *Tech. Rep.*, Verkehrsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart.
- VOGT, W. (1997): Zukunft des Straßenverkehrs - Perspektivwechsel in der Verkehrsplanung? In: JESSEN, J., ROOS, H., VOGT, W. (Eds.), *Stadt - Mobilität - Logistik - Perspektiven, Konzepte und Modelle*, Birkhäuser, Basel/Boston/Berlin, 11–35.
- VRTIC, M., AXHAUSEN, K. W. (2002): *Modelle der Verkehrsmittelwahl aus RP- und SP Datengrundlage*. Heureka '02, Köln.
- WANG, D., OPPEWAL, H., TIMMERMANS, H. (2000): Pairwise conjoint analysis of activity engagement choice. *Environmental and Planning A* 32, 805–816.
- WEISENFELD, U. (1989): *Die Einflüsse von Verfahrensvariationen und der Art des Kaufentscheidungsprozesses auf die Reliabilität der Conjoint-Analyse*. Duncker & Humblot, Berlin.
- WEISS, P. A. (1992): *Die Kompetenz von Systemanbietern - Ein neuer Ansatz im Marketing für Systemtechnologien*. Erich Schmidt, Berlin.
- WENGLER-REEH, G. (1991): *Paratransit im öffentlichen Personennahverkehr des ländlichen Raums*. Marburger Geographische Schriften, Marburg an der Lahn.
- WERNSPERGER, F. (1995): *Spontane Fahrgemeinschaften als Zubringermittel zum öffentlichen Verkehr*. Schriftenreihe der Institute für Eisenbahnwesen, Straßenbau und Verkehrswesen der TU Graz, Verlag für die technische Universität Graz, Graz.
- WIDDER, W. (1995): *Das Auto als öffentliches Verkehrsmittel*. Mobil Verlag, Wiesloch.

- WIDLERT, S. (1998): Stated Preference studies: The design affects the results. In: DE DIOS ORTUZAR, J., HENSHER, D., JARA-DIAZ, S. (Eds.), *Travel Behaviour Research: Updating The State Of Play*, Pergamon, Oxford, 105–122.
- WILLIKE, R. (1996): Mobilität, Verkehrsmarktordnung, externe Kosten und Nutzen des Verkehrs. *Tech. Rep.*, Schriftenreihe des Verbandes der Automobilindustrie e.V. (VDA), Frankfurt am Main.
- WINKLER, G. M. (1994): *Entscheidungen und Präferenzen*. Physica-Verlag, Heidelberg.
- WINTERS, P. L., AXTON, R. C., GUNNELL, J. B. (1991): Transit and Ridesharing Information Study. *Transportation Research Record* 1321, 97–102.
- YEN, J. R., MAHMASSANI, H. S., HERMAN, R. (1998): A Model of Employee Participation in Telecommuting Programs Bases on Stated Preference Data. In: DE DIOS ORTUZAR, J., HENSHER, D., JARA-DIAZ, S. (Eds.), *Travel Behaviour Research: Updating The State Of Play*, Pergamon, Oxford, 161–179.
- ZEGARTOWSKI, L. (1998): *Definition, Teilimplementation und Verifikation eines vollautomatischen Vermittlungssystems für den Personentransport*. Dissertation, Universität Bremen, Bremen.

# Anhang A

## Versuchsplan

Um im Rahmen der SP-Erhebung eine Präsentation von systematisch konstruierten Entscheidungssituationen zu erreichen, kam ein aus 324 Kombinationen bestehender reduzierter Versuchsplan nach MCLEAN, ANDERSON (1984) zur Anwendung (vgl. Kapitel 6.3). In den folgenden Tabellen A.1 bis A.8 wird der Versuchsplan anhand der abstrakten Ausprägungen null, eins und zwei dargestellt. Die verwendeten Bezeichnungen garantierten eine eindeutige Festlegung der definierten Ausprägungen aller Merkmale in sämtlichen, in der Erhebung angewendeten Situationen der Verkehrsmittelwahl. Erst im Verlauf der Befragung wurden die hier dargestellten Werte durch ihre korrespondierenden Ausprägungen ersetzt. Im Unterschied zu den Merkmalen mit drei Ausprägungen wurden bei den Faktoren mit zwei Ausprägungen nur die Bezeichnungen null und eins verwendet.

Nr.	Abholort	Notst.	Fahrzeuge	Parkplätze	Flex.	Kollegen	Suche	Kosten	Zeit
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	1	0	0	0	0
3	1	0	0	0	2	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0	1	1	0
5	0	0	0	0	1	0	1	1	0
6	2	0	0	0	2	0	1	1	0
7	2	0	0	0	0	0	2	2	0
8	1	0	0	0	1	0	2	2	0
9	0	0	0	0	2	0	2	2	0
10	0	0	0	0	0	0	0	2	1
11	2	0	0	0	1	0	0	2	1
12	1	0	0	0	2	0	0	2	1
13	1	0	0	0	0	0	1	0	1
14	0	0	0	0	1	0	1	0	1
15	2	0	0	0	2	0	1	0	1
16	2	0	0	0	0	0	2	1	1

Tabelle A.1: Reduzierter Versuchsplan, Teil 1

Nr.	Abholort	Notst.	Fahrzeuge	Parkplätze	Flex.	Kollegen	Suche	Kosten	Zeit
17	1	0	0	0	1	0	2	1	1
18	0	0	0	0	2	0	2	1	1
19	0	0	0	0	0	0	0	1	2
20	2	0	0	0	1	0	0	1	2
21	1	0	0	0	2	0	0	1	2
22	1	0	0	0	0	0	1	2	2
23	0	0	0	0	1	0	1	2	2
24	2	0	0	0	2	0	1	2	2
25	2	0	0	0	0	0	2	0	2
26	1	0	0	0	1	0	2	0	2
27	0	0	0	0	2	0	2	0	2
28	0	0	0	1	0	1	0	0	0
29	2	0	0	1	1	1	0	0	0
30	1	0	0	1	2	1	0	0	0
31	1	0	0	1	0	1	1	1	0
32	0	0	0	1	1	1	1	1	0
33	2	0	0	1	2	1	1	1	2
34	2	0	0	1	0	1	2	2	0
35	1	0	0	1	1	1	2	2	0
36	0	0	0	1	2	1	2	2	0
37	0	0	0	1	0	1	0	2	1
38	2	0	0	1	1	1	0	2	1
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1
40	1	0	0	1	0	1	1	0	1
41	0	0	0	1	1	1	1	0	1
42	2	0	0	1	2	1	1	0	1
43	2	0	0	1	0	1	2	1	1
44	1	0	0	1	1	1	2	1	1
45	0	0	0	1	2	1	2	1	1
46	0	0	0	1	0	1	0	1	2
47	2	0	0	1	1	1	0	1	2
48	1	0	0	1	2	1	0	1	2
49	1	0	0	1	0	1	1	2	2
50	0	0	0	1	1	1	1	2	2
51	2	0	0	1	2	1	1	2	2
52	2	0	0	1	0	1	2	0	2
53	1	0	0	1	1	1	2	0	2
54	0	0	0	1	2	1	2	0	2
55	0	1	1	1	0	0	0	0	0
56	2	1	1	1	1	0	0	0	0
57	1	1	1	1	2	0	0	0	0
58	1	1	1	1	0	0	1	1	0
59	0	1	1	1	1	0	1	1	0
60	2	1	1	1	2	0	1	1	0

Tabelle A.2: Reduzierter Versuchsplan, Teil 2



Nr.	Abholort	Notst.	Fahrzeuge	Parkplätze	Flex.	Kollegen	Suche	Kosten	Zeit
61	2	1	1	1	0	0	2	2	0
62	1	1	1	1	1	0	2	2	0
63	0	1	1	1	2	0	2	2	0
64	0	1	1	1	0	0	0	2	1
65	2	1	1	1	1	0	0	2	1
66	1	1	1	1	2	0	0	2	1
67	1	1	1	1	0	0	1	0	1
68	0	1	1	1	1	0	1	0	1
69	2	1	1	1	2	0	1	0	1
70	2	1	1	1	0	0	2	1	1
71	1	1	1	1	0	0	2	1	1
72	0	1	1	1	2	0	2	1	1
73	0	1	1	1	0	0	0	1	2
74	2	1	1	1	1	0	0	1	2
75	1	1	1	1	2	0	0	1	2
76	1	1	1	1	0	0	1	2	2
77	0	1	1	1	1	0	1	2	2
78	2	1	1	1	2	0	1	2	2
79	2	1	1	1	0	0	2	0	2
80	1	1	1	1	1	0	2	0	2
81	0	1	1	1	2	0	2	0	2
82	0	1	1	0	0	1	0	0	0
83	2	1	1	0	1	1	0	0	0
84	1	1	1	0	2	1	0	0	0
85	1	1	1	0	0	1	1	1	0
86	0	1	1	0	1	1	1	1	0
87	2	1	1	0	2	1	1	1	0
88	2	1	1	0	0	1	2	2	0
89	1	1	1	0	1	1	2	2	0
90	0	1	1	0	2	1	2	2	0
91	0	1	1	0	0	1	0	2	1
92	2	1	1	0	1	1	0	2	1
93	1	1	1	0	2	1	0	2	1
94	1	1	1	0	0	1	1	0	1
95	0	1	1	0	1	1	1	0	1
96	2	1	1	0	2	1	1	0	1
97	2	1	1	0	0	1	2	1	1
98	1	1	1	0	1	1	2	1	1
99	0	1	1	0	2	1	2	1	1
100	0	1	1	0	0	1	0	1	2
101	2	1	1	0	1	1	0	1	2
102	1	1	1	0	2	1	0	1	2
103	1	1	1	0	0	1	1	2	2
104	0	1	1	0	1	1	1	2	2

Tabelle A.3: Reduzierter Versuchsplan, Teil 3

Nr.	Abholort	Notst.	Fahrzeuge	Parkplätze	Flex.	Kollegen	Suche	Kosten	Zeit
105	2	1	1	0	2	1	1	2	2
106	2	1	1	0	0	1	2	0	2
107	1	1	1	0	1	1	2	0	2
108	0	1	1	0	2	1	2	0	2
109	0	1	0	0	2	0	1	0	0
110	2	1	0	0	0	0	1	0	0
111	1	1	0	0	1	0	1	0	0
112	1	1	0	0	2	0	2	1	0
113	0	1	0	0	0	0	2	1	0
114	2	1	0	0	1	0	2	1	0
115	2	1	0	0	2	0	0	2	0
116	1	1	0	0	0	0	0	2	0
117	0	1	0	0	1	0	0	2	0
118	0	1	0	0	2	0	1	2	1
119	2	1	0	0	0	0	1	2	1
120	1	1	0	0	1	0	1	2	1
121	1	1	0	0	2	0	2	0	1
122	0	1	0	0	0	0	2	0	1
123	1	1	0	0	2	0	0	1	2
124	2	1	0	0	0	0	2	1	1
125	1	1	0	0	0	0	0	1	1
126	0	1	0	0	1	0	0	1	1
127	0	1	0	0	2	0	1	1	2
128	2	1	0	0	0	0	1	1	2
129	1	1	0	0	1	0	1	1	2
130	1	1	0	0	2	0	2	2	2
131	0	1	0	0	0	0	2	2	2
132	2	1	0	0	1	0	2	2	2
133	2	1	0	0	2	0	0	0	2
134	1	1	0	0	0	0	0	0	2
135	0	1	0	0	1	0	0	0	2
136	0	1	0	1	2	1	1	0	0
137	2	1	0	1	0	1	1	0	0
138	1	1	0	1	1	1	1	0	0
139	1	1	0	1	2	1	2	1	0
140	0	1	0	1	0	1	2	1	0
141	2	1	0	1	1	1	2	1	0
142	2	1	0	1	2	1	0	2	0
143	1	1	0	1	0	1	0	2	0
144	0	1	0	1	1	1	0	2	0
145	0	1	0	1	2	1	1	2	1
146	2	1	0	1	0	1	1	2	1
147	1	1	0	1	1	1	1	2	1
148	1	1	0	1	2	1	2	0	1

Tabelle A.4: Reduzierter Versuchsplan, Teil 4

Nr.	Abholort	Notst.	Fahrzeuge	Parkplätze	Flex.	Kollegen	Suche	Kosten	Zeit
149	0	1	0	1	0	1	2	0	1
150	1	1	0	1	2	1	0	1	2
151	2	1	0	1	0	1	2	1	1
152	1	1	0	1	0	1	0	1	1
153	0	1	0	1	1	1	0	1	1
154	0	1	0	1	2	1	1	1	2
155	2	1	0	1	0	1	1	1	2
156	1	1	0	1	1	1	1	1	2
157	1	1	0	1	2	1	2	2	2
158	0	1	0	1	0	1	2	2	2
159	2	1	0	1	1	1	2	2	2
160	2	1	0	1	2	1	0	0	2
161	1	1	0	1	0	1	0	0	2
162	0	1	0	1	1	1	0	0	2
163	0	0	1	1	2	0	1	0	0
164	2	0	1	1	0	0	1	0	0
165	1	0	1	1	1	0	1	0	0
166	1	0	1	1	2	0	2	1	0
167	0	0	1	1	0	0	2	1	0
168	2	0	1	1	1	0	2	1	0
169	2	0	1	1	2	0	0	2	0
170	1	0	1	1	0	0	0	2	0
171	0	0	1	1	1	0	0	2	0
172	0	0	1	1	2	0	1	2	1
173	2	0	1	1	0	0	1	2	1
174	1	0	1	1	1	0	1	2	1
175	1	0	1	1	2	0	2	0	1
176	0	0	1	1	0	0	2	0	1
177	1	0	1	1	2	0	0	1	2
178	2	0	1	1	0	0	2	1	1
179	1	0	1	1	0	0	0	1	1
180	0	0	1	1	1	0	0	1	1
181	0	0	1	1	2	0	1	1	2
182	2	0	1	1	0	0	1	1	2
183	1	0	1	1	1	0	1	1	2
184	1	0	1	1	2	0	2	2	2
185	0	0	1	1	0	0	2	2	2
186	2	0	1	1	1	0	2	2	2
187	2	0	1	1	2	0	0	0	2
188	1	0	1	1	0	0	0	0	2
189	0	0	1	1	1	0	0	0	2
190	0	0	1	0	2	1	1	0	0
191	2	0	1	0	0	1	1	0	0
192	1	0	1	0	1	1	1	0	0

Tabelle A.5: Reduzierter Versuchsplan, Teil 5

Nr.	Abholort	Notst.	Fahrzeuge	Parkplätze	Flex.	Kollegen	Suche	Kosten	Zeit
193	1	0	1	0	2	1	2	1	0
194	0	0	1	0	0	1	2	1	0
195	2	0	1	0	1	1	2	1	0
196	2	0	1	0	2	1	0	2	0
197	1	0	1	0	0	1	0	2	0
198	0	0	1	0	1	1	0	2	0
199	0	0	1	0	2	1	1	2	1
200	2	0	1	0	0	1	1	2	1
201	1	0	1	0	1	1	1	2	1
202	1	0	1	0	2	1	2	0	1
203	0	0	1	0	0	1	2	0	1
204	1	0	1	0	2	1	0	1	2
205	2	0	1	0	0	1	2	1	1
206	1	0	1	0	0	1	0	1	1
207	0	0	1	0	1	1	0	1	1
208	0	0	1	0	2	1	1	1	2
209	2	0	1	0	0	1	1	1	2
210	1	0	1	0	1	1	1	1	2
211	1	0	1	0	2	1	2	2	2
212	0	0	1	0	0	1	2	2	2
213	2	0	1	0	1	1	2	2	2
214	2	0	1	0	2	1	0	0	2
215	1	0	1	0	0	1	0	0	2
216	0	0	1	0	1	1	0	0	2
217	0	0	1	0	1	0	2	0	0
218	2	0	1	0	2	0	2	0	0
219	1	0	1	0	0	0	2	0	0
220	1	0	1	0	1	0	0	1	0
221	0	0	1	0	2	0	0	1	0
222	2	0	1	0	0	0	0	1	0
223	2	0	1	0	1	0	1	2	0
224	1	0	1	0	2	0	1	2	0
225	0	0	1	0	0	0	1	2	0
226	0	0	1	0	1	0	2	2	1
227	2	0	1	0	2	0	2	2	1
228	1	0	1	0	0	0	2	2	1
229	1	0	1	0	1	0	0	0	1
230	0	0	1	0	2	0	0	0	1
231	2	0	1	0	0	0	0	0	1
232	2	0	1	0	1	0	1	1	1
233	1	0	1	0	2	0	1	1	1
234	0	0	1	0	0	0	1	1	1
235	0	0	1	0	1	0	2	1	2
236	2	0	1	0	2	0	2	1	2

Tabelle A.6: Reduzierter Versuchsplan, Teil 6

Nr.	Abholort	Notst.	Fahrzeuge	Parkplätze	Flex.	Kollegen	Suche	Kosten	Zeit
237	1	0	1	0	0	0	2	1	2
238	1	0	1	0	1	0	0	2	2
239	0	0	1	0	2	0	0	2	2
240	2	0	1	0	0	0	0	2	2
241	2	0	1	0	1	0	1	0	2
242	1	0	1	0	2	0	1	0	2
243	0	0	1	0	0	0	1	0	2
244	0	0	1	1	1	1	2	0	0
245	2	0	1	1	2	1	2	0	0
246	1	0	1	1	0	1	2	0	0
247	1	0	1	1	1	1	0	1	0
248	0	0	1	1	2	1	0	1	0
249	2	0	1	1	0	1	0	1	0
250	2	0	1	1	1	1	1	2	0
251	1	0	1	1	2	1	1	2	0
252	0	0	1	1	0	1	1	2	0
253	0	0	1	1	1	1	2	2	1
254	2	0	1	1	2	1	2	2	1
255	1	0	1	1	0	1	2	2	1
256	1	0	1	1	1	1	0	0	1
257	0	0	1	1	2	1	0	0	1
258	2	0	1	1	0	1	0	0	1
259	2	0	1	1	1	1	1	1	1
260	1	0	1	1	2	1	1	1	1
261	0	0	1	1	0	1	1	1	1
262	0	0	1	1	1	1	2	1	2
263	2	0	1	1	2	1	2	1	2
264	1	0	1	1	0	1	2	1	2
265	1	0	1	1	1	1	0	2	2
266	0	0	1	1	2	1	0	2	2
267	2	0	1	1	0	1	0	2	2
268	2	0	1	1	1	1	1	0	2
269	1	0	1	1	2	1	1	0	2
270	0	0	1	1	0	1	1	0	2
271	0	1	0	1	1	0	2	0	0
272	2	1	0	1	2	0	2	0	0
273	1	1	0	1	0	0	2	0	0
274	1	1	0	1	1	0	0	1	0
275	0	1	0	1	2	0	0	1	0
276	2	1	0	1	0	0	0	1	0
277	2	1	0	1	1	0	1	2	0
278	1	1	0	1	2	0	1	2	0
279	0	1	0	1	0	0	1	2	0
280	0	1	0	1	1	0	2	2	1

Tabelle A.7: Reduzierter Versuchsplan, Teil 7

Nr.	Abholort	Notst.	Fahrzeuge	Parkplätze	Flex.	Kollegen	Suche	Kosten	Zeit
281	2	1	0	1	2	0	2	2	1
282	1	1	0	1	0	0	2	2	1
283	1	1	0	1	1	0	0	0	1
284	0	1	0	1	2	0	0	0	1
285	2	1	0	1	0	0	0	0	1
286	2	1	0	1	1	0	1	1	1
287	1	1	0	1	2	0	1	1	1
288	0	1	0	1	0	0	1	1	1
289	0	1	0	1	1	0	2	1	2
290	2	1	0	1	2	0	2	1	2
291	1	1	0	1	0	0	2	1	2
292	1	1	0	1	1	0	0	2	2
293	0	1	0	1	2	0	0	2	2
294	2	1	0	1	0	0	0	2	2
295	2	1	0	1	1	0	1	0	2
296	1	1	0	1	2	0	1	0	2
297	0	1	0	1	0	0	1	0	2
298	0	1	0	0	1	1	2	0	0
299	2	1	0	0	2	1	2	0	0
300	1	1	0	0	0	1	2	0	0
301	1	1	0	0	1	1	0	1	0
302	0	1	0	0	2	1	0	1	0
303	2	1	0	0	0	1	0	1	0
304	2	1	0	0	1	1	1	2	0
305	1	1	0	0	2	1	1	2	0
306	0	1	0	0	0	1	1	2	0
307	0	1	0	0	1	1	2	2	1
308	2	1	0	0	2	1	2	2	1
309	1	1	0	0	0	1	2	2	1
310	1	1	0	0	1	1	0	0	1
311	0	1	0	0	2	1	0	0	1
312	2	1	0	0	0	1	0	0	1
313	2	1	0	0	1	1	1	1	1
314	1	1	0	0	2	1	1	1	1
315	0	1	0	0	0	1	1	1	1
316	0	1	0	0	1	1	2	1	2
317	2	1	0	0	2	1	2	1	2
318	1	1	0	0	0	1	2	1	2
319	1	1	0	0	1	1	0	2	2
320	0	1	0	0	2	1	0	2	2
321	2	1	0	0	0	1	0	2	2
322	2	1	0	0	1	1	1	0	2
323	1	1	0	0	2	1	1	0	2
324	0	1	0	0	0	1	1	0	2

Tabelle A.8: Reduzierter Versuchsplan, Teil 8

# Anhang B

## Fragebogen

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde die Verkehrsmittelwahl im Berufsverkehr mit Hilfe einer empirischen SP-Untersuchung im MTC analysiert. Es wurde eine interaktive, schriftliche Erhebung konzipiert (vgl. Abschnitt 6.4.2) und auf Basis des in den folgenden Abbildungen B.1 bis B.7 dargestellten Fragebogens durchgeführt. Die hier an dem Beispiel eines Respondenten mit Pkw-Verfügbarkeit und dem Besitz einer persönlichen Jahresfahrkarte für den Verkehrsverbund Stuttgart (VVS) dargestellte Befragung setzt sich aus den Teilen der Einleitung, des derzeitigen sowie zukünftigen Mobilitätsverhaltens, der Abfrage der soziodemographischen Merkmale und der Danksagung zusammen.

Im Zuge der Begrüßung wurden die Probanden über die Ziele, den Aufbau und den Zeitbedarf der Befragung sowie der Gewährleistung der Anonymität und dem Angebot einer Hotline zur Hilfestellung informiert. Im Anschluss wurden die Postleitzahl des Wohnortes, der Arbeitsort, das Arbeitszeitmodell sowie die Verfügbarkeit von Pkw und Zeitfahrkarten für den ÖV abgefragt (Abbildung B.1). Die folgenden Fragen (Abbildungen B.2 und B.3) zu dem Besitz eines Dienstwagens und dem Verbrauch des Privatfahrzeuges sowie der Art und den individuellen Kosten der Zeitfahrkarten wurden den Respondenten nur bei entsprechender Verfügbarkeit eines Pkw bzw. einer Zeitfahrkarte präsentiert. Die Beantwortung der zweiteiligen Frage nach der aktuellen persönlichen Verkehrsmittelwahl musste dann wieder von allen Befragten durchgeführt werden (Abbildung B.4).

Im Anschluss an die Präsentation der Mobilitätssituation für die individuell zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel wurde den Probanden ihre Aufgabe in den folgenden zwölf Entscheidungssituationen erläutert (Abbildung B.5). Beispielhaft sind in der Abbildung B.6 zwei Situationen zur Auswahl der jeweils präferierten Alternative dargestellt. Um einen objektiven Vergleich der Varianten zu gewährleisten, wurden bei allen zwölf Abfragen sowohl die persönlichen Verkehrsmittel dargestellt als auch Erläuterungen zu den Randbedingungen der Nutzung von Fahrgemeinschaften angeboten. Die Abbildung B.7 zeigt die Erhebung der soziodemographischen Merkmale sowie die abschließende Danksagung.

# DAIMLERCHRYSLER

## Sehr geehrte Mitarbeiterin, sehr geehrter Mitarbeiter,

bereits im voraus möchten wir uns für Ihre Unterstützung durch die Teilnahme an dieser Befragung herzlich bedanken.

Mit der Beantwortung der folgenden Fragen tragen Sie zur Weiterentwicklung von kundenorientierten Mobilitätsdienstleistungen im Hause DaimlerChrysler bei.

In den nächsten 10 Minuten möchten wir Sie in 2 Teilen zu Ihrem derzeitigen Mobilitätsverhalten und zukünftigen Mobilitätsalternativen auf Ihrem Arbeitsweg befragen.

Ihre Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt sowie anonym gespeichert und ausgewertet. Ab Mai 2002 werden Ihnen die Befragungsergebnisse im Intranet zur Verfügung gestellt.

Bei Problemen, Fragen oder Anregungen wenden Sie sich bitte an unsere Hotline bei EP/ETT - Tel: 07031-90/74607.

[Start](#)

## Teil I der Befragung

Bitte machen Sie folgende allgemeine Angaben:

Postleitzahl (Wohnort):	<input type="text" value="70176"/>
Arbeitsort:	<input type="text" value="Sindelfingen - MTC"/>
Arbeitszeitmodell:	<input type="text" value="Gleitzeit"/>
In wie weit steht Ihnen für Ihre Fahrt zur Arbeit ein Pkw zur Verfügung?	<input type="text" value="Oft"/>
Haben Sie derzeit für Ihre Fahrt zur Arbeit eine Monats- oder Jahreskarte für den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) zur Verfügung?	<input type="text" value="Ja"/>

[Zurück](#)

[Weiter](#)

Abbildung B.1: Einleitung und Allgemeines



Steht Ihnen ein persönlicher Dienstwagen zur Verfügung?

- Ja  
 Nein

Zurück

Weiter

Bitte geben Sie den durchschnittlichen Verbrauch Ihres Pkw an:

Ihr Verbrauch:

Zurück

Weiter

Abbildung B.2: Dienstwagen und Verbrauch

Bitte wählen Sie die ÖPNV-Zeitfahrkarten aus, die Sie für Ihren Arbeitsweg benutzen (Mehrfachnennungen sind möglich):

**Zeitfahrkarten im VVS (Verkehrsverbund Stuttgart):**

- Firmenticket
- Übertragbare Jahreskarte
- Persönliche Jahreskarte
- Monatskarte

**Zeitfahrkarten bei der DB (Deutsche Bahn):**

- Jahreskarte
- Monatskarte

**Weitere Zeitfahrkarten (z.B. anderer Verkehrsverbünde):**

- Jahreskarte
- Monatskarte

---

Bitte tragen Sie die Kosten für Ihre ÖPNV-Zeitfahrkarten ein [in Euro]:

Verwenden Sie bitte die Verkaufspreise - z.B. 140,50 Euro als Preis pro Monat bei einer Monatskarte. Haben Sie eine Zeitfahrkarte in DM bezahlt, so tragen Sie den Preis in Euro als halben DM-Preis ein.

**Persönliche Jahreskarte im VVS:**  Euro

Abbildung B.3: Zeitfahrkarten und ihre Kosten

**Bitte wählen Sie die Verkehrsmittel aus, die Sie für Ihren Weg zur Arbeit mindestens einmal benutzt haben (Mehrfachnennungen sind möglich):**

Beziehen Sie Ihre Angaben auf das letzte Jahr oder den Zeitraum seit dem Sie an Ihrem jetzigen Arbeitsort arbeiten.

**Verkehrsmittel Pkw:**

- Pkw (Alleinfahrer)
- Fahrer (in einer Fahrgemeinschaft)
- Mitfahrer (in einer Fahrgemeinschaft)

**Andere Verkehrsmittel:**

- ÖPNV
- Motorrad, Roller (ab 125 ccm)
- Moped, Roller (bis zu 125 ccm)
- Fahrrad
- zu Fuß

Zurück Weiter

**Zu wieviel Prozent Ihrer Arbeitstage nutzen Sie welches Verkehrsmittel?**

Beziehen Sie Ihre Angaben (ganze Zahlen - z.B. 37%) auf das letzte Jahr oder den Zeitraum seit dem Sie an Ihrem jetzigen Arbeitsort arbeiten, so daß sich in der Summe 100% ergeben.

Nutzen Sie bei einer Fahrt mehrere Verkehrsmittel (z.B. Park & Ride oder Bike & Ride), so zählen Sie diese Fahrt zu dem Verkehrsmittel mit der längsten Reisezeit.

<b>Pkw (Alleinfahrer):</b>	80	%
<b>Fahrer (in einer Fahrgemeinschaft):</b>	15	%
<b>ÖPNV:</b>	5	%

Zurück Weiter

Abbildung B.4: Verkehrsmittelwahl und ihre Anteile

## Teil 2 der Befragung

Zu Ihrer Information haben wir in Abhängigkeit Ihrer PLZ durchschnittliche Daten für Ihren Arbeitsweg mit dem Pkw (Alleinfahrer) und dem ÖPNV zusammengestellt.

Haben Sie auf Ihrem persönlichen Arbeitsweg andere Erfahrungen gemacht, so passen Sie die berechneten Werte in den Auswahlfeldern bitte an:

	Pkw (Alleinfahrer)	ÖPNV
Reisezeit [min]: <sup>1)</sup>	32	50
Kosten [Euro]: <sup>2),3)</sup>	89	113
Anzahl der Umstiege: <sup>4)</sup>	-	2
Takt [min]: <sup>5)</sup>	-	30 Minuten
Entfernung zur Haltestelle [min]: <sup>6)</sup>	-	mehr als 10 Minuten

- <sup>1)</sup> **Reisezeit [min]:** Reisezeit von der Haustür bis zum Arbeitsplatz.  
<sup>2)</sup> **Kosten Pkw [Euro]:** Monatliche Benzinkosten für Ihre Arbeitswege.  
<sup>3)</sup> **Kosten ÖPNV [Euro]:** Monatliche Ausgaben für Ihre Zeitfahrkarten.  
<sup>4)</sup> **Umsteigen:** Anzahl der Umstiege bei der besten Verbindung im Berufsverkehr.  
<sup>5)</sup> **Takt [min]:** Zeit zwischen zwei abfahrenden Bussen, U-Bahnen oder S-Bahnen an Ihrem Wohnort.  
<sup>6)</sup> **Entfernung [min]:** Entfernung von Ihrem Wohnort zur nächsten nutzbaren ÖPNV-Haltestelle.

[Weiter](#)

## Ihre Aufgabe auf den folgenden Seiten:

Jeweils im oberen Seitenbereich wird Ihre bekannte persönliche Situation für die Fahrt mit dem Pkw (Alleinfahrer) und dem ÖPNV dargestellt.

Bitte stellen Sie sich vor, in Ihrem Unternehmen wird die Bildung von Fahrgemeinschaften gefördert. Auf jeder Seite werden Ihnen veränderte Randbedingungen für die Fahrt mit einer Fahrgemeinschaft vorgestellt.

Machen Sie sich die Gesamtsituationen in Abhängigkeit dieser sich ändernden Bedingungen für Ihren Arbeitsweg bewußt. Entscheiden Sie bitte für jede Situation NEU, wie Sie zur Arbeit fahren:

- Mit dem Pkw (Alleinfahrer)
- Mit dem ÖPNV
- Als Fahrer einer Fahrgemeinschaft
- Als Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft
- Anders (z.B. zu Fuß oder mit dem Fahrrad)

Über den Button "Ansehen", können sie sich die bei der Förderung von Fahrgemeinschaften in Frage kommenden Randbedingungen vorab ansehen und für den weiteren Verlauf der Befragung in einem separaten Fenster anzeigen lassen.

[Zurück](#)

[Ansehen](#)

[Weiter](#)

Abbildung B.5: Mobilitätssituation und Erläuterungen

Ihre derzeitige persönliche Situation mit dem:	<b>Pkw (Alleinfahrer)</b>	<b>ÖPNV</b>
Reisezeit [min]:	32	50
Kosten [Euro]:	89	113
Anzahl der Umstiege:	-	2
Takt [min]:	-	30 Minuten
Entfernung zur Haltestelle [min]:	-	mehr als 10 Minuten

**Situation 1 von 12: - So könnte Ihre Fahrgemeinschaft aussehen:**  
 Falls Sie Erläuterungen zu den Randbedingungen benötigen, bewegen Sie die Maus auf ein Fragezeichen: ?

? Reisezeit [min]:	32
? Reservierte Parkplätze:	Nein
? Anmeldung/ Vereinbarung einer Fahrgemeinschaft:	drei Stunden vor Abfahrt
? Gemeinsame Fahrt mit:	bekannten Kollegen
? Suche und Vermittlung von Fahrgemeinschaften:	Online-Dienst im Intranet mit Hotline
? Die Fahrzeuge sind:	die Privatfahrzeuge der Fahrer
? Kostenbeteiligung Mitfahrer an Fahrer [Euro]:	2,25
? Abholung der Mitfahrer am Morgen:	an einem Treffpunkt; nur mit Pkw zu erreichen
? Organisierte Heimfahrt der Mitfahrer im Notfall:	mit dem ÖPNV

**Wie würden Sie in dieser Situation überwiegend zur Arbeit fahren?**

Pkw (Alleinfahrer)	ÖPNV	Fahrer (Fahrgemeinschaft)	Mitfahrer (Fahrgemeinschaft)	Anders
<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Zurück Weiter

---

Ihre derzeitige persönliche Situation mit dem:	<b>Pkw (Alleinfahrer)</b>	<b>ÖPNV</b>
Reisezeit [min]:	32	50
Kosten [Euro]:	89	113
Anzahl der Umstiege:	-	2
Takt [min]:	-	30 Minuten
Entfernung zur Haltestelle [min]:	-	mehr als 10 Minuten

**Situation 2 von 12: - So könnte Ihre Fahrgemeinschaft aussehen:**  
 Die rot hinterlegten Felder haben sich im Vergleich zur letzten Situation geändert.  
 Über den Zurück-Button können Sie sich die letzte Situation noch einmal ansehen.

? Reisezeit [min]:	38
? Reservierte Parkplätze:	Ja, in der Nähe vom Werkstor
? Anmeldung/ Vereinbarung einer Fahrgemeinschaft:	einen Tag vor Abfahrt
? Gemeinsame Fahrt mit:	unbekannten Kollegen
? Suche und Vermittlung von Fahrgemeinschaften:	Schwarzes Brett
? Die Fahrzeuge sind:	die Privatfahrzeuge der Fahrer
? Kostenbeteiligung Mitfahrer an Fahrer [Euro]:	1,5
? Abholung der Mitfahrer am Morgen:	an einem Treffpunkt; nur mit Pkw zu erreichen
? Organisierte Heimfahrt der Mitfahrer im Notfall:	mit Fuhrparkfahrzeugen bzw. Taxen

**Wie würden Sie in dieser Situation überwiegend zur Arbeit fahren?**

Pkw (Alleinfahrer)	ÖPNV	Fahrer (Fahrgemeinschaft)	Mitfahrer (Fahrgemeinschaft)	Anders
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

Zurück Weiter

Abbildung B.6: Entscheidungssituationen eins und zwei

### Zum Abschluß bitten wir Sie uns einige Fragen zu Ihrer Person zu beantworten:

Für die Auswertung der Befragung ist die vollständige Beantwortung dieser Fragen von großer Bedeutung. Ihre Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt sowie anonym gespeichert und ausgewertet.

Wenn Sie zu einer Frage trotzdem keine Angaben machen möchten, haben Sie die Möglichkeit "keine Angabe" zu wählen bzw. bei den letzten beiden Fragen keine Eingabe zu tätigen.

Ihr Geschlecht:	männlich
Ihr Alter:	zwischen 20 und 29
Ihr Familienstand:	ledig
Wieviele Erwachsene leben in Ihrem Haushalt?	2
Wieviele Kinder leben in Ihrem Haushalt?	0
Wieviele Stunden pro Woche arbeiten Sie vertraglich?	zwischen 31 und 35
Ihr Brutto-Monatseinkommen:	keine Angabe
An wieviel Tagen durchschnittlich im Monat fahren Sie nicht direkt von zu Hause zur Arbeit?	zwischen 6 und 10 Tage
An wieviel Tagen durchschnittlich im Monat fahren Sie nicht direkt von der Arbeit nach Hause?	zwischen 6 und 10 Tage
Ihr Wohnort:	Stuttgart
Ihre Straße:	Seidenstraße

[Zurück](#)
[Weiter](#)

## DAIMLERCHRYSLER

**Herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit und für Ihre Bereitschaft zur optimalen Weiterentwicklung von kundenorientierten Mobilitätsdienstleistungen im Hause DaimlerChrysler.**

**Haben Sie noch Fragen oder Anregungen, so können Sie sich gerne an unsere Hotline bei EP/ETT wenden.  
Tel: 07031-90/74607.**

[Ende](#)

Abbildung B.7: Soziodemographie und Danksagung

# Anhang C

## Graphische Darstellung der Effekte

Die graphische Auswertung der geäußerten Präferenzen der Probanden wurde in Hinblick auf eine erste Abschätzung der Wirkungen aller, in die Untersuchung integrierten Merkmale durchgeführt (vgl. Kapitel 7.3.1). Als Grundlage zur Bestimmung der Haupteffekte und Wechselwirkungen erster Ordnung wurden die zwölf SP-Entscheidungssituationen, ohne Berücksichtigung der Kontrollfrage, verwendet, um für die quantitative Modellierung der Verkehrsmittelwahl geeignete Anhaltspunkte zu erzielen. Im folgenden werden die Effekte aller Merkmale in den Abbildungen C.1 bis C.3 anhand des Marktanteils der Variante Pkw-Alleinfahrer dargestellt. Die Umsetzung der übersichtlichen Darstellung der Effekte in Abhängigkeit der einen Alternative des Pkw im Vergleich zu einer komplexen Abbildung anhand der beiden Varianten Fahrer und Mitfahrer einer Fahrgemeinschaft konnte gewählt werden, da von den verbleibenden Alternativen ÖV und unmotorisierter Verkehrsteilnehmer eine hohe Konstanz ihrer Anteile über alle Auswahl-situationen erwartet wurde. So konnten im Umkehrschluss die veränderten Anteile der Fahrgemeinschaften im Berufsverkehr abgeschätzt und entsprechende Rückschlüsse auf die Modellierung gezogen werden.

Die Bestimmung der Einflüsse der betrachteten Faktoren auf die Wahl des Pkw als präferiertes Verkehrsmittel wurde auf Basis der relativen Häufigkeiten ihrer Ausprägungen vorgenommen. Die auch als Marktanteile aufzufassenden Häufigkeiten wurden in prozentualer Angabe auf der Ordinate über den Ausprägungen der Attribute (Abszisse) dargestellt. Über die separaten Wirkungen einzelner Merkmale hinaus, die mit Hilfe einer Funktion abgebildet wurden, konnten die kombinierten Effekte über die Verwendung mehrerer Funktionsverläufe visualisiert werden. Die Darstellung der 81 Graphiken innerhalb der drei folgenden Abbildungen basiert auf der Vorstellung einer  $(9 * 9)$  – *Matrix* der neun betrachteten Merkmale. Neben den in der Hauptdiagonale dargestellten Haupteffekten werden die 36 unabhängigen Wechselwirkungen erster Ordnung in beiden Hälften der Matrix aufgezeigt.

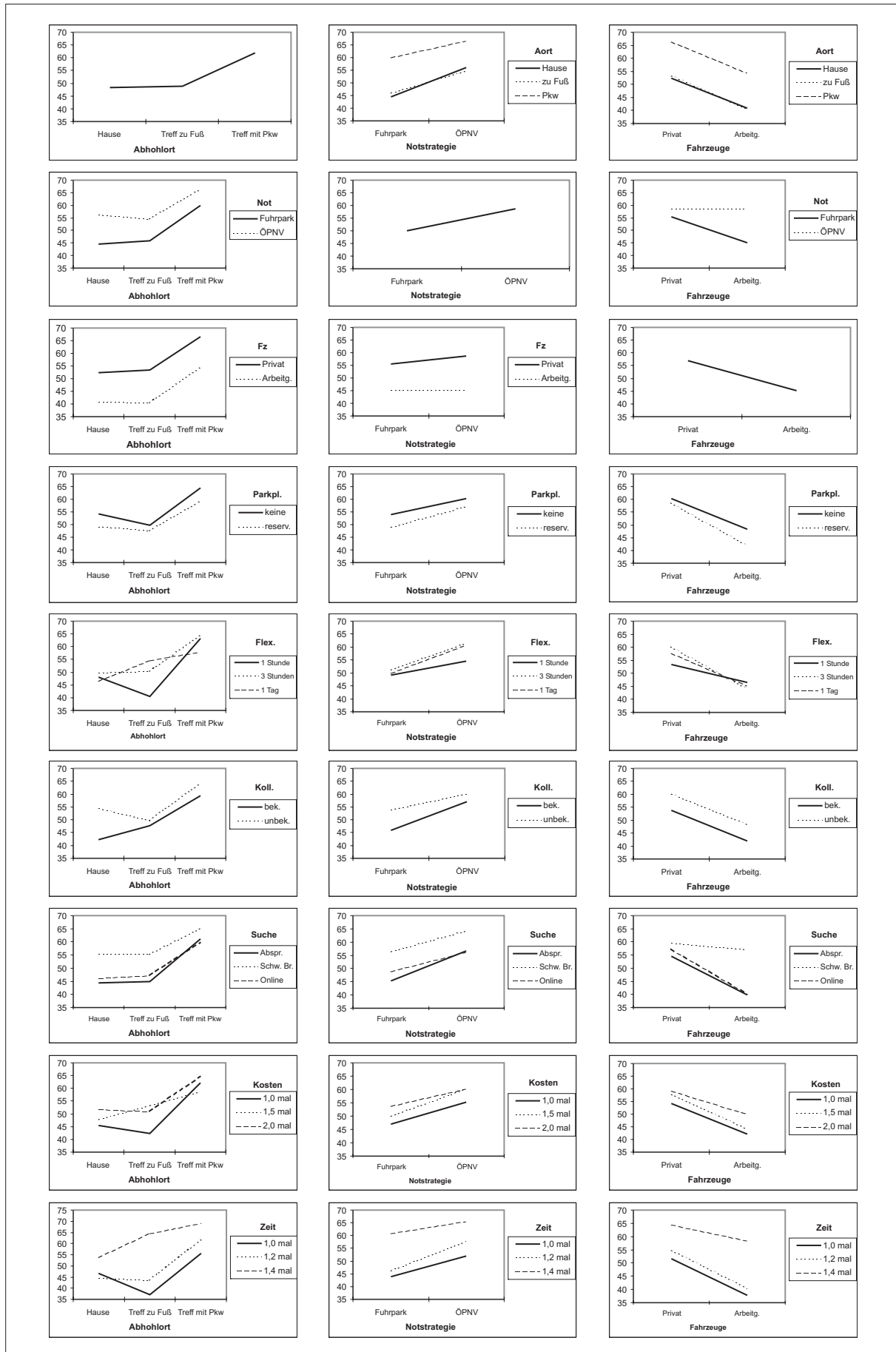


Abbildung C.1: Marktanteile Pkw, Teil 1



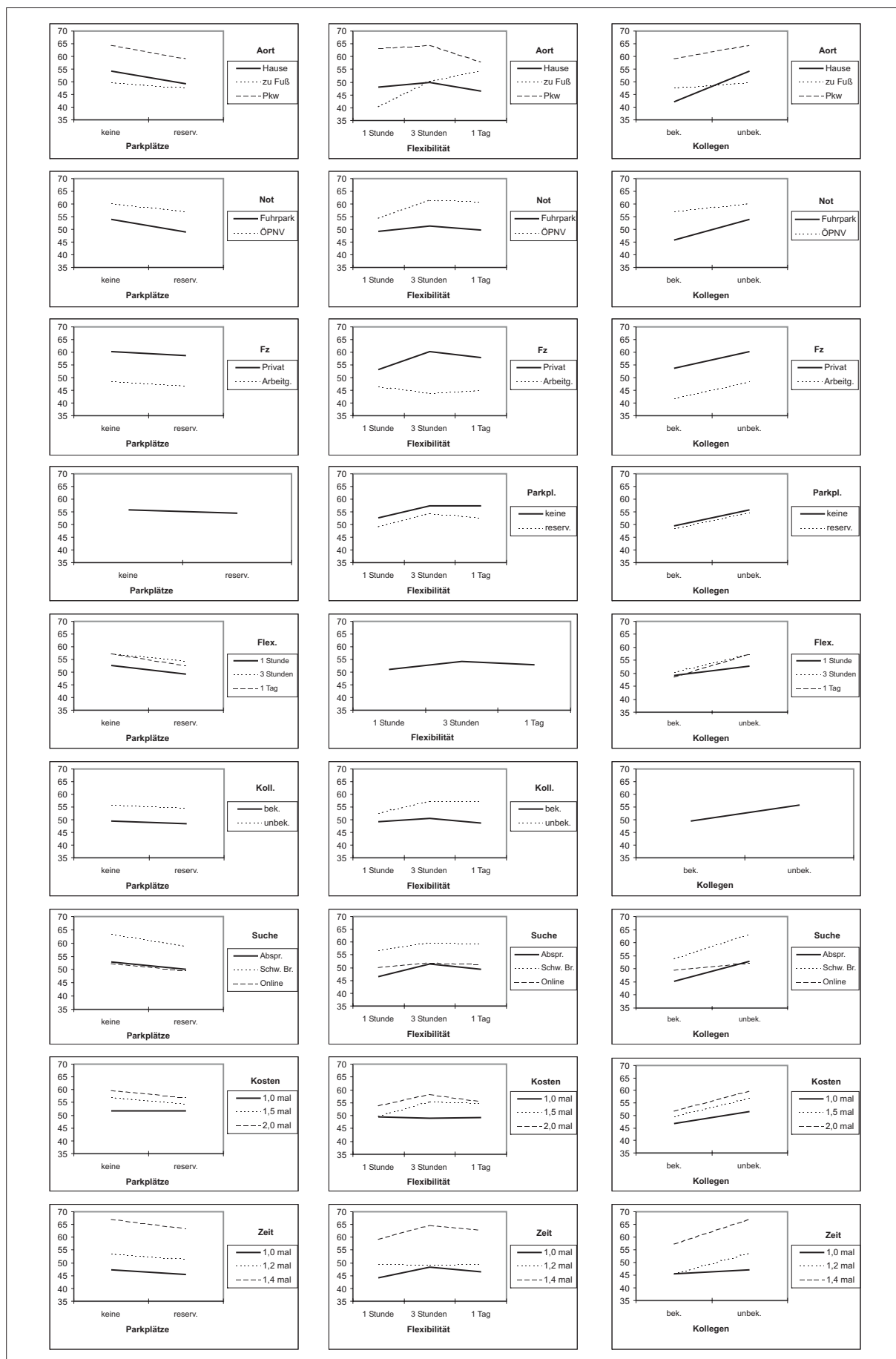


Abbildung C.2: Marktanteile Pkw, Teil 2

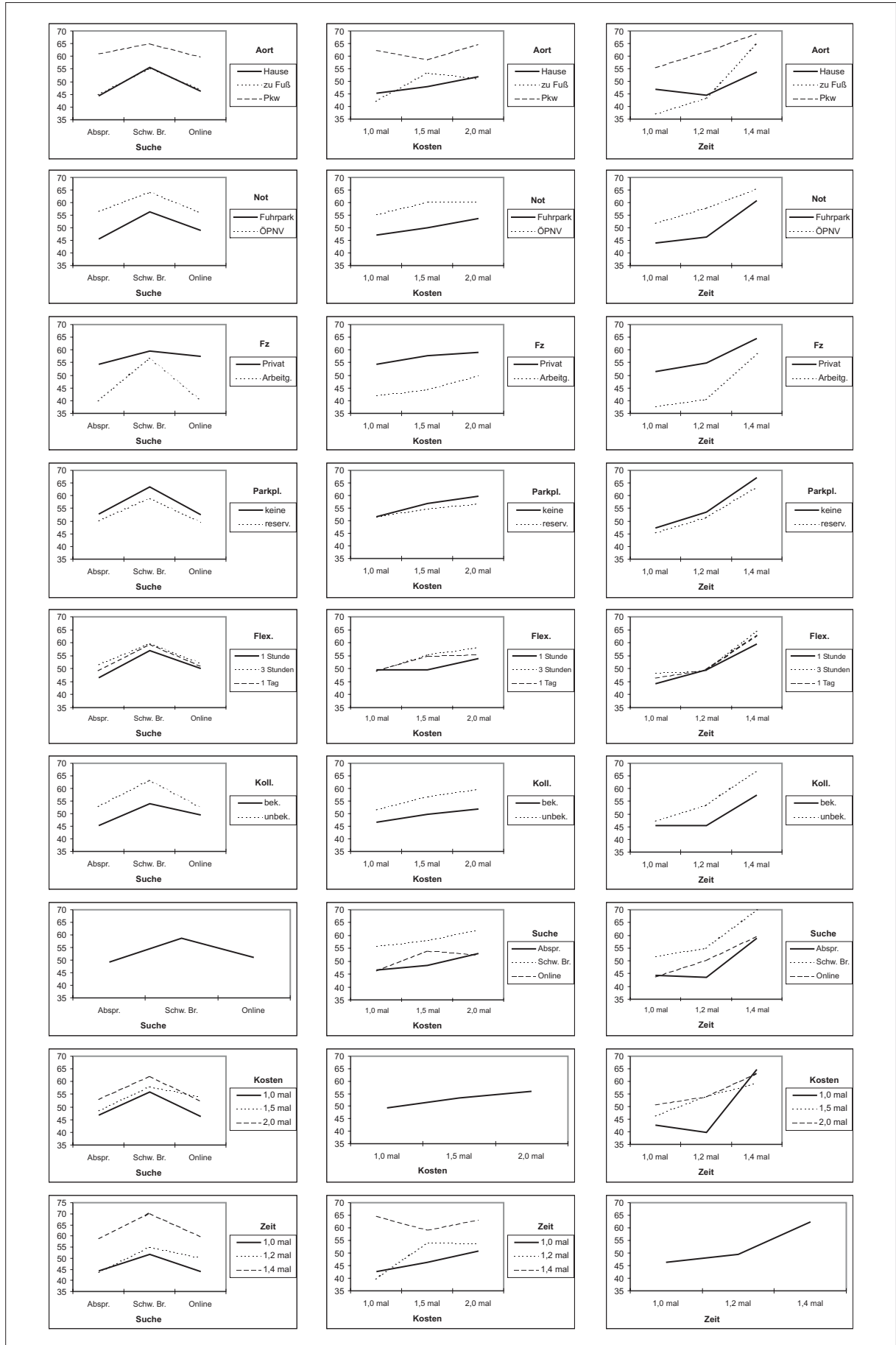


Abbildung C.3: Marktanteile Pkw, Teil 3