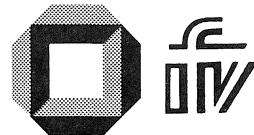


Volker Waßmuth

**Modellierung der Wirkungen
verkehrsreduzierender
Siedlungskonzepte**

INSTITUT FÜR VERKEHRSWESEN
UNIVERSITÄT KARLSRUHE (TH)
PROFESSOR DR.-ING. D. ZUMKELLER



Schriftenreihe Heft 60/01 ISBN 3-9804741-5-1

© 2001 Institut für Verkehrswesen
Universität Karlsruhe (TH)
ISBN 3-9804741-5-1
ISSN 0341 – 5503
Alle Rechte vorbehalten
Herausgeber und Vertrieb:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Zumkeller
Institut für Verkehrswesen
Universität Karlsruhe (TH)
Kaiserstraße 12, Postfach 69 80
D-76128 Karlsruhe
Telefon: (07 21) 6 08-22 51
Telefax: (07 21) 6 08-80 31

Kurzfassung

Waßmuth, Volker

Modellierung der Wirkungen verkehrsreduzierender Siedlungskonzepte

158 Seiten, 63 Abbildungen, 19 Tabellen

Eine offene Frage bei der Beurteilung von verkehrsbeeinflussenden Siedlungskonzepten wie autofreiem oder autoarmem Wohnen stellt die Änderung der Verkehrs nachfrage der betroffenen Bevölkerung dar. In dieser Arbeit wird untersucht, welche Auswirkungen autoarme Planung auf das Verkehrsverhalten der Bevölkerung hat. In einer Literaturanalyse werden sowohl städtebauliche Konzepte als auch Methoden zur Messung von Verkehrsverhaltensänderungen vorgestellt. Aufbauend auf den Erkenntnissen der Literatur wurde ein Modellierungsansatz entwickelt, mit dem berichtetes Verhalten aus einer Vorher-Untersuchung so reorganisiert werden kann, dass die Änderungen in der Zielwahl und der Verkehrsmittelwahl nicht nur aggregiert, sondern auf jeden einzelnen Weg bezogen dargestellt werden. Ausgehend von herkömmlichen mikroskopischen Verkehrs nachfragemodellen wurde das erarbeitete Modellkonzept operationalisiert und mit Hilfe der empirischen Daten des deutschen Mobilitätspanels validiert.

Das entwickelte Reorganisationsmodell ist nicht nur zur Beurteilung der Auswirkungen autoarmer Planungen geeignet, sondern kann darüber hinaus generell zur Verbesserung von Verkehrs nachfragemodellen beitragen und ist somit vielseitig zur Beurteilung von Maßnahmewirkungen einsetzbar. Insbesondere die Simulationsmodule Zielwahl und Verkehrsmittelwahl enthalten Modellverbesserungen, die in herkömmlichen Nachfragemodellen einsetzbar sind. Dabei konnte die intrapersonelle Auswertung der Längsschnittdaten des deutschen Mobilitätspanels zu einer Erhöhung der Aussagekraft des Modells verwendet werden.

Das entwickelte Modell wurde an einem autoarmen Gebiet, dem Französischen Viertel in Tübingen, getestet. Die zur Verfügung stehenden Erhebungsdaten aus Tübingen wurden zu diesem Zweck durch Daten aus dem deutschen Mobilitätspanel ergänzt. Zur Anwendung des Modells wurde das Stadtgebiet von Tübingen sowohl hinsichtlich verkehrlicher als auch struktureller Aspekte analysiert und erfasst. Für jeden Weg im Verlauf einer Woche einer Person über 10 Jahren in einem untersuchten Haushalt wurden mögliche Änderungen in der Ziel- und in der Verkehrsmittelwahl analysiert und, wenn ein Änderungspotenzial identifiziert wurde, eine Simulation durchgeführt.

Dabei wurde festgestellt, dass bei dem größten Teil der Wege eine Änderung durch die Maßnahme nicht möglich ist. Das liegt daran, dass ein Großteil der untersuchten Bevölkerung, Wohnungskäufer in dem Tübinger Gebiet, bereits am alten Wohnort einen entsprechend autoarmen Mobilitätsstil aufweist, der gerade zur Entscheidung für den neuen Wohnstandort geführt hat. Es kann also konstatiert werden, dass die Maßnahmen dem Verkehrsverhalten der interessierten Bewohner entgegenkommen und daher nur begrenzte Verhaltensänderungen unter Maßnahmebedingungen zu erwarten sind. Das berichtete Mobilitätsverhalten ist so komplex und vielfältig, dass die Maßnahme nur bei einem Teil der Aktivitätsmuster wirksam sein kann. Die Vorteile autofreier oder autoarmer Gebiete liegen in der Verbesserung der Lebenssituation der Bewohner und weniger in der Möglichkeit der Verkehrsverhaltensbeeinflussung.

Abstract

Wassmuth, Volker

Modelling the impacts of car-reduced planning

158 pages, 63 figures, 19 tables

An unanswered question in the field of the evaluation of car-reduced planning are the impacts on the travel behaviour of the concerned population. Car-reduced planning can be implemented in various ways, like "car-free living", i.e. no parking areas for the inhabitants, or "car-reduced-living", i.e. the mix of uses in the quarter people live in, parking only on the border of the quarter and sustainable land use by using brownfield areas. In this paper the changes of travel demand caused by car-reduced-living was examined. The literature review contains both urban planning concepts and methods for modelling travel demand. Based of the findings from the literature a model was designed which allows to reorganise empirical travel behaviour in a way such that changes in destination choice and mode choice could be shown not only on an aggregated level but even on the microscopic level for every single activity. On the basis of established microscopic demand models this model was implemented and validated using the data of the German Mobility Panel ("Deutsche Mobilitätspanel").

The developed reorganisation model is not restricted to the evaluation of car-reduced living, but can be applied to a wide range of questions concerning the assessment of measures. Especially the modules for destination choice and mode choice contain improvements which could be used in established travel demand models as well. The intrapersonal data of the German Mobility Panel could be used to increase the quality of the model.

The developed model was used for the examination of the "Franzoesische Viertel" in Tuebingen, the up-to-now biggest car-reduced area in Germany. The existing data from a household-survey from Tuebingen was supplemented by data of similar households from the German Mobility Panel. For this examination structural data like opportunities for activities and mobility like mode-specific impedance matrices of the complete urban area of Tuebingen was gathered and analysed. For every activity during the week of every examined person older than 10 years possible changes in destination and mode choice were investigated and, if a possible change was detected, a simulation was performed.

The first result of this examination is that for most activities and trips no changes caused by the measure are to be expected. The reason for this is the car-reduced mobility style of the most of the future inhabitants of the car-less area. That mobility style is practised even on their old residence under car orientated conditions, and that is why these households have chosen the special area to live in. The sample is not representative but a very special "car-reduced-sample". It could be concluded that car-reduced or car-free urban planning is adapted to the travel behaviour of the potential inhabitants and therefor only few changes in travel behaviour can be expected. Reported travel behaviour is so complex that only few trips and activities are concerned by such a measure. The main advantages of car-free or car-reduced planning are not in the possible changes of the travel behaviour, but much more in improving of the living situation of car-free or car-reduced people.

Modellierung der Wirkungen verkehrsreduzierender Siedlungskonzepte

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

DOKTOR-INGENIEURS

von der Fakultät für
Bauingenieur- und Vermessungswesen
der Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH)
genehmigte

DISSERTATION

von
Dipl.-Ing. Volker Waßmuth
aus Gießen

Tag der mündlichen Prüfung: 21. November 2001

Hauptreferent: Prof. Dr.-Ing. D. Zumkeller
Korreferent: Prof. Dr. sc.techn. B. Scholl

Karlsruhe 2001

Vorwort

Städtebauliche Konzeptionen und menschliches Mobilitätsverhalten gehören zwar untrennbar zusammen, die gegenseitigen Abhängigkeiten sind aufgrund von grundlegenden Unterschieden in den erforderlichen Betrachtungsebenen jedoch nur sehr schwer zu quantifizieren. Die vorliegende Arbeit, gleichzeitig meine Dissertation an der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Universität Karlsruhe (TH), stellt einen Versuch dar, mit verkehrsplanerischen Modellvorstellungen die Einflüsse eines speziellen Wohnumfeldes zu bestimmen.

Bei der rückblickenden Betrachtung auf die Entwicklung einer Dissertation wird die Beteiligung vieler Menschen ersichtlich, die zum erfolgreichen Abschluss der Arbeit beigetragen haben. Allen diesen Personen möchte ich an dieser Stelle herzlich danken.

Der größte Dank gebührt sicherlich meinem Hauptreferenten, Herrn Prof. Dr.-Ing. Dirk Zumkeller, der über fünf Jahre hinweg die Entstehung der Arbeit begleitet und betreut hat und mir den Mut gegeben hat, einen neuartigen methodischen Weg zu gehen. Dem Leiter des Instituts für Städtebau und Landesplanung der Universität Karlsruhe, Herrn Prof. sc. techn. Bernd Scholl, möchte ich danken für die Unterstützung und die Übernahme des Korreferates einer Arbeit, die sich nicht so intensiv mit städtebaulichen Fragestellungen befasst wie man aufgrund des Titels erwarten würde.

Eine Arbeit, die im Rahmen einer wissenschaftlichen Tätigkeit, hier am Institut für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe, entstanden ist, ist immer ein wenig die Arbeit des ganzen Instituts. Aus diesem Grund möchte ich mich bei allen Kolleginnen und Kollegen bedanken, die direkt oder indirekt z.B. durch Entlastung in der Lehre, am Abschluss dieses Vorhabens ihren Anteil haben. Ohne die Leistung der anderen abwerten zu wollen, möchte ich mich im besonderen Maße bedanken bei Peter Vortisch für die unermüdliche Unterstützung bei allgemeinen Modellierungsfragen, bei Dr.-Ing. Bastian Chlond für die durch verschiedene Projekte induzierten Diskussionen über Mobilitätsverhalten, die zu grundlegenden Annahmen dieser Arbeit geführt haben und bei Wilko Manz für die unzähligen Stunden der inhaltlichen Modelldiskussion und die vielen guten Hinweise und Anmerkungen.

Es ist mir ein besonderes Anliegen mich auch an dieser Stelle für die Unterstützung bei meiner Frau Britta zu bedanken, zum einen für die konkrete Beteiligung an der Arbeit in Form von zahlreichen Korrekturen und inhaltlichen Anregungen, zum anderen für das nicht immer einfach Mittragen des Vorhabens. Zu guter Letzt möchte ich mich bei meinen Kindern Tabea und Bjarne bedanken, die ungefragt die zusätzliche Belastung erduldet und auf ihre ganz besondere Art zum erfolgreichen Abschluss beigetragen haben.

Karlsruhe, im November 2001

Volker Waßmuth

Begriffsbestimmungen / Glossar

Reorganisation: Beurteilung der maßnahmenbedingten Verhaltensänderung basierend auf realisiertem Verhalten von Personen und Haushalten. Unter „ceteris-paribus“ Bedingungen werden sämtliche verhaltensrelevanten Kenngrößen, die nicht durch die Maßnahme betroffen sind, konstant belassen. Als Ergebnis stehen intrapersonelle Mit-Ohne-Vergleiche zur Verfügung.

Aktivitätsgruppe: Durch das Erhebungsdesign bestimmte Klassifizierung der am Zielort durchgeführten Handlung in diskreter Einteilung („Wohnen“, „Arbeit“, „Einkauf“, Freizeit“ usw.)

Ausgang: Menge außerhäusiger Aktivitäten, die zwischen zwei Aufenthalten in der eigenen Wohnung liegen.

Aktivitätspol: Räumlicher Schwerpunkt des individuellen Mobilitätsgeschehens, der die Zielwahl weiterer Aktivitäten bestimmt. Neben der Wohnung zählt der Arbeits- und der Ausbildungsplatz zu den individuellen Aktivitätspolen.

Nebenaktivität: Jede Aktivität, die nicht an einem *Aktivitätspol* durchgeführt wird. Zu den Nebenaktivitäten zählen Einkauf, Freizeit, Service und dienstliche Wege.

Segment: Teileinheit des *Ausgangs*, umfasst einen oder mehrere Wege sowie keine, eine oder mehrere Aktivitäten zwischen zwei *Aktivitätspolen*.

Basis-Segment: Ein *Segment*, das lediglich aus einem Weg zwischen zwei *Aktivitätspolen* besteht (z.B. W – A).

α-Segment: Ein *Segment*, das an dem gleichen *Aktivitätspol* beginnt und endet (z.B. W- Ek-W)

β-Segment: Ein *Segment*, das an einem *Aktivitätspol* beginnt, an einem anderen *Aktivitätspol* endet und eine oder mehrere *Nebenaktivitäten* beinhalten. (z.B. W – Ek – A)

Aktivitätsballung: Gruppierung mehrerer Aktivitäten, die aufgrund der geringen dazwischen liegenden Entfernung (≤ 500 m) einem Ziel zugeordnet werden können.

übergeordnete Aktivität: Diejenige Aktivität einer *Aktivitätsballung*, die die Zielwahl bestimmt. Sind keine *Aktivitätspole* in der *Aktivitätsballung*, so wird die *Aktivität* mit der längsten Aktivitätsdauer zur übergeordneten Aktivität.

untergeordnete Aktivität: Diejenige(n) *Aktivität(en)* einer *Aktivitätsballung*, die an *übergeordnete Aktivitäten* angehängt sind (z.B. Bäckerbesuch vor der Arbeit) und somit nicht für die Zielwahl relevant sind.

Aktivitätsuntergruppe: Unterteilung der *Aktivitätsgruppen* in feinerer Auflösung aufgrund der spezifischen räumlich-zeitlichen Ausprägung des Weges sowie der Soziodemografie des Handelnden (Bsp.: „Freizeit“ wird zu „Kirche“, „Lokalbesuch“ o.ä.) unter Verwendung fester Algorithmen.

Inhaltsverzeichnis

1 Problem- und Aufgabenstellung	1
2 Überblick über verkehrsreduzierende Siedlungskonzepte	5
2.1 Nutzungsmischung und Nutzungsdichte	5
2.2 Autoreduzierende Wohnformen	8
2.2.1 Verkehrsberuhigte Bereiche	10
2.2.2 Autofreie Wohngebiete	11
2.2.3 Autoarme Stadtquartiere	18
2.3 Konzepte alternativer Verkehrssysteme	21
3 Verkehrsverhalten als Indikator der Mobilität	30
4 Darstellungsmöglichkeiten von Verkehrsverhaltensänderungen	34
4.1 Messungen.....	37
4.2 Modellrechnungen.....	41
4.3 Methodenauswahl für die gegebene Fragestellung	48
5 Konzeption eines Reorganisationsmodells	53
5.1 Grundlagen des Modells	53
5.1.1 Einteilung in Aktivitätsuntergruppen	55
5.1.2 Einteilung des Aktivitätsablaufs in Segmente	62
5.1.3 Ermittlung disponibler Aktivitäten und Wege	66
5.1.4 Untersuchung von Wegekettenzusammenhängen	67
5.2 Modellierung der Zielwahl	71
5.2.1 Beschreibung des Zielwahlmodells	72
5.2.2 Validierung und Kalibrierung des simulationsrelevanten Widerstands	75
5.2.3 Simulation der Ausgangslage	80
5.2.4 Ermittlung disponibler Ziele	80
5.2.5 Simulation der Zielwahländerungen	82
5.3 Modellierung der Verkehrsmittelwahl	84
5.3.1 Theoretischer Modellkern	85
5.3.2 Beschreibung des Vorgehens	91
5.3.3 Identifikation der Änderungsmöglichkeiten	94
5.3.4 Simulation der Verkehrsmitteländerungen	94
5.3.5 Änderung im Pkw-Besitz	98
5.4 Gesamtdarstellung des Modells und Implementierung	98
6 Anwendungsfall „autoarmes Stadtquartier“	102
6.1 Vorstellung des Untersuchungsgebietes.....	102
6.2 Projektplanungen	105
6.3 Beschreibung der Datenquellen.....	111
6.4 Modellanpassung	122
6.4.1 Kalibrierung der Zielwahl	123
6.4.2 Kalibrierung der Verkehrsmittelwahl	124
6.5 Erweiterung des Datenbestandes	125
6.6 Simulationsdurchführung	127

6.7 Variation der Eingangsparameter	131
6.8 Beurteilung der Simulationsergebnisse.....	136
7 Gesamtbeurteilung verkehrsreduzierender Siedlungskonzepte	138
7.1 Vergleich zwischen autoarmen und autofreien Planungen	138
7.2 Szenarienanalyse.....	139
7.3 Rahmenbedingungen der Planungen	144
8 Einsatzmöglichkeiten des Simulationsmodells	146
8.1 Nutzung für die Beurteilung autoärmer Quartiere	146
8.2 Einsatzmöglichkeiten des Reorganisationsansatzes	146
8.3 Empfehlungen für die Modellierung der Verkehrs nachfrage.....	148
9 Literaturverzeichnis	150

1 Problem- und Aufgabenstellung

Das Verkehrsgeschehen in einer Stadt resultiert aus der städtebaulichen Konzeption. Die Einrichtung und Gestaltung von Verkehrsinfrastruktur steht im direkten Zusammenhang zur funktionalen Gliederung der Stadt. Dabei ist jede Stadt aufgrund unterschiedlicher Historie sowie geografischer und sozialer Struktur einzigartig. Dies führt zu der Forderung, dass die städtebauliche Planung und die Verkehrsplanung für jede Stadt ebenfalls einzigartig sein muss, bzw. nicht im ganzen von einer Stadt auf die nächste Stadt übertragen werden kann. Dennoch gab und gibt es immer städtebauliche und verkehrsplanerische Leitbilder, die die Planungen in bestimmten Zeitabschnitten bestimmt haben bzw. bestimmen. Während z.B. zur Zeit des Wiederaufbaus in Deutschland in den fünfziger und sechziger Jahren dieses Jahrhunderts städtebaulich eine gegliederte und aufgelockerte Stadt angestrebt wurde und dafür sog. Trabantenstädte im Umland errichtet wurden, wird in den letzten Jahren die Innenentwicklung der Städte verstärkt gefördert. Die zugehörigen verkehrsplanerischen Leitbilder haben sich von der „autogerechten Stadt“ zum „stadtverträglichen Verkehr“ gewandelt. Diese „Moden“ der Planung beruhen einerseits auf gegebenen Voraussetzungen bzw. bestehenden Situationen und Mängeln, andererseits auf allgemeinen gesellschaftlichen Situationen. So entwickelten sich Leitbilder der Nachkriegszeit vielfach aus einer allgemeinen Wachstumseuphorie und der zunehmenden Motorisierung, während die aktuellen Leitbilder von zunehmendem Umweltbewusstsein geprägt sind. Trotz dieses Umweltbewusstseins zeigen die Entwicklungen im Verkehrssektor der letzten Jahre immer noch eine andere Richtung. CHLOND [1996] zeigt, dass die Zunahme des Verkehrsaufkommens auf eine verstärkte Ausrüstung der sozial schwächeren Haushalte mit privaten Pkw zurückzuführen ist.

Der sogenannte Modal Split, die prozentuale Aufteilung der einzelnen Wege auf die Verkehrsmittel, verdeutlicht die Dominanz des motorisierten Individualverkehrs (MIV). Abbildung 1-1 zeigt für verschiedene Entfernungsklassen die jeweilige Aufteilung auf die relevanten Verkehrsmittel.

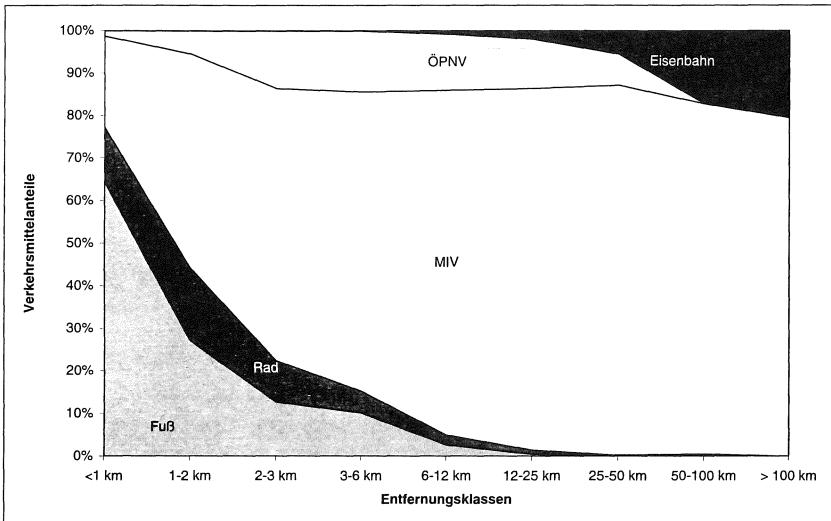


Abbildung 1-1: Modal Split in verschiedenen Entfernungsklassen; [eigene Darstellung, Daten: deutsches Mobilitätspanel 1997]

Während im Nahbereich (weniger als 1 km) die Anteile der nicht-motorisierten Verkehrsmittel nahezu 80% betragen, nimmt die Bedeutung des MIV bereits bei Entfernungen von einem bis zu zwei Kilometern deutlich zu. Zu erkennen sind die typischen Einsatzfelder der Verkehrsmittel. Zu-Fuß-Gehen und das Fahrrad als nicht-motorisierte und damit von menschlicher Anstrengung abhängige Verkehrsmittel beschränken sich hauptsächlich auf den erweiterten Nahbereich (bis ca. 6 km). Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) ist besonders in innerstädtischen Bereichen attraktiv. Aufgrund relativ hoher Zugangswiderstände nimmt die Bedeutung des ÖPNV erst bei Strecken größer als zwei Kilometer zu. Der MIV hat gegenüber anderen Verkehrsmitteln einige Vorteile. In erster Linie vermeidet der Einsatz als Individualverkehrsmittel Verluste, die durch die Zusammenführung mehrerer Fahrgäste in Form von Zugangs-, Umsteige- und Wartezeiten entstehen. Der Pkw ist zeitlich und räumlich flexibel und bietet eine hohe Reisegeschwindigkeit und einen hohen Komfort. Neben den objektiven Vorteilen der kurzen Reisezeit spielen bei der Verkehrsmittelwahl in hohem Maße subjektive Kriterien eine Rolle. So wird ein privater Pkw häufig als Statussymbol gesehen, der Macht und Reichtum suggeriert (zum individuellen Entscheidungsverhalten im Personenverkehr vgl. GORR [1997]). Zudem werden die Kosten, die durch den Besitz und die Nutzung eines privaten Pkw entstehen in vielen Fällen unterschätzt, da der Großteil der Kosten nicht in der Verbindung mit einzelnen Fahrten entsteht, sondern nur bedingt nutzungsabhängig auftritt (Anschaffung, Reparatur, Treibstoff usw.).

Diese Aspekte führen dazu, dass ein privater Pkw auch dann eingesetzt wird, wenn die Nutzung anderer Verkehrsmittel möglich oder sogar aus objektiven Kriterien sinnvoller wäre. Dabei ist jedoch zu betonen, dass der Verkehr im Allgemeinen und der motorisierte

Individualverkehr im Speziellen nicht als Feindbild der Gesellschaft angesehen werden darf. Vielmehr setzt sich das Verkehrsaufkommen aus dem Wunsch einzelner Personen nach Ortsveränderung zusammen. Der private Pkw ist ein sinnvoller Teil des Verkehrsmittelspektrums. Ziel der Planung muss sein, die menschliche Mobilität umweltverträglich zu gestalten. Voraussetzung für eine ökologisch orientierte Abwicklung der Mobilität ist ein sinnvoller Einsatz des entsprechend der Situation erforderlichen Verkehrsmittels. Daher ist es Ziel der Planung, den Verkehr

- a) zu vermeiden (indem unnötige Strecken, z.B. durch wohnungsnahe Infrastruktur, entfallen),
- b) zu verlagern (indem umweltfreundlichere Verkehrsmittel gefördert werden) und
- c) verträglicher zu gestalten (indem sensible Bereiche von störenden Einflüssen geschützt werden).

Eine ausführlichere Darstellung dieser Zusammenhänge findet sich z.B. bei RETZKO [1995].

In diesem Zusammenhang sind neben verkehrsplanerischen Maßnahmen (z.B. durch Förderung umweltverträglicher bzw. umweltverträglicherer Verkehrsmittel) städtebauliche Konzepte gefragt. Siedlungsstrukturelle Konzepte können dafür sorgen, dass Entfernungen zu Zielen verkürzt werden und somit eine umweltverträglichere Verkehrsmittelwahl stattfinden kann. Zudem sind in Kombination von verkehrsplanerischen und städtebaulichen Maßnahmen Konzepte denkbar, die die Vorteile der Verkehrsmittel des Umweltverbundes betonen.

Zu diesen Themenkomplexen sind eine Vielzahl an Veröffentlichungen erschienen, die sich mit Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Verkehrsnachfrage beschäftigen. Eine Quantifizierung der Maßnahmewirkung fehlt jedoch häufig. In der vorliegenden Arbeit soll versucht werden, die Auswirkungen eines verkehrsreduzierenden Siedlungskonzeptes auf die Verkehrsnachfrage zu quantifizieren. Dabei konzentriert sich die Betrachtung auf wohnumfeldnahe Planung. Die zur Quantifizierung zu verwendende Methode muss zu diesem Zweck so ausgewählt werden, dass in erster Linie Maßnahmewirkungen erkannt werden können.

Zu Beginn dieser Arbeit werden verschiedene, als verkehrsreduzierend erachtete, Konzepte näher vorgestellt. Vor der Auswahl der Beurteilungsmethode werden die grundsätzlich zur Abschätzung von Verkehrsnachfrageänderungen möglichen Vorgehensweisen erläutert. Die gewählte Quantifizierungsmethode wird im Anschluss an die Anforderungen der Fragestellungen angepasst. Das entwickelte Modell wird an einem Untersuchungsgebiet getestet.

Eine umfassende Beurteilung spezieller siedlungskonzeptioneller Maßnahmen mit quantitativen Kenngrößen ist nicht möglich. Städtebauliche Konzepte beruhen hauptsächlich auf subjektiven Änderungen. Änderungen in der Verkehrsnachfrage sind bei diesen Konzepten kein primäres Planungsziel. Da jedoch häufig über die Quantität von kurzfristigen Verhaltensänderungen aufgrund spezifischer Maßnahmen spekuliert wird, ist es erforderlich

auch diesen Aspekt wissenschaftlich zu untersuchen. Dabei stellen die in der vorliegenden Arbeit behandelten kurzfristigen Verkehrsverhaltensänderungen nur einen Ausschnitt aus dem Gesamtspektrum der möglichen Beurteilungskriterien dar.

2 Überblick über verkehrsreduzierende Siedlungskonzepte

Der Begriff der „verkehrsreduzierenden Siedlungskonzepte“ ist vielschichtig. In den letzten Jahren wurden große Anstrengungen unternommen, die relevanten Wechselwirkungen zwischen der Stadtstruktur und dem resultierenden Verkehrsgeschehen analysieren zu können. Verwiesen sei an dieser Stelle u.a. auf die Forschungsfelder „Nutzungsmischung im Städtebau“ und „Städtebau und Verkehr“ im ExWoSt¹ – Programm des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (jetzt: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen).

Ein Überblick über verschiedene Maßnahmen und Konzepte findet sich u.a. bei SCHMID [1998] und bei PISCHNER und SCHAAF [1998]. Die Analyse der relevanten Literatur beschränkt sich aufgrund der Komplexität auf die Komponenten, die einen direkten Bezug zum untersuchten Projekt haben. Daher wird das Augenmerk auf die Nutzungsmischung bzw. Nutzungsdichte und verschiedene Formen der auto-reduzierenden Wohnformen gelegt. Auf den Aspekt autofreier bzw. autoarmer Innenstädte wird in dieser Arbeit nicht eingegangen.

2.1 Nutzungsmischung und Nutzungsdichte

Eine Basis für die Gestaltung neuer Stadtteile stellen vielfach die Konzepte der Nutzungsmischung und der Nutzungsdichte dar.

Unter Nutzungsmischung wird eine (möglichst optimierte) Verteilung der unterschiedlichen Nutzungsfunktionen menschlicher Aktivitäten im Alltag (Arbeiten, Wohnen, sich Erholen, Bilden, Einkaufen) in **einem** Gebiet verstanden.

Dabei knüpft die Nutzungsmischung an mittelalterliche Stadtstrukturen an, bei denen nahezu alle Nutzungen auf engem Raum vereint waren. Die im Zuge der Industrialisierung aufgekommenen Großbetriebe erforderten jedoch eine Trennung der verschiedenen Nutzungen. Reinhard Baumeister trennte 1876 die Stadt in die Teile Kern, Industrie und Wohnen. 1933 wurde in der sogenannten Charta von Athen den Funktionen Wohnen, Arbeiten, sich Erholen und sich Bewegen entscheidende Bedeutung für den Städtebau beigemessen und jede Funktion auf ein Stadtviertel verwiesen. Die Nutzungstrennung wurde zum städtebaulichen Ziel. Die heute häufig kritisierte Charta von Athen war aus damaliger Sicht unter Berücksichtigung der Wirtschaftsstruktur zum Schutz des Wohnumfeldes erforderlich. Erst die in den vergangenen Dekaden vollzogene radikale Veränderung der

¹ ExWoSt = Experimenteller Wohnungs- und Städtebau; ein Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau (jetzt Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen) betreut von der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (jetzt: Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung).

Wirtschaftsstruktur (Übergang vom sekundären zum tertiären Sektor) ermöglicht es, nutzungsgemischte Strukturen einzurichten.

Von einer solchen Nutzungsmischung kann ein Beitrag zur Reduktion von Fahrten mit motorisierten Verkehrsmitteln dadurch erwartet werden, dass mehr "Gelegenheiten" oder "Ziele" des Alltags über kurze Entfernnungen und damit zu Fuß oder mit dem Fahrrad erreichbar sind. So können nutzungsgemischte Strukturen zu einer Reduktion der Verkehrsleistung, insbesondere im motorisierten Verkehr, beitragen.

Unter Betrachtung des Berufsverkehrs mit dem Ziel "zur Arbeit" als den kritischen Verkehrsanteil der Spitzentunden kann gezeigt werden, dass motorisiertes Quell- und Zielverkehrsaufkommen bei einer optimierten Nutzungsmischung zwischen Wohnen und Arbeiten minimiert werden kann. Abbildung 2-1 zeigt die Schnittkurve aus dem Zielverkehr eines Gebietes (ausgelöst durch die Anzahl der Beschäftigten B_{fr}) und des Quellverkehrs eines Gebietes (ausgelöst durch die Anzahl der Erwerbstätigen ET_{wfr}). Das optimale Maß für eine Nutzungsmischung liegt bei $B_{fr} : ET_{wfr} = 1,0$

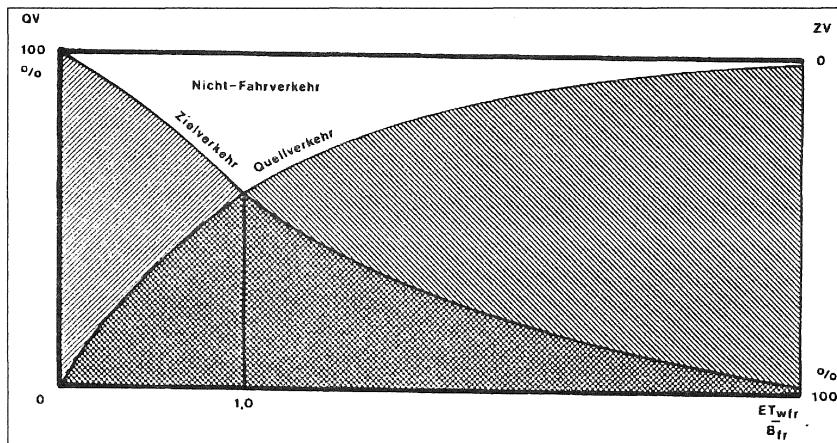


Abbildung 2-1: Optimiertes Verhältnis der Nutzungsmischung [FRANZ, ISNENGHI 1990, S. 6]

Das Verkehrsaufkommen ist in Abhängigkeit der Nutzungszuordnung und -mischung unterschiedlich hoch. Bei ungünstigen Strukturen kann das motorisierte Verkehrsaufkommen drei bis vier mal so hoch sein wie bei günstigen Strukturen [FRANZ, ISNENGHI 1990]. Auch HOLZ-RAU, KUTTER [1995] kommen zu dem Ergebnis, dass bei einer "ausgewogenen" Mischung von Wohnen und Arbeiten der Verkehrsaufwand je Arbeitsverhältnis am geringsten ist.

Derartige positive Effekte der Nutzungsmischung sind jedoch von bestimmten weiteren Randbedingungen abhängig:

- Eine Zuordnung der Arbeitsplätze eines Gebiets zu genau den zugehörigen Anwohnern wird in einer zunehmend differenzierten Gesellschaft relativ unwahrscheinlich und nur für Nutzungsmischungen in großräumigen Gebieten möglich.
- Eine Zuordnung von Einkaufsgelegenheiten für den Alltag muss vom Angebot und den Preisen her für die Anwohner akzeptabel sein. Für einen positiven Effekt sind also bestimmte "Eigenschaften" der Gelegenheiten erforderlich (z.B. Mindestgröße und -qualitäten).
- Die Nutzungsmischung muss sich auch an den (zunehmenden) Bedürfnissen in der Freizeit orientieren, gerade in diesem Bereich hat der Verkehrsaufwand bereits den der täglichen Pendelwege überschritten. Eine Nutzungsmischung von Wohnen, Arbeiten und Freizeit verursacht bei Dienstleistungsbetrieben i.d.R. weniger Konflikte, als bei Handwerksbetrieben oder solchen des produzierenden Gewerbes, dennoch treten Konflikte auf (z.B. Kundenverkehr).
- Eine Reduktion potentieller Konflikte kann von den Wirkungen der Informations- und Telekommunikationstechniken erwartet werden, wobei bis heute ein empirischer Beweis aussteht.

Empirische Untersuchungen [z.B. HOLZ-RAU, KUTTER 1995] zu den Effekten der Nutzungsmischung verdeutlichen die prinzipiellen Vorteile im regionalen Maßstab: So gibt es Gemeindegrößen und Siedlungsstrukturen, die aufgrund der geringeren Funktionstrennung verkehrsminimierend funktionieren (dezentrale Konzentration in hochverdichteten Regionen, ländliche Räume). Die Ergebnisse der KONTIV-Erhebungen verdeutlichen eine relativ geringe Bedeutung des MIV in kleineren und mittleren Großstädten. Die größeren Distanzen gerade in den kleineren Gemeinden resultieren vor allem aus überdurchschnittlichen Entfernungen im gemeindeübergreifenden Berufsverkehr und einer geringeren Dichte, während in den Großstädten große Distanzen Ergebnis der erheblichen innerstädtischen Entfernungen als Folge der Stadtgröße und des Verkehrsverhaltens in der Freizeit sind. Bezogen auf den Berufsverkehr (Verkehrsaufwand je Arbeitsplatz) ist der Verkehrsaufwand unabhängig von der Gemeindegröße. Wesentlich ist neben dem Aspekt der Nutzungsmischung der Aspekt der Nutzungsdichte. Nur bei einer gleichzeitig hohen baulichen Dichte (ausgedrückt z.B. über die Geschossflächenzahl GFZ) kann sichergestellt werden, dass die gemischten Funktionen sich tatsächlich in Entfernungen befinden, die mit nicht-motorisierten Verkehrsmitteln erreichbar sind, oder dass die Funktionsmischung sogar innerhalb von Gebäuden realisiert werden kann.

Empirische Untersuchungen von HOLZ-RAU, KUTTER [1995] zeigen den Zusammenhang, der sich aus der Siedlungsstruktur und der kleinräumlichen Nutzungsmischung ergibt: Eine Untersuchung unterschiedlich strukturierter Stadtteile in Stuttgart zeigt den Zusammenhang zwischen den kleinräumlichen Strukturen (Art und Dichte der Bebauung und Nutzung) und der resultierenden Verkehrsleistung.

Im Ergebnis trägt eine "ausgewogene Mischung, verträgliche Dichte und hohe Wohn- und Freiraumqualität" [HOLZ-RAU, KUTTER 1995 S. 50] zur Verkehrsvermeidung und verkehrsparsamen Alltagsorganisation bei. Diese notwendigen Bedingungen liegen prinzipiell in den klassischen Gründerzeitquartieren der Großstädte vor: Mit einer vier- bis fünfgeschossigen Blockrandbebauung und Geschossflächenzahlen von zwei bis drei und einer vielfältigen Zuordnung unterschiedlicher Nutzungen in üblicherweise aber nicht zwangsläufig zentrumsnaher Lage werden die gewünschten Effekte erzielt.

Kritisiert wird bei nutzungsgemischten Planungen häufig, dass in einer hochmobilen und hochflexiblen Gesellschaft eine Verknüpfung von „Wohnen“ und „Arbeiten“ zu keiner langfristigen Verkehrsvermeidung führt, da es zu häufig zu einem Arbeitsplatzwechsel kommt (z.B. in GRUND [1997]). Hierbei werden jedoch die Vorteile der Nutzungsmischung auf die Vermeidung der Wege zum Arbeitsplatz reduziert. Durch Nutzungsmischung entstehen jedoch auch Vorteile für andere Wegezwecke. Die Ansiedlung von Dienstleistungsbetrieben erzeugt Kundenverkehr, von denen ein Teil aus den im umliegenden Gebiet lebenden Haushalten rekrutiert werden kann. Das Ausmaß der Beteiligung ist branchenabhängig. So ist davon auszugehen, dass z.B. Lebensmittelhändler einen geringeren Einzugsbereich aufweisen als Anbieter von Produkten die im Lebenszyklus seltener erworben werden, wie z.B. Möbelmärkte. Demnach profitieren nicht nur die Personen, die in der Nähe ihrer Wohnung einen Arbeitsplatz gefunden haben, sondern zusätzlich die Personen die von den Arbeitsplätzen anderer profitieren, indem sie dort einkaufen gehen oder Freizeitaktivitäten nachgehen können (z.B. im Fitnesscenter).

Das Ziel nutzungsmischender Planungen liegt jedoch nicht (nur) in der Reduktion des Verkehrs. Auf die städtebaulichen Wirkungen nutzungsgemischter Strukturen wird bei der Vorstellung des Untersuchungsgebietes näher eingegangen. Dabei ist jedoch zu betonen, dass ein Großteil der Bevölkerung heutzutage eine funktionsgetrennte Wohnlage zu wünschen scheint (ungebrochener Trend zur Suburbanisierung, autoaffine Lebensstile), um die negativen Beeinträchtigungen am eigenen Wohnort möglichst gering zu halten.

2.2 Autoreduzierende Wohnformen

Eine besondere Integration städtebaulicher und verkehrsplanerischer Maßnahmen setzt in der Struktur des Wohnumfeldes in Form von verkehrsreduzierenden Planungen an.

Das Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen [ILS 1995] definiert verschiedene Erschließungsprinzipien in Anlehnung an eine Darstellung der TU Delft wie in Abbildung 2-2 dargestellt.

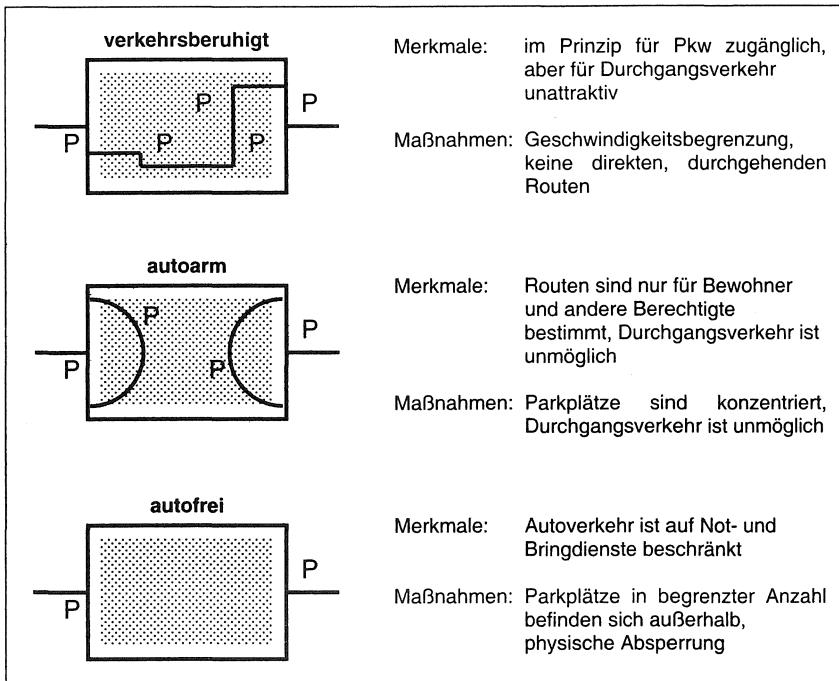


Abbildung 2-2: Erschließungsprinzipien verkehrsberuhigt, autoarm, autofrei [eigene Darstellung nach ILS 1995]

Während verkehrsberuhigte Bereiche in erster Linie ein Mittel zur Straßenraumgestaltung sind, gehen autofreie / autoarme Konzepte darüber hinaus. Bei diesen Konzepten werden Areale in der Größe von 5 ha bis 100 ha nach konkreten Vorgaben beplant. Voraussetzung bzw. Veranlassung für die Umsetzung autoarmer / autofreier Konzepte ist eine innerstadtnahe Lage nach dem Leitbild der Verdichtung nach innen zur Vermeidung weiterer Zersiedelung durch Suburbanisation. Auf die Darstellung dieser Prozesse und städtebaulichen Ziele soll im weiteren weitestgehend verzichtet werden. Vielmehr ist zu betonen, dass die Einrichtung autofreier / autoarmer Gebiete grundsätzlich durch zwei unterschiedliche Entscheidungsabläufe bestimmt sein kann.

Ausgehend von einem städtebaulichen Leitbild der Verdichtung nach innen wird häufig versucht, Siedlungslücken baulich nachzuverdichten. Industriebrachen und ehemals militärische Bereiche bieten in relativ innerstadtnaher Lage die Gelegenheit, neuen städtischen Wohnraum zu schaffen. In der englischen Literatur werden diese Gebiete passend als „brownfield sites“ (Konversionsflächen) im Gegensatz zu „greenfield sites“ (auf der grünen Wiese) bezeichnet. In vielen Gemeinden wird versucht, für diese Konversionsflächen neue Nutzungen zu finden. Ausgelöst durch die Rahmenbedingungen

(zentrale Lage, gute ÖV-Anbindung usw.) ergeben sich Möglichkeiten, diese Gebiete in einer autoreduzierten bzw. autoreduzierenden Form zu gestalten.

Andererseits sind in vielen Städten Bestrebungen zur Errichtung autoreduzierter Gebiete zu beobachten. Ausgangspunkte sind häufig Marktanalysen zu autofreiem bzw. autoarmem Wohnen (z.B. in Köln [MÖLLERS 1998] oder in Bielefeld [STADT BIELEFELD 1999]). Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wird für die relativ konkreten planerischen Vorstellungen ein passendes Areal in dem jeweiligen Stadtgebiet gesucht.

Zu berücksichtigen ist bei jeglicher Form der verkehrsreduzierenden bzw. autoreduzierenden Planung, dass eine Reduktion der Stellplätze nur in Einklang mit der jeweiligen Landesbauordnung möglich ist. Zurückgehend auf die Reichsgaragenordnung aus dem Jahr 1939 wurde bis zur Novellierung der Landesbauordnungen in den neunziger Jahren die Errichtung von Stellplätzen beim Wohnungsbau und bei der Errichtung von Arbeitsplätzen generell vorgeschrieben. Erst mit einer Überarbeitung der Landesbauordnungen wurden Möglichkeiten zur Genehmigung reduzierter Stellplatzzahlen geschaffen. Die Regelungen variieren zwischen den einzelnen Bundesländern zum Teil sehr stark. Dabei sind zum Teil rechtlich komplizierte Konstruktionen erforderlich, um autofreie bzw. autoarme Strukturen mit Hilfe reduzierter Stellplatzziffern einrichten zu können.

Im Einzelnen sind in Abhängigkeit der Rahmenbedingungen vor Ort verschiedene Konzepte zur Reduktion der Stellplatzanzahl denkbar. So kann z.B. beim Nachweis guter ÖV-Anbindung und einer hohen Anzahl autoloser Haushalte in Verbindung mit CarSharing eine reduzierte Stellplatzanzahl erstellt werden. In vielen Fällen (z.B. in Freiburg / Vauban) werden die Flächen für eine eventuell spätere Nachrüstung mit Stellplätzen freigehalten, um gegebenenfalls bei Nicht-Eintreten der Planungsbedingungen das Gebiet konventionell erschließen zu können. Andererseits besteht die Möglichkeit, die Stellplätze durch Zahlung von Geldbeträgen abzulösen. Dies kommt zum Beispiel für Gewerbetriebe in Frage.

Im Folgenden werden die drei unterschiedlichen Gestaltungsformen aus Abbildung 2-2 näher vorgestellt. Auch Kombinationen dieser drei Grundprinzipien sind denkbar und in einigen Planungen bereits verwirklicht worden.

2.2.1 Verkehrsberuhigte Bereiche

In verkehrsberuhigten Bereichen (Zeichen 325/6 StVO) werden alle Verkehrsarten gleichberechtigt, d.h. die Fahrbahn kann von allen Verkehrsteilnehmern genutzt werden und sollte niveaugleich gestaltet sein. Damit ist eine Beschränkung des Fahrzeugverkehrs auf Schrittgeschwindigkeit verbunden. Fußgänger dürfen jedoch den Fahrzeugverkehr nicht unnötig behindern. Aus diesem Grund ist der Begriff der „Spielstraße“, der als Bezeichnung für einen verkehrsberuhigten Bereich weit verbreitet ist, irreführend, da das Spielen auf der Straße zwar möglich ist, Fahrzeugverkehr jedoch ohne Behinderungen passieren können muss.

Die Vorteile der verkehrsberuhigten Bereiche liegen in zwei Aspekten. Zum einen werden die direkten Störungen für die Anwohner gemildert, da das geringe Geschwindigkeitsniveau die Sicherheit und die Aufenthaltsqualität des Straßenraumes verbessert. Andererseits kann ein verkehrsberuhigter Bereich in begrenztem Umfang auf die Verkehrsmittelwahl von Anwohnern, Kunden und Besuchern durch objektive und subjektive Änderung der Verkehrsmittelangebote Einfluss haben. So wird die Reisezeit im MIV durch eine geringere Fahrgeschwindigkeit und eine eventuell längere Parksuchzeit (Stellflächen nur in ausgewiesenen Bereichen) erhöht. Gleichzeitig wird die Nutzung von nicht-motorisierten Verkehrsmitteln (zu Fuß, Fahrrad) durch die geringeren Beeinträchtigungen attraktiver.

Verkehrsberuhigte Bereiche wurden formell durch die Gesetzesänderung der Straßenverkehrsordnung vom 6.4.1980 eingeführt. Ein verkehrsberuhigter Bereich entsteht nicht alleine durch die Beschilderung (Zeichen 325/6 StVO), sondern begleitende bauliche Maßnahmen sind zur Einhaltung der Regelungen erforderlich. Seit ihrer Einführung 1980 wurden verkehrsberuhigte Bereiche in nahezu jeder deutschen Stadt eingerichtet, so dass an dieser Stelle auf eine Vorstellung von Realisierungsbeispielen verzichtet werden kann. Verkehrsberuhigte Bereiche sind im Gegensatz zu autofreien und / oder autoarmen Gebieten eher kleinräumige Lösungen die sich auf kleine Gebiete oder einzelne Straßen beschränken. Im Unterschied zu autofreien / autoarmen Quartieren bieten sich verkehrsberuhigte Bereiche auch zur Straßenraumgestaltung in bestehenden Quartieren an.

2.2.2 Autofreie Wohngebiete

Eine städtebauliche Konzeption, die in den letzten Jahren zunehmend an (planerischer) Bedeutung gewinnt, ist die Schaffung „autofreier“ Wohngebiete (vgl. Abbildung 2-2). Die Idee, ein autofreies Wohngebiet einzurichten, basiert auf einem Forschungsauftrag des Institutes für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen. Eine Gruppe Bremer Wissenschaftler untersuchte Auswirkungen eines zeitlich befristeten Autoverzichts. Die Ergebnisse wurden unter dem Titel „Leben ohne Auto“ veröffentlicht [BURWITZ; KOCH; KRÄMER-BADONI 1992]. Für dieses Projekt wurden sechs Haushalte ausgewählt, die bereit waren, vier Wochen auf ihren Pkw zu verzichten und ihre Erlebnisse und Erfahrungen in ein Mobilitätstagebuch einzutragen. Als Ergebnis zeigte sich, dass die meisten Mitglieder der betroffenen Haushalte den scheinbaren Verzicht (alle Haushalte waren zu Beginn des Experiments im Besitz eines funktionsfähigen Pkw) als einen Gewinn empfanden. Dieser Gewinn entstand einerseits aus finanzieller Sicht, andererseits aus dem Bewusstsein, die Fahrzeit zusätzlich nutzen zu können. So bot sich im ÖPNV die Gelegenheit zur Unterhaltung und zum Lesen, die Wegebewältigung mit dem Fahrrad wurde gleichzeitig als Sport- und Freizeitaktivität, sowie als „Erleben“ der Natur entdeckt [vgl. BURWITZ, KOCH, KRÄMER-BADONI 1992]. Als Folge dieses Versuches schafften fünf der untersuchten sechs Haushalte in der Folgezeit ihren Pkw ab. Auch wenn keine statistische Sicherheit bei sechs untersuchten Haushalten gegeben ist, so zeigt diese Untersuchung doch, dass eine prinzipielle Aufgabe des Pkw-Besitzes für bestimmte Personen- und Haushaltstypen realistisch ist. Dabei ist die Aussagekraft durch die Eigenselektion (Meldung

auf eine Annonce) der untersuchten Haushalte eingeschränkt und eine Verallgemeinerung nicht möglich.

Dennoch wurde aufbauend auf diesem Experiment die städtische Autolosigkeit in der Arbeit mit dem Titel „Autofreies Leben in der Stadt“ [REUTTER; REUTTER 1996] wissenschaftlich untersucht. In dieser Arbeit gehen die Autoren davon aus, dass trotz stetig steigender Motorisierung ca. 28% aller deutschen Haushalte ohne eigenen Pkw leben, also „autofrei“ sind. In einer Umfrage unter den autofreien Haushalten in Dortmund wurden soziodemografische Merkmale und Gründe für die „Autofreiheit“ erhoben. Es zeigte sich, dass der Anteil der älteren Personen bei den autofreien Haushalten größer ist als in der Gesamtbevölkerung. Dennoch verbleiben eine große Anzahl an Haushalten, die nicht aus Alters- oder Gesundheitsgründen auf einen Pkw verzichten (ca. 50% aller autofreien Haushalte [REUTTER; REUTTER 1996, 45]). Neben dieser Gruppe der „Vorsichtigen“ definieren die Autoren zusätzlich die „Kostenbewussten“ und die „Umweltschützenden“. Es ergeben sich drei situationshomogene Typen von autofreien Haushalten, die 91% der autofreien Haushalte in Dortmund beschreiben:

- die trendgemäßen Ruhestandshaushalte (62,3% aller autofreien Haushalte in Dortmund)
- die trendgegenläufigen Erwerbstäigenhaushalte ohne Kind (22,6%)
- die trendgegenläufigen Erwerbstäigenhaushalte mit Kind(ern) (6,2%)

[REUTTER; REUTTER 1996, 40]

Die Bezeichnung „trend...“ bezieht sich dabei auf die verbreitete gesellschaftliche Struktur, die Bevölkerung in autobesitzende Haushalte sowie in „noch nicht“ und in „nicht mehr“ autobesitzende Haushalte einzuteilen.

Es lässt sich erkennen, dass es Haushalte gibt, die freiwillig und bewusst auf einen eigenen Pkw verzichten, obwohl sie sowohl finanziell, als auch physisch in der Lage wären, einen Pkw zu besitzen und zu nutzen. So geben 45,5% der befragten autolosen Haushalte in Dortmund an, dass sie sich nach eigener Einschätzung einen Pkw leisten könnten. Zusätzliche 13,8% der Haushalte geben an, dass sie sich ein Auto leisten könnten, wenn sie in anderen Bereichen spürbar Geld einsparen würden [vgl. REUTTER; REUTTER 1996, 32]. Die Autoren ziehen den Schluss, dass die Gruppe der autofreien Haushalte in Zukunft nicht von den Planern übergegangen werden darf. Folglich soll die Schaffung innerstädtischer autofreier Quartiere angestrebt werden.

Parallel zu dieser Untersuchung entwickelte sich die Idee, Gebiete als „autofrei“ zu definieren, um einerseits eine höhere Lebensqualität für autofreie Haushalte zu erreichen und andererseits eine allgemeine Verkehrsleistungsreduktion des motorisierten Individualverkehrs anzustreben.

In vielen Städten wurden grundlegende Überlegungen über die Einrichtung autofreier Gebiete angestellt, teilweise durch eine Befragung von Interessenten untermauert (z.B. in

Köln [MÖLLERS 1998]). Diese Befragungen geben interessanten Aufschluss über die Soziodemografie und zum Teil über Motivationen der potentiellen Anwohner dieser Gebiete.

In Ergänzung zu der Studie „Autofreies Leben in der Stadt“ [REUTTER; REUTTER 1996] wurde im Schweizer Nationalen Forschungsprogramm 41 (NFP) die Zusammensetzung autofreier Haushalte in der Schweiz untersucht [MÜLLER 1999]. Sämtliche Erhebungen kommen zu ähnlichen Schlüssen:

- a) Ein Großteil der städtischen Haushalte (ca. 25- 40%) lebt ohne einen eigenen Pkw.
- b) Ca. 30 Prozent dieser Haushalte verzichten freiwillig auf den Pkw-Besitz, die restlichen 70 Prozent sind „nicht-mehr“ (Rentner) oder „noch-nicht“ (Studenten) Pkw-Haushalte, oder aber aufgrund von körperlichen oder wirtschaftlichen Restriktionen nicht in der Lage, einen eigenen Pkw zu besitzen.
- c) Die freiwillig autofreien Personen sind eher überdurchschnittlich gebildet mit einem überdurchschnittlichen Einkommen, häufig jüngere Haushalte mit kleinen Kindern, im Besitz von Fahrerlaubnissen. Die Autolosigkeit ist nicht unbedingt ökologisch motiviert.

MÜLLER [1999] fasst die letzte Aussage wie folgt zusammen: „*Es gibt aber offensichtlich eine beträchtliche Zahl von freiwillig autofreien Haushalten, deren Mitglieder sich weder durch ausgeprägtes Umweltbewusstsein noch durch spezielles ökologisches Verhalten im Alltag auszeichnen.*“ [MÜLLER 1999, S. 11]. Die freiwillig autofreien Haushalte lassen sich demnach nicht pauschal als neue Lebensstilgruppe bezeichnen, die aus Sorge um die Umwelt ihr Mobilitätsverhalten ändert. Vielmehr spielen viel pragmatischere Gründe eine entscheidende Rolle, wie z.B. ökonomische Motive (Erkenntnis der sogenannten Kostenwahrheit) oder Verbesserung der eigenen Lebenssituation durch Bewältigung von Wegen mit Hilfe des Umweltverbundes (z.B. gesundheitliche Aspekte beim Fahrradfahren, Erholung oder gezieltes Arbeiten bei der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, Ärger und Umstände bei der Benutzung des Pkw wie z.B. Parkplatzsuche und Staus usw.).

Für den hohen Anteil autoloser Haushalte an der Gesamtbevölkerung sollen autofreie Quartiere geschaffen werden. Mit den autofreien Wohngebieten sollen Angebote für Haushalte geschaffen werden, die bereits ohne eigenen Pkw leben. Autolosen Haushalten sollen nicht die Nachteile der Pkw-Nutzung autobesitzender Haushalte aufgebürdet werden. Verkehrsverhaltensänderungen sind daher primär durch diese Konzeptionen nicht zu erwarten. Erst langfristig können durch die Vorbildfunktion der autolosen Haushalte andere, autobesitzende Haushalte motiviert werden, eine Verbesserung der Lebensqualität durch den Verzicht auf einen Pkw anzustreben.

Konkrete Planungen sehen vor, dass abweichend von der jeweils gültigen Landesbauordnung, die in der Regel ca. 1,0 bis 1,5 Stellplätze pro Wohneinheit verpflichtend vorschreibt, die Stellplatzzahl deutlich reduziert wird. Angestrebt werden Verhältnisse von ca. einem Stellplatz für fünf bis zehn Wohneinheiten (Stellplatzziffer 0,1 bis 0,2). Diese Stellplätze sind für Besucher und CarSharing Fahrzeuge gedacht. Es wird davon ausgegangen, dass die Anwohner keinen eigenen Pkw besitzen. Dabei sind die Planungen

hinsichtlich einer vertraglich abgesicherten Autolosigkeit zu unterscheiden. Im ersten Fall ist der Kauf- bzw. der Mietvertrag einer Immobilie in einem autofreien Areal mit einer privatechtlichen Verpflichtung verbunden, keinen Pkw zu besitzen oder dauerhaft zu nutzen. Gelegentliche Nutzung eines privaten Pkw z.B. durch CarSharing oder das Ausleihen eines Pkw von Freunden oder Verwandten ist von dieser Klausel unberührt. Diese Variante soll bei nahezu allen deutschen Projekten für autofreies Wohnen verwirklicht werden (zur rechtlichen Ausgestaltung vgl. u.a. HASTRICH [1997] und EPP [1997]). Der Verzicht auf eine vertragliche Bindung (z.B. in Amsterdam im GWL-terrein) setzt voraus, dass die Anwohner ohne Auto leben müssen, da kein Parkraum vorhanden ist. Zu diesem Zweck müssen angrenzende Gebiete eine Parkraumbewirtschaftung aufweisen. Ein Verzicht auf eine vertragliche Verpflichtung erleichtert einerseits die Vermarktung der Objekte, ermöglicht aber auch die Umgehung der Autolosigkeit z.B. durch Parken in angrenzenden Gebieten.

Von entscheidender Bedeutung für den „Erfolg“ eines autofreien Wohngebietes sind Rahmenbedingungen vor Ort und planerische Aspekte der Ausgestaltung. Prinzipiell können zwei Ursachen für das Scheitern eines autofreien Projektes verantwortlich sein.

1. Es wird keine ausreichende Anzahl an Käufern und Mietern gefunden.
2. Die Bereitschaft zur Autolosigkeit nimmt im Laufe der Zeit ab bzw. die autolose Struktur wird nicht mehr gewünscht.

Für den zweiten Fall werden in vielen autofreien Projekten Vorhalteflächen für eine nachträgliche Ausrüstung des Gebietes mit Stellplätzen vorgesehen.

Ein autofreies Gebiet muss so gestaltet sein, dass autofreies Leben möglich bzw. erleichtert wird. Maßnahmen bzw. Voraussetzungen sind dafür:

- Gute Anbindung an öffentliche Verkehrsmittel,
- Erreichbarkeit der Innenstadt zu Fuß bzw. mit dem Fahrrad,
- Infrastruktureinrichtungen für den täglichen Bedarf in fußläufiger Entfernung,
- Versorgung des Gebietes mit CarSharing Fahrzeugen,
- Gestaltung des Straßenraumes als Begegnungsfläche und nicht als Verkehrsweg.

Die Größe des Gebietes sollte so bestimmt werden, dass einerseits die Anwohner von ihrer eigenen Autolosigkeit profitieren können (d.h. nicht durch Lärm und Abgase belästigt werden). Andererseits darf das Gebiet nicht zu groß sein, um verkehrserzeugende Infrastruktureinrichtungen nicht zu weit entfernt liegen zu lassen. Die Größe des geplanten Gebietes muss sich weiterhin am Bedarf orientieren, da das Käuferklientel beschränkt ist. Einige als autofrei bezeichnete „Gebiete“ bestehen lediglich aus einem Baublock für den keine Stellplätze errichtet wurden. Da solche Planungen nicht in der Lage sind, die oben genannten Ziele zu erreichen, wird darauf in der weiteren Darstellung nicht näher eingegangen.

Für die Anwohner entstehen Vorteile hauptsächlich dadurch, dass die eigene Autolosigkeit zu einer Verbesserung des direkten Umfeldes führt. In einem Wohngebiet, in dem autolose Haushalte neben autobesitzenden Haushalten leben, entsteht den autolosen Haushalten nahezu kein direkter Nutzen im Wohnumfeld, da der ungenutzte Stellplatz im Straßenraum von den Nachbarn mitbenutzt wird. In einem Gebiet, in dem nur autolose Haushalte wohnen, dient der Straßenraum als Begegnungsfläche. Der Verkehr im Gebiet ist auf Versorgungs-, Rettungs- und Serviceverkehr (Bringen und Holen) beschränkt. Durch die Autolosigkeit kann öffentlicher Raum anderweitig verwendet werden, da die Straßenbreite aufgrund der geringen Stellplatzzahl verringert werden kann. Dies führt in einem weiteren Schritt zu deutlich niedrigeren Kosten für die Anwohner. Vielfach werden in Deutschland die Kosten für die nach LBO notwendigen Stellplätze / Garagen in den Immobilienpreisen versteckt. Daher sind autofreie Gebiete zu geringeren Kosten erstellbar.

Im Folgenden soll kurz auf das Projekt Bremen „Hollerland“ eingegangen werden, da sich aus dem Scheitern dieses ersten autofreien Projektes Empfehlungen für andere Projekte ableiten lassen.

In Anschluss an die Ergebnisse der Untersuchung „4 Wochen ohne Auto“ in Bremen entstand die Idee, ein autofreies Gebiet einzurichten, um für Haushalte, die ohne Pkw leben wollen, städtebauliche und verkehrliche Vorteile schaffen zu können. Für dieses Projekt wurde das 2,6 ha große Gebiet „Hollerland“ in Bremen ausgewählt, das ca. 6 km Luftlinie von der Bremer Innenstadt entfernt liegt. Nach einer Pressemitteilung der Projektinitiatoren meldeten sich 1992 kurzfristig 350 Interessenten (vgl. ILS [1996]). Das Wohnungsunternehmen GEWOBA beschloss daraufhin, als Besitzer des Geländes in Hollerland sich dem Projekt anzuschließen. Die „Autofreiheit“ sollte gesichert werden, indem die Bewohner sich im Kauf- oder Mietvertrag verpflichteten, keinen Pkw zu halten oder dauerhaft zu nutzen. Insgesamt waren 0,2 Stellplätze pro Wohneinheit für Besucher und CarSharing geplant. Im Frühjahr 1996 wurde jedoch das Projekt eingestellt, da für die Häuser des ersten Bauabschnittes nur vier Kaufwillige gefunden werden konnten. Im Folgenden wurden mehrere Versuche unternommen, das Scheitern dieses an sich aussichtsreichen Projektes zu analysieren. So wurde unter anderem unter den verbliebenen und den abgesprungenen Projektinteressenten eine Befragung durchgeführt [LEMMEN; VIETS 1996]. Insgesamt können die Gründe für das Scheitern wie folgt zusammengefasst werden:

- allgemeine schlechte wirtschaftliche Lage in Bremen, zu hohe Preise
- fehlerhafte und langfristige Projektplanung
- Vermarktungsfehler
- die Objekte im ersten Bauabschnitt lagen sehr ungünstig
- schlechte Lage (zu dezentral, zu große Entfernung zu Infrastruktureinrichtungen)
aber auch
- Angst vor „lebenslanger“ Autolosigkeit (wegen Lebenszyklusänderungen)
- ungewisser Wiederverkaufswert

Während die ersten Punkte projektspezifisch sind, d.h. bei anderen Projekten eventuell umgangen werden können, sind die beiden letzten Punkte hingegen allgemein für alle autofreien Gebiete zutreffend. Sie werden dadurch belegt, dass insgesamt im Frühjahr 1996 noch 120 Haushalte als Interessenten registriert waren, hauptsächlich für Mietwohnungen. Mietwohnungen haben gegenüber Eigentumswohnungen oder eigenen Häusern den Vorteil, dass sie im Falle eines entstandenen Pkw-Bedarfs problemlos und ohne finanzielle Risiken verlassen werden können. Dies macht ein grundsätzliches Problem autofreier Wohnquartiere mit vertraglichen Verpflichtungen zur Autolosigkeit deutlich: Kurzfristig sind eine Vielzahl an Haushalten zu einer vertraglichen Verpflichtung bereit. Langfristig besteht jedoch die Gefahr, dass durch Änderungen im Lebenszyklus die Voraussetzungen für die Autolosigkeit nicht mehr gegeben sind, d.h. ein Pkw benötigt wird (z.B. Arbeitsplatzwechsel, Kinder usw.). Bei einem ungewissen Wiederverkaufswert aufgrund der Modellhaftigkeit von autofreien Gebieten besteht die Gefahr eines finanziellen Verlustes. Zudem werden in Deutschland, auch aufgrund der hohen Notar- und Grunderwerbssteuerkosten, Häuser und Eigentumswohnungen eher mit langfristiger Perspektive gekauft, meist für den Rest des Lebens. Dabei soll das Risiko möglichst gering gehalten werden, dass das Eigentum hinsichtlich Struktur und Lage nach einiger Zeit nicht mehr den Anforderungen genügt. Diese Aspekte sind bei der Einrichtung autofreier Projekte mit einer vertraglichen Verpflichtung zur Autofreiheit stets zu berücksichtigen.

Die Stellung im Lebenszyklus spielt besonders bei einer Autolosigkeit eine entscheidende Rolle.

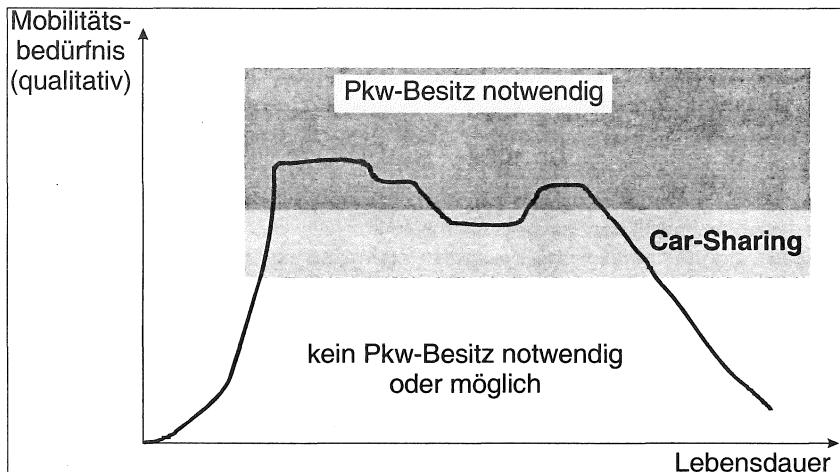


Abbildung 2-3: Beispielhafter Verlauf des Mobilitätsbedürfnisses im Lebenszyklus [CHLOND, WASSMUTH 1997]

Abbildung 2-3 zeigt ein Beispiel für Änderungen des Mobilitätsbedürfnisses im Lebenszyklus. Diese Bedürfnisse können im Verlauf eines Lebens stark schwanken, je nach aktueller

Situation, in der sich die betreffende Person gerade befindet. Teilweise kann zur Deckung dieser Bedürfnisse auf CarSharing zurückgegriffen werden, teilweise ist auch langfristig ein autofreies Leben möglich. Es muss jedoch davon ausgegangen werden, dass eine Änderung im Lebenszyklus zu einer Änderung im Mobilitätsbedürfnis (bzw. in der Nachfrage nach Pkw-Mobilität) führen kann. Diese auslösenden Faktoren können z.B. eine neue Partnerschaft, eine neue Arbeitsstelle oder die Geburt eines Kindes sein (vgl. CHLOND, WASSMUTH [1997]). Änderungen im Lebenszyklus stellen somit eine Unsicherheit für autolose Haushalte dar. Die Gefahr, die eigene Wohnung bzw. das eigene Haus aufgrund einer geänderten Situation verkaufen zu müssen, ist durch eine vertragliche Absicherung der Autolosigkeit gegeben.

Problematisch ist zudem die Verbindung autofreien Wohnens mit der in Kapitel 2.1 vorgestellten Nutzungsmischung. Es ist prinzipiell erforderlich, entstehende Wege zu verkürzen, um die Erreichbarkeit mit nicht-motorisierten Verkehrsmitteln zu erleichtern. Dennoch entsteht bei der nutzungsgemischten Gestaltung eines autofreien Areals ein Zielkonflikt: Erwerbstätigkeit in Form von Handel und Handwerk ziehen vielfach Ortsveränderungen in Form von Liefer-, Service- und Kundenverkehr nach sich. Die Quantität dieser Ortsveränderungen wird häufig unterschätzt und kann für Anwohner zum Problem werden. Diese negativen Auswirkungen werden in autofreien Gebieten verstärkt, da die Haushalte dieses Verkehrsaufkommen trotz eigener Autolosigkeit tolerieren müssen.

Neben diesen Kritikpunkten muss als dritter Aspekt das insgesamt niedrige Potenzial für autofreies Wohnen in der Gesellschaft genannt werden: Zur Zielgruppe werden ausschließlich autofreie Haushalte gezählt. Von diesen Haushalten müssen diejenigen unberücksichtigt bleiben, die aufgrund ihres Alters oder ökonomischer Restriktionen keinen eigenen Pkw besitzen, da für diese Haushalte der Erwerb einer Immobilie in der Regel nicht in Frage kommt. Von den verbleibenden Haushalten scheiden diejenigen aus, die kein Bedarf an einem Umzug haben, weil sie mir ihrem jetzigen Wohnumfeld zufrieden sind. Die Anzahl der restlichen Haushalte ist im Vergleich zu der Grundgesamtheit aller potenziellen Immobilienerwerber relativ gering. Für eine Potenzialbetrachtung autofreien Wohnens ist es demnach nicht ausreichend, lediglich die Zahl der autolosen Haushalte einer Stadt zu berücksichtigen.

Planungsansätze für autofreie Gebiete finden sich in nahezu jeder deutschen Großstadt. Fertiggestellt sind jedoch noch keine größeren (über einen Baublock hinausgehende) Gebiete. Konkrete Planungen bzw. Baumaßnahmen finden sich in München, Freiburg, Kassel, Bonn, Münster (Westf.) und Hamburg. Erst die Fertigstellung mehrerer Projekte mit einer vertraglichen Absicherung der Autolosigkeit wird zeigen, ob sich diese Art verkehrsreduzierender Wohnform langfristig durchsetzen kann. Einen Überblick über autofreie Projekte findet sich bei ILS [1999].

2.2.3 Autoarme Stadtquartiere

Eine dritte Form der städtebaulichen Gestaltung ist ein „autoarmes“ Gebiet. Im Gegensatz zu den anderen Konzepten aus Abbildung 2-2 ist die Abgrenzung autoarmer Gebiete sehr schwierig. Während verkehrsberuhigte Bereiche durch die Zeichen 325 / 6 StVO eindeutig definiert sind und autofreie Gebiete sich durch fehlende Stellplätze im Straßenraum (und eventueller vertraglich gesicherter Autolosigkeit) auszeichnen, ist die Definition autoarmer Gebiete uneindeutig. Wird die Definition auf die Anzahl und / oder Anordnung der Stellplätze reduziert, lassen sich vielerorts Gebiete finden, die als autoarm bezeichnet werden können. Auch in der DDR war es eine übliche Planungspraxis, die Stellplätze von der eigentlichen Wohnnutzung zu trennen, indem zentrale Parkierungsanlagen am Rand des Gebietes angeordnet wurden. Somit sind weitere Unterscheidungskriterien neben der Stellplatzfrage zur Charakterisierung erforderlich. Von Bedeutung sind die begleitenden bzw. auslösenden städtebaulichen Maßnahmenkonzepte. Die meisten Planungsfälle mit einer Konzentration der Stellplätze am Gebietsrand unterscheiden sich von herkömmlichen Wohnquartieren nur hinsichtlich der Gestaltungen der Fußwege und Grünflächen. Diese Konzepte werden in den weiteren Ausführungen als „klassisch autoarme“ Konzepte bezeichnet.

Andererseits existieren Projekte, die verschiedene komplexere Maßnahmen bündeln (z.B. Nutzungsmischung, bauliche Dichte usw.) und dafür eine Verdrängung des MIV erfordern. Diese Konzepte werden als „modern autoarm“ bezeichnet.

Nichtsdestotrotz spielt die Anzahl der Stellplätze pro Wohneinheit in der Planung eine zentrale Rolle. Während Gebiete mit einer Stellplatzziffer von 0 bis ca. 0,2 als autofrei bezeichnet werden, ist das Spektrum der Möglichkeiten bei autoarmen Gebieten größer. Der Spielraum geht von einer Stellplatzziffer größer als 0,2 (nicht mehr autofrei) bis zu der Erstellung eines Stellplatzes für jede Wohneinheit (Stellplatzziffer 1,0). Im Folgenden soll auf einige Projekte näher eingegangen werden, die als „modern autoarm“ bezeichnet werden können.

Das älteste bekannte autoarme Projekt befindet sich in Nürnberg-Langwasser (Nachbarschaft P) (vgl. HENNIG [1997] und NÜTZEL [1993]). In diesem ca. 15 ha großen Wohngebiet (ca. 3.500 Einwohner) gilt seit 1986 eine Satzung, die die Nutzung des Straßenraumes für Kraftfahrzeuge stark einschränkt. Vorbild für diese Beschränkungen waren Fußgängerzonen in Innenstädten. Auslöser für diese Planung waren Erhebungen, die ergeben haben, dass lediglich 7,8 % der privaten Kfz-Fahrten im Gebiet zur Haustür notwendig waren. Als Ausgleich für die Transportnachteile wurde jeder Wohnung ein Transportroller zur Verfügung gestellt [HENNIG 1997]. Die Fahrzeuge der Anwohner werden in zentralen Anlagen (Parkhaus bzw. Parkplatz) am Rande des Gebietes abgestellt. Zudem wurden verschiedene Wohnformen (Familien, Singles, Alte) ebenso gemischt wie Eigentums- und Mietwohnungen. Zusätzlich wurden Kinderbetreuungseinrichtungen, Gästewohnungen und Partyräume (ein Raum für 500 Wohneinheiten) eingerichtet.

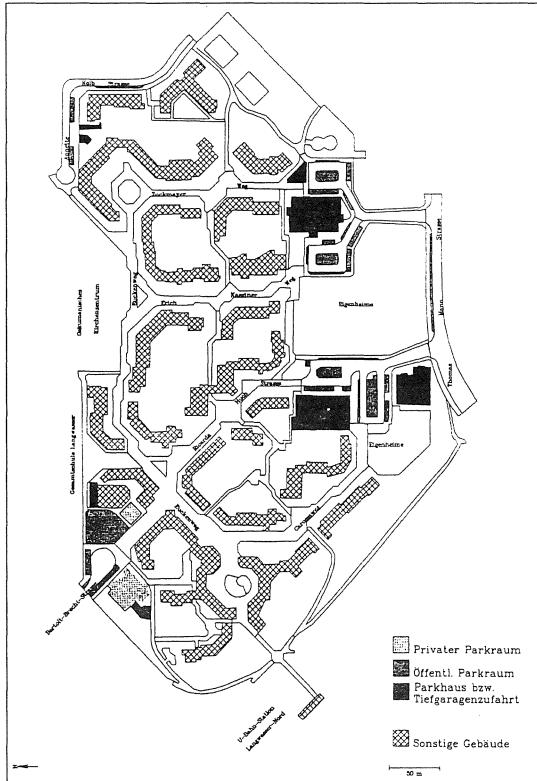


Abbildung 2-4: Parkraumplan Langwasser P [Nützel 1993]

Abbildung 2-4 zeigt einen Überblick über die Lage der Gebäude und der Einrichtungen für den ruhenden Verkehr. Eine Untersuchung der subjektiven Einschätzung der Anwohner [NÜTZEL 1993] zeigt, dass die Akzeptanz der Maßnahmen sehr hoch ist und dass sich deutlich mehr Menschen im Freiraum der Siedlung aufhalten, als in einem Vergleichsgebiet in Langwasser [NÜTZEL 1993].

Ein weiteres als autoarm zu bezeichnendes Projekt findet sich in Berlin an der Rummelsburger Bucht [TOPP 1998]. Das Projekt „Rummelsburger Bucht“ (vgl. Abbildung 2-5) ist Berlins größtes Projekt im Zuge der Expo 2000 in Hannover. Schwerpunkt der Planungen ist eine Integration der Lage am See in das städtebauliche Konzept. Auf insgesamt 130 ha sollen bis zum Jahr 2010 insgesamt 5700 Wohneinheiten und 412.000 m² Bruttogeschoßfläche Dienstleistungs- und Gewerbefläche entstehen. Momentan fertiggestellt bzw. in der Planung sind 1.317 Wohneinheiten, 2021 sind in der konkreten Planung [Wasserstadt 2000]. Geplant ist eine konsequente Nutzungsmischung (mit Einrichtungen für Einzelhandel, Freizeitgelegenheiten, Dienstleistungen und sozialer

Infrastruktur) [TOPP 1998], so dass ein "Quartier der kurzen Wege" entstehen kann. Hinzu kommt eine hohe Qualität der ÖPNV Anbindung innerhalb des Gebietes und dem restlichen Berliner Stadtgebiet.



Abbildung 2-5: Masterplan Rummelsburger Bucht [WASSERSTADT GMBH]

Mit diesen Planungen sind die Voraussetzungen für verkehrsreduzierende Siedlungsstrukturen geschaffen. TOPP [1998] schlägt vor, durch eine Flexibilisierung des Stellplatzangebotes die zu errichtende Stellplatzanzahl zu reduzieren. Verbunden werden diese Beschränkungen mit einem umfangreichen Verkehrskonzept zur Förderung der Verkehrsmittel des Umweltverbundes (Fahrradstation, Wassertaxi zum S-Bahnhof usw.) und städtebauliche Maßnahmen, die eine Vermeidung motorisierten Individualverkehrs ermöglichen.

Eine interessante Planung, welche als „modernes autoarmes“ Konzept bezeichnet werden kann, ist der Verkehrsversuch „Autoarmes Wohnen im Bestand am Johannesplatz in Halle / Saale“ im Rahmen des Modellvorhabens „Umweltschonender Einkaufs- und Freizeitverkehr in Halle und Leipzig“ des Umweltbundesamtes [REUTTER 2000]. Die Besonderheit an diesem Projekt ist, dass hierbei keine Neugestaltung konzipiert wird, sondern dass die Planungen auf die Umgestaltung eines bestehenden Quartiers ausgelegt sind. Ursprünglich war geplant, ein autofreies Wohngebiet in einem bestehenden Quartier einzurichten. Die Planung sah vor, dass einerseits durch die erforderlichen Sanierungsarbeiten eine Fluktuation der Bewohner stattfindet und vermehrt autofreie Haushalte angezogen werden können. Andererseits sollten die gebliebenen Anwohner von den Vorteilen einer autolosen Gebietsgestaltung überzeugt werden. Dabei sollte der Straßenraum baulich so abgesperrt werden, dass vollständig autofreie Teile entstehen. Diese Freiräume sollten für Begegnungen und Spielmöglichkeiten zur Verfügung gestellt werden. Dieses Vorhaben musste aus verschiedenen Gründen abgeändert werden.

REUTTER [2000] nennt drei entscheidende Problempunkte, die als allgemeingültig für derartige Projekte angesehen werden können:

1. Große Teile der Bevölkerung waren nicht bereit, die für autofreie Planungen erforderlichen Konsequenzen zu tragen.
2. Es konnte kein Konzept gefunden werden, welches die aus den autofreien Bereichen verdrängten ruhenden Fahrzeuge der ansässigen Anwohner adäquat in Wohnungsnähe untergebracht hätte.
3. Die Potenziale an autofreien Haushalten, die sich für das Projekt interessiert haben, waren geringer als erwartet.

Aus diesen Gründen wurden die ursprünglich autofreien Planungen so modifiziert, dass zunächst autoarme Planungen umgesetzt werden sollen. Dabei ist geplant, dass in einem „System autofreier und autoarmer Straßenabschnitte unterschiedlicher Qualitätsstandards“ [REUTTER 2000] das Gebiet am Johannesplatz in Halle umgestaltet wird. Verbunden werden diese baulichen Maßnahmen mit einigen verkehrlichen Anreizen, wie z.B. vergünstigte ÖPNV-Tickets und einem CarSharing Standort. Zusätzlich soll darauf geachtet werden, dass neu hinzuziehende Mieter ausreichend über das autoarme Konzept informiert werden, um die Grundprinzipien nicht durch fehlende Akzeptanz in der Bevölkerung zu gefährden.

Das Beispiel in Halle zeigt, dass „modern autoarme“ Konzepte als Alternative zum nur bedingt umsetzbaren autofreien Wohnen realisiert werden können.

Möglich sind jedoch auch Mischformen beider Planungen, in dem Teile eines Gebietes für autofreie Haushalte reserviert werden und die restlichen Teile „modern autoarm“ gestaltet werden, so dass beide Bereiche von der Nutzungsmischung profitieren können. Gleichzeitig können die autoarmen Bereiche als Pufferzone im Umfeld der autofreien Gebiete erstellt werden. Dadurch ist es möglich, auch bei geringer Nachfrage nach autofreien Wohnungen eine Situation zu schaffen, die zum Vorteil der autolosen Haushalte ist. Eine Flexibilisierung des Stellplatzangebotes kann zudem finanzielle Vorteile sowohl für autofreie als auch für autoarme Haushalte bringen.

2.3 Konzepte alternativer Verkehrssysteme

An dieser Stelle soll darauf verzichtet werden, einen Überblick über verkehrsplanerische Maßnahmen zur Änderung des Verkehrsverhaltens zu geben. Vielmehr soll das Hauptaugenmerk auf ein neues Angebot im Verkehrsmittelspektrum gelegt werden – der organisierten Form des Autoteilens, welches eine Zwischenform zwischen Autobesitz und Autolosigkeit darstellt. Von der Verkehrsplanung in Forschung und Praxis weitestgehend unbeobachtet spielt das private, informelle Autoteilen eine große Rolle im täglichen Mobilitätsgeschehen. Die einfachste Form des Autoteilens ist die wechselweise Nutzung eines privaten Pkw im Haushalt. Darüber hinaus werden jedoch auch vielfältig private Pkw von Personen, die nicht in einem Haushalt leben, abwechselnd genutzt. Dabei wird bei Bedarf ein Pkw von Freunden oder Verwandten geliehen. Durch dieses informelle Autoteilen ist eine relativ hohe MIV-Nutzung autoloser Haushalte erklärbar [vgl. CHLOND, WASSMUTH

1997], was z.B. auch im deutschen Mobilitätspanel beobachtet werden kann. Da formalisierte Formen des Autoteilens eine sinnvolle Ergänzung zu verkehrsreduzierenden Siedlungsstrukturen darstellen, sollen zwei Varianten näher vorgestellt werden. Einerseits handelt es sich dabei um das klassische CarSharing, welches heutzutage nahezu in jeder Stadt anzutreffen ist, andererseits soll eine gewerbliche Weiterentwicklung, der sogenannte CarPool, vorgestellt werden. Für die Einrichtung autofreier bzw. autoarmer Gebiete sind Konzepte gemeinsamer Pkw-Nutzung von großer Bedeutung. Durch die Möglichkeit, im Bedarfsfall auf ein Fahrzeug zurückgreifen zu können, wird die Hemmschwelle, auf einen privaten Pkw zu verzichten, wesentlich verringert.

In der Vergangenheit gab es wiederholt Versuche, organisierte Formen des Autoteilens zu installieren (siehe dazu PETERSEN [1995]). Jedoch erst 1987 begann sich die moderne Form des CarSharing von der Schweiz aus in Mitteleuropa zu verbreiten. Die anfänglich starken Zuwächse der Mitgliederzahlen ließen diese Form des motorisierten Individualverkehrs (MIV) als zusätzliche Alternative im Verkehrsmittelspektrum auch ins Blickfeld der Verkehrswissenschaft rücken, zumal unterschiedliche Aussagen über Auswirkungen einer CarSharing Teilnahme auf die individuelle Verkehrsmittelwahl bzw. den privaten Pkw-Besitz getroffen wurden. Der Begriff CarSharing wird von BAUM/PESCH [1994] wie folgt erklärt:

„Car-Sharing (Auto-Teilen) ist die gemeinschaftliche Nutzung von Fahrzeugen, die durch eigenständige Organisationen an dezentralen, wohnungsnahen Standorten zur Verfügung gestellt werden, und auf die im Rahmen eines längerfristigen Nutzungsvertrages sowie nach telefonischer Buchung und meist tresorgestützter Schlüsselübergabe zu weitgehend nutzungsabhängigen Kosten zugegriffen werden kann.“ [BAUM, PESCH 1994; S. 1].

In Deutschland entwickelte sich das CarSharing beginnend mit der Organisation „stattauto“ in Berlin zunächst sehr rasch. Inzwischen existieren in ca. 250 deutschen Städten und Gemeinden CarSharing-Organisationen unterschiedlicher Ausprägung mit insgesamt ca. 30.000 Mitgliedern. Die Grundidee ist dabei, dass ein privater Pkw im Mittel lediglich eine Stunde pro Tag genutzt wird und demnach in der restlichen Zeit von anderen Personen mit anderen Anforderungen genutzt werden könnte. Durch eine gemeinsame Nutzung eines Pkw durch verschiedene Personen kann der Bedarf an Kraftfahrzeugen und somit auch die daran gekoppelten Fixkosten reduziert werden. Primär wird dadurch ein Reduzierung des ruhenden Verkehrs erreicht. Die Auswirkungen, die CarSharing auf das Verkehrsgeschehen haben kann bzw. schon hat, sind jedoch sehr vielschichtig und gehen als direkte Folge der Struktur des CarSharing über einen reduzierten Stellplatzbedarf deutlich hinaus.

Die Organisation des Autoteilens übernimmt ein CarSharing-Betreiber. Die Organisationsformen reichen von eingetragenen Vereinen (e.V.) bis zur Aktiengesellschaft (AG). Während die Grundidee ökologisch motiviert war und demnach die meisten CarSharing-Betreiber nicht gewinnorientiert gearbeitet haben, hat hierbei in den letzten Jahren eine Umorientierung stattgefunden, da die teilweise sehr aufwändige Organisation (die stattauto AG hat ca. 8.000 Kunden und mehr als 300 Fahrzeuge) nicht mehr mit Hilfe

ehrenamtlich tätiger Kräfte zu bewältigen ist. Unabhängig von der Organisationsform ist das grundsätzliche Prinzip des CarSharing gleich geblieben. Die CarSharing-Organisation hält an dezentralen Standorten einer Stadt (im Gegensatz zu Autovermieter auch in Wohngebieten) Fahrzeuge unterschiedlicher Größe vor. Interessierte Personen oder Haushalte haben die Möglichkeit, gegen eine Beitrittsgebühr und / oder eine Kapitaleinlage Mitglied in der CarSharing Organisation zu werden. Als monatliche Fixkosten entsteht aus dieser Mitgliedschaft lediglich ein geringer Beitrag in Höhe von ca. 10 – 20 DM. Alle weiteren Kosten entstehen den Mitgliedern nur durch die Nutzung der Fahrzeuge. Die Kosten der einzelnen Fahrten richten sich nach der Ausleihzeit und der gefahrenen Kilometer. Tagsüber kostet eine Stunde zwischen 2 DM und 10 DM je nach Fahrzeugtyp und Betreiber. Die Kilometerkosten liegen zwischen 30 und 50 Pfennig pro Kilometer. Als Ergänzung werden in der Regel verbilligte Nacht-, Wochenend- und Wochentarife z.B. für Urlaubsfahrten angeboten. Das benötigte Fahrzeug ist im voraus telefonisch oder per Email zu reservieren, dabei muss der Rückgabezeitpunkt angegeben werden. Sogenannte „Einwegfahrten“, bei denen Abholstation und Rückgabestation sich an unterschiedlichen Orten befinden, sind nicht möglich. Die einzelnen Fahrten werden monatlich abgerechnet. In die Kilometer- und Stundentarife sind alle Aufwendungen wie Steuer, Versicherung, Treibstoff, Reparatur, Pflege usw. umgelegt. Dadurch reduziert sich für den Nutzer der finanzielle und organisatorische Aufwand der Fahrzeugvorhaltung. CarSharing stellt eine Alternative oder Ergänzung zum privaten Pkw-Besitz dar.

CarSharing als Alternative

CarSharing ist nur dann eine relevante Alternative zum privaten Pkw, wenn verschiedene Voraussetzungen erfüllt sind (vgl. CHLOND, WASSMUTH 1997):

1. Keine objektive Gebundenheit an einen privaten Pkw
 - ausreichendes Angebot öffentlicher Verkehrsmittel
 - Möglichkeiten zur Nutzung von Fahrrad und „zu Fuß gehen“ für verschiedene Aktivitäten
 - keine körperlichen Restriktionen, die eine Pkw-Nutzung erfordern
2. Keine subjektive (emotionale) Gebundenheit an einen privaten Pkw
3. Bewusstsein der tatsächlichen Kosten eines privaten Pkw-Besitzes
4. Kenntnis der Existenz von CarSharing
5. Keine Vorbehalte gegen eine CarSharing-Teilnahme

Die Kostenstruktur erlaubt die Nutzung von CarSharing nur in bestimmten Einsatzbereichen. So sind Arbeitswege nicht mit CarSharing denkbar, da aufgrund der langen Standzeit und des regelmäßigen Auftretens der Fahrten hohe Kosten entstehen. Vielmehr ist CarSharing nur dann sinnvoll, wenn ein Großteil des Mobilitätsbedürfnisses mit anderen Verkehrsmitteln bewältigt werden kann. Somit müssen Gelegenheiten vorhanden sein, die eine Bewältigung der Wege mit nicht-motorisierten Verkehrsmitteln ermöglichen (zum Beispiel durch die oben erwähnte Nutzungsmischung).

CarSharing als Ergänzung

CarSharing kann aber auch als zusätzliches Angebot zu einem (weiterhin existierenden) privaten Pkw verwendet werden. Hierbei muss unterschieden werden, ob ein existierender Zweitwagen im Zuge des CarSharing-Beitritts abgeschafft wurde, oder ob auf die Anschaffung eines Zweitwagens aufgrund der Existenz von CarSharing verzichtet wurde.

Diese grundlegenden Überlegungen führten zu zwei Fragestellungen, die in der Literatur bereits häufiger diskutiert wurden.

Ist CarSharing

- a) eine „Einstiegsdroge“, die nicht-autobesitzenden Haushalten einen einfachen Zugang zum Pkw ermöglicht, so dass diese die Vorteile der Pkw-Nutzung kennenlernen und sich die Autonutzung „angewöhnen“, oder
- b) eine „Entziehungskur“, die es Haushalten mit geringer MIV-Fahreleistung ermöglicht, einen privaten Pkw abzuschaffen und sich damit die Nutzung eines Pkw „abzugewöhnen“.

Neben der Reduzierung des Pkw-Besitzes sind, bedingt durch die Struktur des CarSharing, Verkehrsverhaltensänderungen zu beobachten. Da durch die Einzelabrechnung die tatsächlichen Kosten pro Fahrt aufgezeigt werden, werden die Vorteile des Verkehrsmittels Pkw gemindert. Die Nutzung aufgrund der Tatsache, dass der Pkw bereits bezahlt ist und daher auch genutzt werden kann (muss), entfällt im Fall von CarSharing. Zudem wird die hohe Flexibilität des Pkw durch CarSharing eingeschränkt. Die Fahrt muss im vorhinein geplant sein, das Fahrzeug muss reserviert werden, vom Stellplatz abgeholt und (pünktlich!) wieder abgegeben werden. Daraus entsteht eine objektivere Verkehrsmittelwahl, die zu einer Reduzierung von MIV-Wegen führen kann. Verschiedene Untersuchungen haben versucht, die Quantität dieser, durch CarSharing ausgelösten Reduktion der Verkehrsleistung des motorisierten Individualverkehrs (MIV-VL), zu messen.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse verschiedener Erhebungen:

MIV-Verkehrsleistung pro Jahr	BAUM/PESCH [1994]		PETERSEN [1993]		MUHEIM/INDERBITZIN [1992]	
	mit CS Fahrzeugen	mit anderen Pkw	mit CS Fahrzeugen	mit anderen Pkw	mit CS Fahrzeugen	mit anderen Pkw
vor dem Beitritt zu CarSharing	0 km	7000 km	0 km	8678 km	0 km	3300 km
nach dem Beitritt zu CarSharing	2361 km	1689 km	2330 km	1776 km	1367 km	858 km
Reduktion der MIV-Verkehrsleistung	42,1%		52,7%		32,6%	

Tabelle 2-1: Reduktion der durchschnittlichen Verkehrsleistung im MIV aufgrund eines CarSharing Beitritts

Es zeigt sich, dass alle Erhebungen eine sehr deutliche Reduktion der Verkehrsleistung im motorisierten Individualverkehr aufweisen. Als Erhebungsmethode wurde bei allen drei Untersuchungen ein Interview unter Mitgliedern angewendet, die über ihr aktuelles Verkehrsverhalten und retrospektiv über ihre MIV-Verkehrsleistung vor dem CarSharing-Beitritt befragt wurden. Diese Werte lassen die Frage aufkommen, wie es möglich ist, dass sich bei vorausgesetzten gleichen Mobilitätsbedürfnissen die mittlere Pkw-Nutzung so stark reduzieren kann. Mit anderen Worten ausgedrückt: Wie wurden die Wege, für die früher ein Pkw verwendet wurde, im Nachher - Zustand bewältigt?

Um diese Frage zu klären, wurde in einem ersten Schritt eine Erhebung unter Mitgliedern des CarSharing-Betreibers „stadtmobil“ durchgeführt. Bei dieser Erhebung wurde großes Augenmerk auf das umfassende Mobilitätsverhalten gelegt, indem jeder Befragungsteilnehmer gebeten wurde, in ein Wegetagebuch sämtliche Wege im Verlauf einer Woche einzutragen. Durch diese große intrapersonelle Datenmenge ist es möglich, auch seltene Ereignisse wie eine CarSharing-Nutzung zu identifizieren. Aufbauend auf diesen objektiven Verhaltensdaten wurden in telefonischen Intensivinterviews die Gründe für den Beitritt und die Vorher - Situation der CarSharing-Mitglieder abgefragt. Die Ergebnisse dieser Intensivinterviews waren überraschend: Es kann festgehalten werden, dass in vielen Fällen nicht CarSharing als Auslöser einer Verkehrsverhaltensänderung anzusehen ist, sondern dass vielmehr eine Änderung in der Lebenssituation eine Verkehrsverhaltensänderung auslöst, die daraufhin zu einem CarSharing-Beitritt führt [vgl. CHLOND, WASSMUTH 1997].

Diese Änderung der Lebenssituation kann z.B. sein:

- Wechsel des Arbeitsplatzes / Änderung im Erwerbstätigkeitsstatus
- Änderung in der Haushaltss Zusammensetzung durch Beginn oder Ende einer Partnerschaft, Geburt eines Kindes
- Änderung in der subjektiven Einstellung zum Pkw (kontinuierlicher Prozess)

Die Bedeutung der Stellung im Lebenszyklus wurde bereits im Kapitel 2.2.2 vorgestellt. Für CarSharing haben die in Abbildung 2-3 dargestellten Wechsel im Lebenszyklus eine weitreichende Folge. Wenn in bestimmten Lebenssituationen zur Deckung des Mobilitätsbedürfnisses CarSharing ausreichend ist und sich diese Lebenssituationen wiederum ändern, kann der Besitz eines privaten Pkw erforderlich sein. Aus diesem Grund ist CarSharing als ein Zwischenschritt zwischen „Pkw-Besitzen“ und „Pkw-Nicht-Besitzen“ anzusehen, der nicht zwangsläufig erhalten bleiben muss. Vielmehr ist davon auszugehen, dass eine Großzahl der CarSharing-Kunden nach einer Zeit der Mitgliedschaft wieder austreten wird, entweder weil sie keinen Pkw mehr benötigen, oder weil der Besitz eines privaten Pkw erforderlich geworden ist (vgl. Abbildung 2-6).

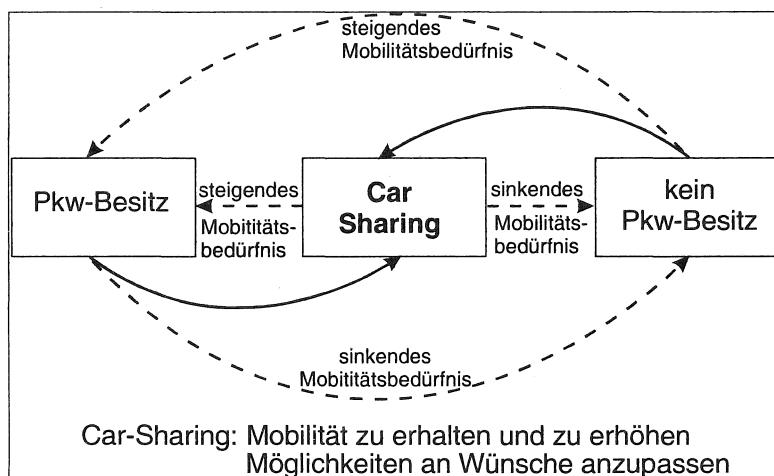


Abbildung 2-6: CarSharing als Zwischenschritt [eigene Darstellung]

Diese Feststellung bedeutet, dass die hohen Marktpotenziale für CarSharing, die in der Literatur teilweise angegeben wurden (z.B. 2,45 Mio. Autofahrer in BAUM, PESCH [1994] S. 86), nicht erreicht werden können. Demnach ist eine Stagnation der starken Mitgliederzuwächse zu erwarten, die sich teilweise bereits zeigt (vgl. FREUDENAU, KANAFKA [2000]).

Die These, dass CarSharing eine Möglichkeit zu einem kostengünstigen Autoeinstieg bietet, kann aus den bisherigen Erfahrungen abgelehnt werden. Den meisten CarSharing-Teilnehmern sind die Vorteile eines Pkw auch vor dem Beitritt zu CarSharing bekannt, da der Pkw in unserer Gesellschaft so stark mit dem täglichen Leben verknüpft ist, dass keine Unkenntnis bezüglich der Vorteile in den Kundenkreisen herrscht. Zudem konnte gezeigt werden [CHLOND, WASSMUTH 1997], dass auch eine Großzahl der vorher autolosen Personen bereits einen Pkw im Lebenszyklus besessen hat. Vielmehr kann davon ausgegangen werden, dass die zweite These bezüglich der geringen Nutzung mit zunehmender Mitgliedschaft bestätigt werden kann. CarSharing führt dazu, dass Personen, die sich zunächst ein Leben ohne Pkw nicht vorstellen können, als Rückfallebene CarSharing-Mitglieder werden und mit zunehmender Mitgliedsdauer feststellen, dass das alltägliche Leben ohne Pkw bewältigbar ist. In Untersuchungen zeigt sich, dass Mitglieder mit längerer Mitgliedsdauer weniger auf ein CarSharing-Fahrzeug zurückgreifen, als neue Mitglieder. Dieses konnte jedoch noch nicht endgültig abgesichert nachgewiesen werden, da diese Effekte einerseits von den erwähnten Lebenszyklusstellungen abhängen und andererseits die Kunden, die schon länger Mitglied sind (als „Mitglieder der ersten Stunde“) einem anderen Klientel entsprechen als die Mitglieder, die erst mit zunehmender Bekanntheit auf CarSharing gestoßen sind.

Die Auswirkungen auf das Verkehrsverhalten durch die Mitgliedschaft in einer CarSharing-Organisation ist geprägt durch die Einsatzgebiete des CarSharing und den Vor- und Nachteilen alternativer Verkehrsmittel. In Abbildung 2-7 werden in die für bestimmte Entfernungsklassen ermittelten Modal Split Werte einer Erhebung unter Karlsruher CarSharing-Mitgliedern (Basis: 1.813 Wege) aufgetragen. Zum Vergleich sei auf die analoge Darstellung der repräsentativen Panel-Daten in Kapitel 1 hingewiesen.

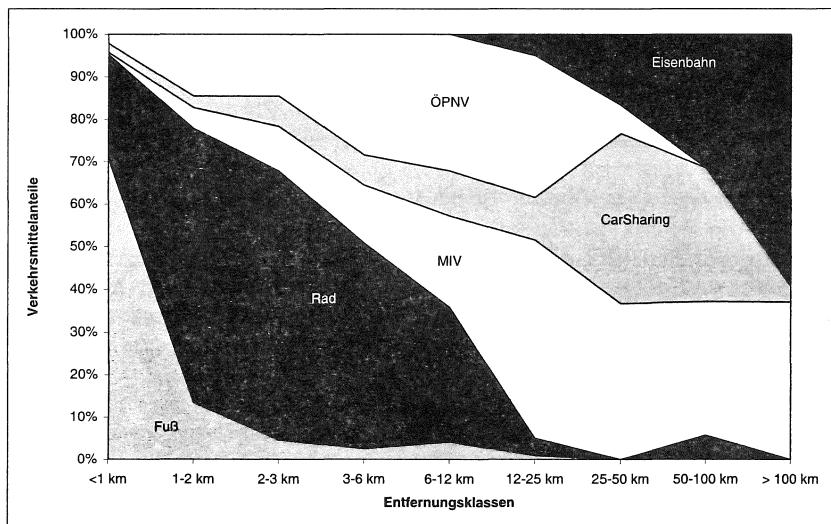


Abbildung 2-7: Modal Split von CarSharing Mitgliedern in verschiedenen Entfernungsklassen [eigene Darstellung]

Zu beachten ist, dass sich diese Stichprobe über die CarSharing-Mitgliedschaft hinaus auch hinsichtlich der Soziodemografie gegenüber repräsentativen Erhebungen unterscheidet. Dennoch ist zu erkennen, dass CarSharing in den Entfernungsbereichen interessant ist, in denen die Verkehrsmittel des sogenannten Umweltverbundes (zu Fuß, Fahrrad, ÖPNV, Eisenbahn) nur begrenzt als Alternativen zur Verfügung stehen. Abbildung 2-7 zeigt, dass es eine komplementäre Wirkung zwischen CarSharing und den Verkehrsmitteln des Umweltverbundes gibt. Dies deckt sich mit anderen empirischen Untersuchungen über die Wechselwirkungen zwischen CarSharing und dem ÖPNV (vgl. z.B. KRIETEMEYER 1997 und BORK ET. AL. 1998). Diese Komplementärwirkung ist nicht auf den Entfernungsbereich beschränkt, vielmehr wird CarSharing auch zu Zeiten eingesetzt, in denen öffentliche Verkehrsmittel und das Fahrrad unattraktiv sind oder wenn schwere oder sperrige Güter transportiert werden müssen (z.B. die Fahrt zum Getränkeshändler oder zum Baumarkt). CarSharing kann daher als Rückfallebene für ein Leben ohne Pkw bzw. mit einem Pkw weniger angesehen werden.

Aufgrund der relativ hohen öffentlichen Beachtung und der prognostizierten großen Märkte entstanden in den letzten Jahren zahlreiche Konzepte, die aufbauend auf der Idee des CarSharing wirtschaftliche Erfolge versprechen. Die Form der professionellen, gewinnorientierten CarSharing-Variante wird als CarPool bezeichnet (nicht zu verwechseln mit CarPooling = organisierte Fahrgemeinschaften). Träger dieser Projekte sind z.B. Autovermieter, Autohäuser oder neue Mobilitätsanbieter [vgl. u.a. FORCHER 1997]. Ein für den Untersuchungsanlass beispielhaftes Projekt findet sich in Hamburg und ist unter dem Namen „Stadthaus Schlump“ bekannt geworden [ENGL 1999]. Bei diesem, von der

Volkswagen AG finanziell unterstützten Projekt, „mieten“ die Haushalte neben der Wohnung in dem genannten Haus zusätzlich Mobilitätsdienstleistungen wie eine ÖV-Zeitkarte und den Zugang zu der hauseigenen Fahrzeugflotte. Im Gegensatz zum klassischen CarSharing erfordert der CarPool nicht zwangsläufig eine Vorreservierung. Zugang, Fahrzeugfreischaltung und Fahrtenabrechnung erfolgen automatisch, die Fahrzeugpflege übernimmt die Hausverwaltung.

Durch die räumliche Begrenzung des potenziellen Kundenkreises entstehen bei dieser CarPool-Variante gegenüber dem CarSharing einige Vorteile, die dieses Konzept auch für autofreie bzw. autoarme Wohngebiete interessant machen. Die Konzentration vieler autoloser / wenig automobil orientierter Haushalte in einem Gebiet ermöglicht den Betreibern einer Fahrzeugflotte attraktive Angebote (hohe Fahrzeugdichte) und flexible Konzepte (Abweichen vom relativ strengen, bei CarSharing erforderlichen, Reservierungssystem).

Langfristig ist zu erwarten, dass sich in der heutigen Dienstleistungsgesellschaft ein wachsender Markt für Mobilitätsdienstleistungen entwickelt. Zentraler Bestandteil der Mobilitätsdienstleistungen ist ein Fahrzeugpool.

Ein weiterer interessanter Ansatz wird im Rahmen des Projektes CashCar in Berlin entwickelt (vgl. CANZLER, FRANKE [2000]). Im Gegensatz zum CarSharing Ansatz sind bei CashCar die mietbaren Pkw nicht im Besitz einer Organisation, sondern werden von Privatpersonen freigegeben. D.h. ein CashCar-Mitglied stellt seinen privaten Pkw zu bestimmten Zeiten CarSharing-Mitgliedern zur Verfügung und erhält dafür eine Vergütung.

Autofreie bzw. autoarme Gebiete eignen sich im hohen Maße dazu, Vorreiterrolle auch auf dem Gebiet der „Mobilitätsmiete“ zu werden, da sie die Rahmenbedingungen setzen, die eine Nutzung von CarSharing oder CarPool attraktiver machen, die so eine Rückfallebene für ein Leben ohne privaten Pkw-Besitz bieten.

3 Verkehrsverhalten als Indikator der Mobilität

Das öffentliche Leben wird zu großen Teilen durch das Mobilitätsgeschehen bestimmt. Dabei resultiert das Verkehrsaufkommen, das in Städten und zwischengemeindlichen Verbindungen zu beobachten ist, aus der Überlagerung der Verkehrsbedürfnisse einzelner Personen. Bei der Betrachtung des Verkehrsgeschehens ist es daher unabdingbar, die Verkehrseinheiten in Form von Individuen zu beachten. In der Verkehrsplanung werden aus diesem Grund verschiedene Erhebungsformen eingesetzt, mit denen Informationen über Verkehrsbeziehungen erfasst werden können. Einen Sonderfall stellt die Haushaltsbefragung dar, mit der zusätzlich Informationen über die Soziodemografie, das Lebensumfeld und die persönliche Einstellung und das Verkehrsverhalten von Personen (in Haushalten) abgefragt werden können. Bei Erhebungen ist zwischen Querschnitterhebungen und Längsschnitterhebungen zu unterscheiden. Während bei Querschnitterhebungen das Verkehrsverhalten zu einem Zeitpunkt erhoben wird, erfassen Längsschnitterhebungen das Verkehrsverhalten einer Person über einen längeren Zeitraum, zum Beispiel eine Woche. Mit Hilfe von Längsschnitterhebungen ist es möglich, Variationen im Verhalten von Individuen zu identifizieren.

Der Tagesablauf einer Person setzt sich aus inhäusigen Aktivitäten, aushäusigen Aktivitäten und Mobilitätszeiten zusammen. Personen, bei denen der Anteil der inhäusigen Aktivitäten eines Tages, d.h. der Anteil der Aktivität „Wohnen“, 100% beträgt, werden als „immobil“ bezeichnet. Abbildung 3-1 zeigt die Überlagerung aller individuellen Aktivitätsprogramme einer Stichprobe. Dargestellt ist der Anteil der Ortsveränderungen („Verkehrsteilnahme“), der Anteil der Aktivität „Wohnen“ als inhäusige Aktivität, sowie die Anteile der aushäusigen Aktivitäten „Arbeit“, „Ausbildung“, „Einkauf“ und „Freizeit“. Zu erkennen ist, wie sich das Verkehrsgeschehen auf der Straße in Abhängigkeit der einzelnen, im Tagesablauf eingepassten Aktivitäten widerspiegelt. Ortsveränderungen werden dann realisiert, wenn der Wunsch bzw. die Erfordernis nach Durchführung einer Aktivität auftritt. Die zeitliche Lage der unterschiedlichen Aktivitäten wiederum spiegelt die Rolle im jeweiligen Tagesprogramm der Personen wider. Zu erkennen ist zudem, dass bei ca. 10% der Tagesmuster die jeweilige Person am Ende des Tages (24 Uhr) nicht in der eigenen Wohnung war. Der Tag ist demnach nicht als abgeschlossener Beobachtungszeitraum anzusehen, bei dem der erste Weg in der Wohnung beginnt und der letzte Weg in der Wohnung endet.

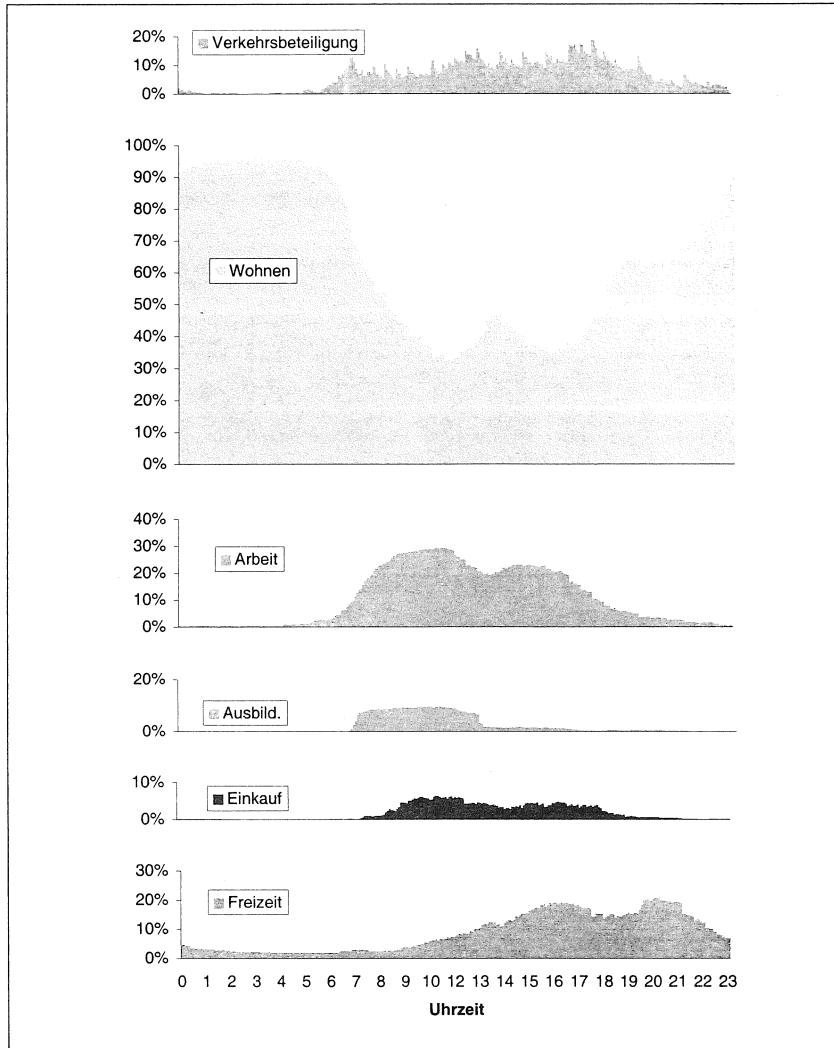


Abbildung 3-1: Beispiel für das überlagerte Aktivitätenprogramm einer Stichprobe [eigene Darstellung; Datenquelle: Haushaltsbefragung in Tübingen, n = 885 Personenprozentage]

Eine Haushaltsbefragung zum Verkehrsverhalten im sogenannten Kontiv-Design mit der Erhebung an einem Stichtag oder mit Hilfe eines Wegetagebuchs („Panel-Design“) über den Verlauf einer Woche liefert objektive Daten über alle Wege, die eine befragte Person im betrachteten Zeitraum absolviert hat. Im Gegensatz zu eher qualitativen Befragungen sind

die Ergebnisse der quantitativen Erhebungen bedingt durch Festlegung auf einen Befragungszeitraum zufälliger aber auch authentischer. So werden bei qualitativen Befragungen in der Regel seltene Ereignisse unterschätzt.

Ein Beispiel für eine quantitative Längsschnitterhebung ist das Deutsche Mobilitätspanel, das seit 1994 jedes Jahr wiederholend durchgeführt wird (siehe z.B. ZUMKELLER [2000] und CHLOND; LIPPS; MANZ; ZUMKELLER [2000]). Die aushäusigen Aktivitäten werden beim Deutschen Mobilitätspanel hinsichtlich der Kategorien „Arbeit“, „Ausbildung“, „dienstliche Aktivität“, „Einkauf“, „Freizeit“ und „Service“ (jemanden holen oder bringen) unterteilt. In Anlehnung an das deutsche Mobilitätspanel werden die folgenden Auswertungen auch für diese sechs Kategorien vorgenommen. Es gibt jedoch eine Vielzahl an Erhebungen, bei denen die Wegezwecke in eine größere Kategorienzahl eingeteilt werden (z.B. die Mobiplan-Erhebung, vgl. KÖNIG, SCHLICH, AXHAUSEN [2000]).

Liegen quantitative Daten über individuelles Verkehrsverhalten vor, so lassen sich die aushäusigen Aktivitäten und die Mobilitätszeiten zu Ausgängen zusammenfassen, die jeweils bei der Wohnung beginnen und enden.

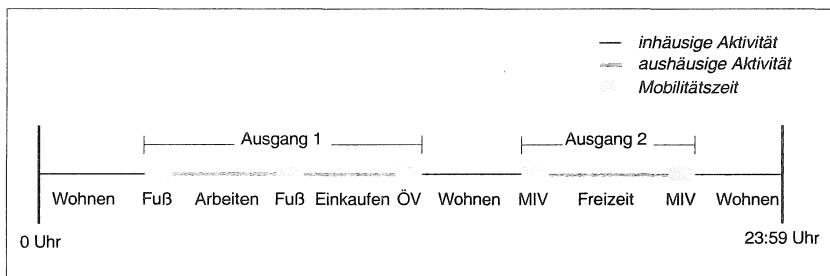


Abbildung 3-2: Beispiel für ein Tagesaktivitätsmuster [eigene Darstellung]

Abbildung 3-2 zeigt beispielhaft das Tagesaktivitätsprogramm einer fiktiven Person. Zu erkennen sind die inhäusigen, die aushäusigen Aktivitäten und die für die Ortsveränderung aufgewendete Zeit. In diesem Beispiel sind zwei Ausgänge als Verbindung einer oder mehrerer aushäusiger Aktivitäten und der korrespondierenden Wege dargestellt.

Aus Auswertungen von 49.270 Ausgängen des Deutschen Mobilitätspanels der Jahrgänge 1996 bis 1999 werden die am häufigsten auftretenden Aktivitätsprogramme in Ausgängen ersichtlich. Tabelle 3-1 zeigt die zehn häufigsten Kombinationen von aushäusigen Aktivitäten.

Aktivitätsfolge	Anteil [%]
Wohnen-Freizeit-Wohnen	26%
Wohnen-Einkauf-Wohnen	23%
Wohnen-Arbeit-Wohnen	13%
Wohnen-Service-Wohnen	6%
Wohnen-Ausbildung-Wohnen	4%
Wohnen-Freizeit-Freizeit-Wohnen	3%
Wohnen-Einkauf-Einkauf-Wohnen	2%
Wohnen-Dienstlich-Wohnen	2%
Wohnen-Arbeit-Einkauf-Wohnen	1%
Wohnen-Freizeit-Einkauf-Wohnen	1%

Tabelle 3-1: die häufigsten Ausgangstypen [Daten: Deutsches Mobilitätspanel (MOP) 1996-2000]

Die Einzelaktivitäten „Freizeit“, „Einkauf“ und „Arbeit“ machen 62% aller Ausgänge aus, die übrigen Ausgangstypen treten jedoch nur noch relativ selten auf. Insgesamt konnten bei den 49.270 Ausgängen 1.447 unterschiedliche Ausgangstypen (Aktivitätskombinationen) ermittelt werden. Dies zeigt, dass es eine große Zahl an unterschiedlichen, selten vorkommenden Mustern gibt, die nur durch Stichtags-, Wochen- oder sonstige Längsschnitterhebungen zu erfassen sind. Die seltenen Muster erscheinen auf der individuellen Ebene zufällig, für eine Aggregation auf eine Populationsebene sind die „ungewöhnlichen“ Aktivitätsmuster jedoch erforderlich um keine systematische Verzerrung der Ergebnisse zu verursachen.

Eine Erfassung zum Mobilitätsverhalten ermöglicht die Beschreibung des status-quo einer Population bzw. einer Stichprobe. So können durch eine Analyse der Soziodemografie und des Verkehrsverhaltens Rückschlüsse auf die befragten Personen und Haushalte gezogen werden. Erkenntnisse zu maßnahmebedingten Verkehrsverhaltensänderungen können durch die Berücksichtigung eines zweiten Zeitpunkts aus quantitativen Mobilitätsdaten gezogen werden. In Kapitel 4 werden die Verfahren zur Ermittlung von maßnahmebedingten Verkehrsverhaltensänderungen dargestellt.

4 Darstellungsmöglichkeiten von Verkehrsverhaltensänderungen

Eine der grundsätzlichsten Aufgaben von Ingenieuren ist neben der Planung und Gestaltung auch die Beurteilung bzw. Bewertung konkreter Maßnahmen. Zu unterscheiden ist dabei, ob eine verwirklichte Maßnahme hinsichtlich einer bestimmten Fragestellung beurteilt werden soll (z.B. um eine Übertragbarkeit der Planungen auf andere Einsatzbereiche abschätzen zu können), oder ob eine geplante Maßnahme prospektiv beurteilt werden soll, um über deren Umsetzung zu entscheiden. Für die Entscheidung über die Verwirklichung einer Maßnahme spielt im hohen Maße der zu erwartende Nutzen eine Rolle, der z.B. im Rahmen der Erstellung des Bundesverkehrswegeplans [siehe z.B. BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR 1993a] für Straßen bzw. der „Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs“ [BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR 1993b] ermittelt wird.

Einen wichtigen Aspekt im Spektrum des Gesamtnutzens einer Maßnahme stellen im Verkehrssektor die Änderungen im Verkehrsverhalten der betroffenen Bevölkerung dar. Zu diesen Verkehrsverhaltensänderungen zählen Nutzungen neuer Verkehrswege durch Veränderung der Routenwahl bei unverändertem Verkehrsmittel oder eine Änderung in der Verkehrsmittelwahl durch eine Veränderung im Angebot eines oder mehrerer Verkehrssysteme. Zudem können durch Maßnahmen zusätzlich ausgelöste Ortsveränderungen (Stichwort „induzierter Verkehr“) entstehen, die quantitativ nicht zu erfassen sind. Ein zur Abschätzung der Verhaltensänderungen eingeführter Probefahrtbetrieb scheidet im Verkehrssektor aufgrund des hohen finanziellen und zeitlichen Aufwandes in den meisten Fällen aus und ist aufgrund langer Adoptionszeiten methodisch fragwürdig. Es besteht jedoch die Möglichkeit, soweit vorhanden, die Auswirkungen ähnlicher Projekte unter Berücksichtigung der räumlichen Besonderheiten zu verwerten.

Um die gegebene Fragestellung mit einer angemessenen Methode zu bearbeiten, ist es zunächst erforderlich, verschiedene Möglichkeiten zur Schätzung der Maßnahmewirkung vorzustellen, um anschließend ein geeignetes Vorgehen unter Berücksichtigung der spezifischen gegebenen Randbedingungen auswählen zu können. Die vorliegende Arbeit erhebt nicht den Anspruch, einen umfassenden Überblick über verkehrsplanerische oder sozialwissenschaftliche Methoden darzustellen. Vielmehr sollen lediglich die grundsätzlichen Methoden, die zur Beantwortung der gestellten Fragen einsetzbar sind, kurz vorgestellt werden. Zu einer umfassenden Darstellung der einzelnen Methoden sei auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen.

Entscheidend zur Quantifizierung von Maßnahmewirkungen ist der Vergleich zweier Zustände, in der Regel zweier Zeitpunkte. Es müssen Informationen über das Verkehrsverhalten ohne die Maßnahme und mit der Maßnahme vorliegen. Dabei ist es nicht zwingend erforderlich, zwei empirische Erhebungen (Vorher-Nachher-Vergleich) durchzuführen.

Bei der Darstellung von maßnahmebedingten Verkehrsverhaltensänderungen ist grundsätzlich zwischen rein empirischen Methoden (z.B. Befragungen) und Modellrechnungen zu unterscheiden. Während bei einer Befragung Änderungen gemessen werden können, können Modelle zur Schätzung von Änderungen verwendet werden.

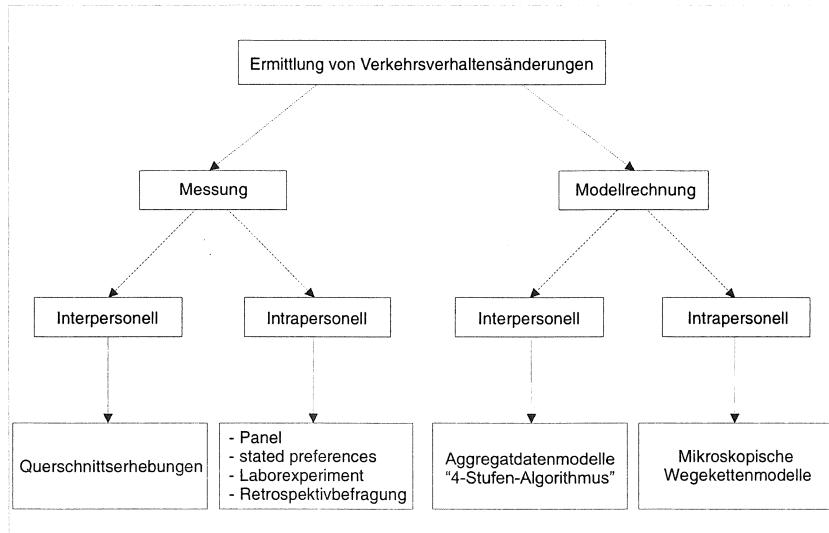


Abbildung 4-1: Methoden zur Ermittlung von Verkehrsverhaltensänderungen [eigene Darstellung]

In Abbildung 4-1 sind die grundlegenden Methoden zur Ermittlung von maßnahmebedingten Verkehrsverhaltensänderungen dargestellt. Dabei wird zwischen Befragungen und Modellrechnungen sowie zwischen inter- und intrapersonellen Methoden unterschieden.

Während bei einer **interpersonellen** Analyse die Ergebnisse zweier unterschiedlicher Querschnitterhebungen verglichen werden, existieren bei einer **intrapersonellen** Analyse von den befragten Personen Kenngrößen zu den beiden untersuchten Situationen. Das bedeutet, dass bei einer interpersonellen Analyse nur Änderungen aggregierter Werte (z.B. Mittelwert der Verkehrsleistung vorher – nachher) ausgewertet werden können, wohingegen bei intrapersonellen Analysen individuelle Auswertungen vorliegen, die zu einer Gesamtbeurteilung zusammengefasst werden können. Betrachtet man eine symmetrische Veränderungsmatrix „vorher – nachher“, bei der die Zeilen- und Spaltenanzahl den möglichen Ausprägungen entsprechen, so sind mit einer interpersonellen Erhebung lediglich die Zeilen- und Spaltensummen zu ermitteln, wohingegen mit Hilfe einer intrapersonellen Erhebung sämtliche Matrixelemente gefüllt werden können.

Fiktives Beispiel: Verkehrsmittel auf dem Weg zur Arbeit vor und nach
Einführung einer Stadtbahnlinie

interpersonell ($n = n$)			intrapersonell ($n = i$)		
	vorher	nachher		vorher	nachher
Person 1	MIV			MIV	→ MIV
Person 2			ÖV	MIV	→ ÖV
Person 3	ÖV			ÖV	→ ÖV
Person 4	MIV			MIV	→ ÖV
Person 5			MIV	MIV	→ MIV
Person 6			ÖV	Rad	→ ÖV
Person 7	Rad			Rad	→ Rad
:	:	:		:	:
:	:	:		:	:
Person i			ÖV		
:	:	:			
:	:	:			
Person n	MIV			MIV	→ ÖV

Summe Rad	10%	→	6%	
Summe MIV	80%	→	60%	
Summe ÖV	10%	→	34%	

v \ n	Rad	MIV	ÖV	Summe
Rad	4%	2%	4%	10%
MIV	2%	57%	21%	80%
ÖV	0%	1%	9%	10%
Summe	6%	60%	34%	100%

Abbildung 4-2: Vergleich der Erhebungsformen intrapersonell und interpersonell [eigene Darstellung]

In Abbildung 4-2 werden anhand eines fiktiven Beispiels einer neugebauten Stadtbahnlinie die Begriffe inter- und intrapersonell erläutert. Zu erkennen ist, dass bei einer interpersonellen Analyse lediglich die aggregierten Verkehrsmittelanteile vorher und nachher verglichen werden können, so dass der Eindruck entsteht, die einzigen Veränderungen seien durch Personen ausgelöst, die anstelle des Fahrrades bzw. des MIV die neu geplante Stadtbahnlinie nutzen. Aus der intrapersonellen Analyse wird jedoch deutlich, dass die Änderungen vielschichtiger sind. Mit der Kenntnis der Änderungen einzelner Personen ist es zudem möglich, individuelle soziodemografische Besonderheiten bei der Analyse zu berücksichtigen. Den Vorteilen, die eine intrapersonelle Analyse bietet, steht jedoch der Nachteil eines deutlich erhöhten Aufwandes gegenüber. Die Wahl des einzusetzenden Instrumentariums ist demnach von den Anforderungen an die Qualität der Aussagen und den zur Verfügung stehenden Mitteln abhängig.

Im Folgenden sollen die unterschiedlichen Methoden, die in Abbildung 4-1 dargestellt sind, näher erläutert werden.

4.1 Messungen

Zur Messung von Verkehrsverhaltensänderungen sind grundsätzlich eine Vielzahl an Erhebungsmethoden einsetzbar. Da auf Messungen im Straßenraum in dieser Arbeit nicht eingegangen werden soll, beschränken sich die folgenden Ausführungen auf Haushaltsbefragungen.

Verhaltensänderungen, die ausschließlich auf interpersoneller Ebene ermittelt werden sollen, können durch den Vergleich zweier Querschnittserhebungen identifiziert werden. Ein Beispiel für ein adäquates Vorgehen ist die Messung der Auswirkungen einer Maßnahme auf ein bestimmtes Gebiet, z.B. die Einbindung an das Netz des örtlichen ÖPNV durch eine Stadtbahnlinie. In einer Vorher-Erhebung unter den Anwohnern des zukünftig erschlossenen Gebietes können die Verkehrsmittelanteile identifiziert werden. Wird im Anschluss an die Verwirklichung der Maßnahme unter den Anwohnern eine zweite, von der ersten Stichprobe unabhängige Stichprobe gezogen und erhoben, können in einem Vergleich der beiden Erhebungsergebnisse die Verhaltensänderungen **im Kollektiv** ermittelt werden. So kann z.B. die Erhöhung des ÖPNV-Anteils am Modal Split identifiziert werden. Es ist jedoch nicht möglich, intrapersonelle Zusammenhänge zu erkennen und, damit verbunden, eine intrapersonelle Wirkungsanalyse durchzuführen. Der Vorteil der Querschnittserhebungen liegt in der relativ einfachen Durchführung und den dadurch entstehenden geringeren Kosten. Zudem kann eine der beiden Querschnitterhebungen durch eine eventuell vorhandene Haushaltsbefragung genutzt werden.

Im Gegensatz zu interpersonellen Methoden können intrapersonelle Analysen Rückschlüsse auf der Ebene von Individuen liefern. Alle intrapersonellen Erhebungsmethoden können interpersonell ausgewertet werden. Da die intrapersonelle Erhebung einen erhöhten Aufwand erfordert, können die nachfolgenden vorgestellten Methoden zur Kostenreduktion und zur Vergrößerung der Stichprobe ausschließlich interpersonell angewendet werden.

Bei der empirischen Messung intrapersoneller Verhaltensänderungen ist zwischen einem und zwei Erhebungszeitpunkten (Messungen) zu unterscheiden. Bei einer Befragung derselben Personen zu zwei Zeitpunkten können intrapersonelle Zusammenhänge aus zwei quantitativen Erhebungen gewonnen werden (vgl. Abbildung 4-2). Bei einer Vorher-Nachher-Befragung im Panelansatz entspricht die Stichprobe der zweiten Erhebung der Stichprobe der ersten Erhebung. Durch eine eindeutige Kennzeichnung der Daten sind Vergleiche der Erhebungsdaten einzelner Personen zu zwei Zeitpunkten möglich. Der Vorteil dieses Ansatzes liegt darin, dass es möglich ist, zwei zu vergleichende, über einen Erhebungszeitraum (Tag, Woche o.ä.) erfasste, Mobilitätsmuster zu erheben.

Es gibt zudem eine Vielzahl an Methoden, die Verkehrsverhaltensänderungen basierend auf lediglich einer Erhebung rein empirisch erfassen sollen. Bei diesen Erhebungsformen werden zwei zu erfassende Zeitpunkte bei einer Erhebung erfasst. Diese Befragungen einer Situation zu einem anderen Zeitpunkt oder zu anderen Lebensumständen können

retrospektiv (rückblickend auf einen Zeitpunkt vor Einführung einer Maßnahme) oder prospektiv (Einschätzung der erwarteten Änderungen durch Maßnahmewirkungen) erfolgen.

Als Beispiele für prospektive Methoden seien an dieser Stelle (vgl. Abbildung 4-1) die Methode der stated preferences [z.B. FGSV 1996] oder sozialwissenschaftliche Laborexperimente genannt (z.B. HATS [JONES 1979]). Alle prospektiven Erhebungsformen versuchen, den Befragten eine veränderte Situation vorstellbar zu machen, um die Interviewergebnisse als mögliche Maßnahmenreaktion nutzen zu können.

In Abbildung 4-3 ist ein Beispiel für eine Befragung nach der Methode der stated preferences vorgestellt.

E1241 19	Gebühr oder Strafzettel	Anfahrtszeit	Suchzeit	Entfernung
Strassenrand	Keine	18 min.	8 min.	10 min.
Parkuhr	1 DM	20 min.	12 min.	12 min.
Parkverbot	1 von 10	20 min.	Keine	12 min.
Wählen Sie eine Parkgelegenheit aus:				
Strassenrand		<input type="radio"/>		
Parkuhr		<input type="radio"/>		
Parkverbot		<input type="radio"/>		

Abbildung 4-3: Beispiel für eine stated preferences Befragung [AXHAUSEN 1989]

Mit dieser Methode ist es möglich, die Auswirkungen einer bestimmten Maßnahme zu quantifizieren. Unter Berücksichtigung der Soziodemografie und des aktuellen Verkehrsverhaltens können intrapersonelle Rückschlüsse gezogen werden. Auf der Basis einer Erhebung im Ist-Zustand können die Befragungen für die einzelnen Probanden entsprechend ihres individuellen Verhaltens angepasst werden. Die Entwicklung der Technik in den letzten Jahren ermöglicht für Laborexperimente realistische Computeranimationen, um die Darstellung für die Probanden zu erleichtern. Berücksichtigt werden muss, dass die Befragungsergebnisse nicht in dem Detaillierungsgrad und der Zuverlässigkeit vorliegen, wie bei quantitativen Stichtags- oder Wochenerhebungen. Zudem ist der Erhebungsaufwand aufgrund der intensiven Betreuung der Befragten sehr aufwändig. Die Glaubwürdigkeit der Antworten ist aufgrund der komplexen Form des Erhebungsdesigns und der hohen Anforderung an die Befragten in Frage zu stellen.

Retrospektive Erhebungen haben gegenüber prospektiven Erhebungen den Vorteil, dass zu einem früheren Zeitpunkt realisiertes Verhalten erhoben wird. Bei einer retrospektiven Erhebung wird (ausgehende von dem Verhalten nach Einführung einer Maßnahme) rückblickend das Verhalten vor Einführung der Maßnahme abgefragt. Jedoch ist es nicht

möglich, Tages- oder Wochenmuster im hohen Detaillierungsgrad retrospektiv abzufragen. Daher muss sich der Befragungsinhalt auf wichtige (bzw. relevante) Aktivitäten beschränken. Die, wie in Kapitel 3 gezeigt, häufig vorkommenden komplexen Aktivitätskombinationen in Ausgängen werden bei der Verwendung dieser Methode unterschätzt.

Je nach Art der zu untersuchenden Maßnahme sind jedoch Erhebungsformen, die realisiertes Verhalten zu zwei Zeitpunkten vergleichen, anfällig gegenüber Änderungen im Lebenszyklus. CHLOND, WASSMUTH [1997] haben am Beispiel von CarSharing gezeigt, dass ein Vorher-Nachher-Vergleich mit Hilfe eines Retrospektivansatzes (aktuelle Verkehrsleistung im Vergleich zu der retrospektiv berichteten Verkehrsleistung vor Beitreitt zu CarSharing) zu unbrauchbaren Ergebnissen führt, da das Verkehrsverhalten sich auch ohne die Maßnahme (hier: Beitreitt zu CarSharing) zwischen dem Vorher- und dem Nachher-Zeitpunkt stark verändert hätte. Abbildung 4-4 verdeutlicht diese Zusammenhänge.

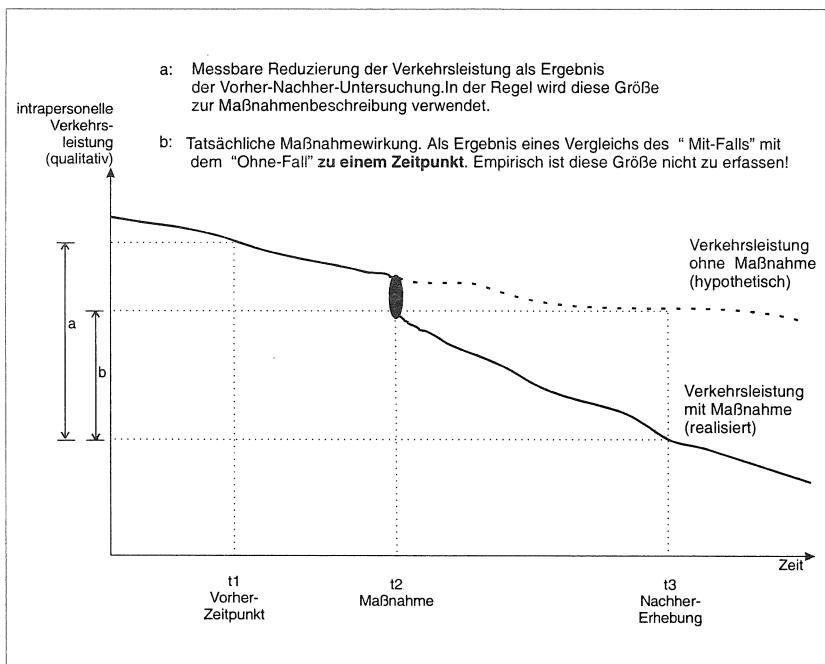


Abbildung 4-4: Problem der Vorher-Nachher-Erhebung [nach CHLOND, WASSMUTH 1997]

Um die Wirkung der Maßnahme identifizieren zu können, wäre ein Vergleich des Verhaltens unter Maßnahmeverbedingung mit dem Verhalten, das sich bei derselben Person zum selben Zeitpunkt ohne die Maßnahme eingestellt hätte, erforderlich. In Abbildung 4-4 ist diese Verhaltendifferenz mit „ b “ gekennzeichnet und deutlich geringer als die Verhaltendifferenz,

die in einem Vergleich des Verhaltens zu zwei Zeitpunkten (mit „a“ gekennzeichnet) ermittelt wird. Zur Beurteilung der Auswirkungen einer Maßnahme müsste demnach bekannt sein, wie sich die befragten Personen im Nachher-Zeitpunkt verhalten hätten, wenn die Maßnahme keinen Einfluss gehabt hätte. Dieser Konjunktiv-Fall ist jedoch nicht empirisch zu erheben. Zur Beurteilung der Auswirkungen der Zeitspanne zwischen dem Vorher-Zeitpunkt und dem Nachher-Zeitpunkt ist die Maßnahme und die Soziodemografie der Probanden von großer Bedeutung. Um einen Vorher-Nachher-Vergleich anstellen zu können, muss davon ausgegangen werden, dass das Verkehrsverhalten ohne die Maßnahme annähernd konstant geblieben wäre. Für das Beispiel CarSharing konnten CHLOND, WASSMUTH [1997] zeigen, dass in den meisten Fällen erst eine Veränderung im persönlichen Verkehrsverhalten zu einem Beitritt zu CarSharing führt, so dass die Veränderungen über einen längeren Zeitraum (zwischen „vorher“ und „nachher“) groß sind, als dass sie als konstant angesehen werden können.

Wie in Kapitel 2 dargestellt, ändert sich das Verkehrsverhalten im Laufe eines Lebenszyklus sehr häufig. Neben maßnahmeabhängigen Verhaltensänderungen sind zusätzlich die sogenannten externen Effekte zu berücksichtigen. Im Gegensatz zu Querschnittserhebungen, bei denen keine persönlichen Änderungen (Lebenszyklusstellung) identifiziert werden können, treten bei intrapersonellen Analysen neben Änderungen im Kollektiv (z.B. Benzinpreiserhöhung) auch maßnahmenunabhängige Änderungen auf Personen- bzw. Haushaltsebene auf. Diese Wirkungen können aufgrund der Maßnahmenunabhängigkeit zu den externen Effekten gezählt werden. Die Effekte bewirken besonders bei längeren Zeiträumen zwischen den Panelwellen, die aufgrund der Adoptionszeit der Maßnahme häufig erforderlich sind, eine zunehmende Verwischung der Ergebnisse. Besonders von Bedeutung sind die intrapersonellen externen Effekte, wenn sich bei den beobachteten Haushalten in der Soziodemografie bzw. in der Stellung im Lebenszyklus Änderungen ergeben. Dadurch, dass alle befragten Personen zum Zeitpunkt der zweiten Befragung älter geworden sind, entstehen Auswirkungen, die unabhängig von der Maßnahme sind. Wenn z.B. in der Vorher-Erhebung eine Familie mit einem Erwerbstätigen, einer Hausfrau und zwei Kindern im Alter von zwei und sieben Jahren befragt wurde, dann kann sich bei einer zweiten Befragungswelle zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt „nachher“ in der Familie so viel geändert haben, dass die intrapersonellen externen Faktoren die Auswirkungen der Maßnahme überdecken. In diesem Beispiel ist es denkbar, dass drei Jahre später das jüngere Kind in den Kindergarten geht, die Mutter wieder einer Berufstätigkeit nachgeht und das ältere Kind einen größeren individuellen Mobilitätsspielbedarf aufweist.

Je größer die möglichen Änderungen zwischen den Befragungszeiträumen sind, umso größer ist die Erfordernis, durch eine gezielte Erhebungsorganisation diese externen Effekte zu identifizieren und zu eliminieren. Werden die Effekte zu bestimmend oder sind die maßnahmebedingten Verhaltensänderungen nicht zu separieren, ist eine Erhebung im Panel-Design nicht dazu geeignet, Maßnahmewirkungen zu messen.

4.2 Modellrechnungen

Ist eine empirische Erhebung zu fehleranfällig, aufgrund der Komplexität der Fragestellung nicht für eine Maßnahmeschätzung geeignet oder die Stichprobe nicht ausreichend, so sind Modellrechnungen erforderlich. Modelle werden hauptsächlich dann eingesetzt, wenn verschiedene Varianten zu vergleichen sind. Wichtig beim Einsatz von Modellen ist, dass das Modellkonzept ausreichend durchdacht und getestet ist. Basis jedes Modells muss eine ausreichende Empirie sein. Ein Modell kann in keinem Fall ohne Empirie auskommen. Das im Modell ermittelte Verhalten muss mit Hilfe von Erhebungsdaten kalibriert werden.

Modelle im Verkehrswesen werden üblicherweise in makroskopische und in mikroskopische Modelltypen differenziert. Diese Unterscheidung besitzt besonders auf dem Gebiet der Verkehrsnachfragemodellierung Gültigkeit.

In der Nachkriegszeit wurden Verkehrsplanungsmodelle hauptsächlich dazu benötigt, Verkehrsströme zur Dimensionierung von Straßenneubauten zu quantifizieren. Zu diesem Zweck wurden auf Regressionsansätzen beruhende Modelle entwickelt, die als Ergebnis eine verkehrsmittelspezifische Ortsveränderungsmatrix bzw. darauf aufbauend eine Streckenbelastung ergeben (vgl. z.B. MÄCKE [1964]).

Untersucht werden Verkehrsbeziehungen zwischen Verkehrszellen. Die Untersuchungseinheit besteht demnach aus Verkehrsströmen F_{ij} zwischen den Verkehrszellen „i“ und „j“. Es handelt sich hierbei um einen makroskopischen Modellansatz, der keine intrapersonellen Analysen zulässt.

Entsprechend der Anzahl der einzelnen Modelle, die für die Ermittlung der netzabhängigen Streckenbelastungen benötigt werden, wurde das gesamte Vorgehen als „Vier-Stufen-Algorithmus“ bezeichnet.

Im ersten Schritt des Algorithmus (der sog. „Verkehrserzeugung“) werden für die einzelnen Verkehrszellen eines Planungsraumes die einströmenden und die ausströmenden Verkehrsströme als Summe des Zielverkehrs (Z_i) und Summe des Quellverkehrs (Q_i) mit Hilfe von allgemeinen Strukturdaten bestimmt.

Im zweiten Modell werden die inneren Matrixelemente aus den Zeilen- und Spaltensummen mit Hilfe von mathematischen Verfahren bestimmt. Diese „Verkehrsverteilung“ ermittelt auf Basis des Gravitationsansatzes der Physik, welcher Anteil des jeweiligen Quellverkehrs sich auf die einzelnen möglichen Zielzellen verteilt.

Ist diese Ortsveränderungsmatrix erstellt, wird im Modell „Verkehrsaufteilung“ der Verkehrsstrom F_{ij} auf die einzelnen für diese Relation zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel verteilt. Hierzu werden in der Regel Reisezeitverhältnisse oder empirisch ermittelte Verkehrsmittelanteile verwendet.

Diese einzelnen Verkehrsströme können mit verschiedenen Umlegungsverfahren auf ein bestehendes Verkehrsnetz in Abhängigkeit der Widerstände der einzelnen Routen verteilt werden. Diese Umlegung ist besonders für den motorisierten Verkehr (MIV und ÖV) interessant.

Abbildung 4-5 zeigt einen Überblick über den grundsätzlichen Ablauf eines makroskopischen Verkehrs nachfragermodells.

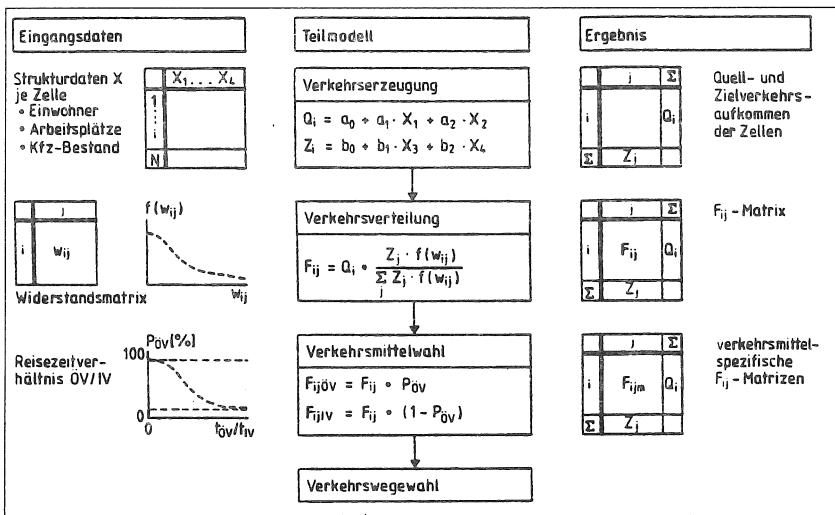


Abbildung 4-5: Ablauf des klassischen Vier-Sufen-Algorithmus [RETZKO 1994]

Dargestellt sind die erforderlichen Eingabegrößen, die grundlegenden formalisierten Zusammenhänge, sowie die jeweiligen Ergebnisse der Teilmodelle Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung, Verkehrsauftteilung (Mittelwahl) sowie Umlegung (Wegewahl).

Auch wenn die makroskopischen Verkehrs nachfragermodelle in den letzten Jahren vermehrt durch mikroskopische Modellansätze verdrängt wurden, werden sie weiterhin wissenschaftlich weiterentwickelt und eingesetzt. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf einer Verknüpfung der einzelnen Modelle, um Rückkopplungen widerzuspiegeln. Das in Dresden entwickelte Modell „EVA“ (Erzeugung – Verteilung - Aufteilung) (z.B. in SCHNABEL, LOHSE 1997) ermittelt das Verkehrsauftkommen F_{ijk} von der Zelle i zur Zelle j mit dem Verkehrsmittel k aus einer Bewertungswahrscheinlichkeit, sowie Gewichtungsfaktoren für die Quelle i , das Ziel j und das Verkehrsmittel k . Die Bestimmung der einzelnen Verkehrsbeziehungen beruht in erster Linie auf einer mathematischen Abbildung unter Berücksichtigung der Randsummenbedingungen (vgl. auch LOHSE [2000]). Der Vorteil der makroskopischen Verkehrs nachfragermodelle liegt in der Feststellung, dass eine konsequente Einhaltung der empirisch ermittelbaren Randsummen den Lösungsspielraum begrenzt. Zur Ermittlung der

inneren Matrixelemente können komplexe mathematische Lösungsverfahren eingesetzt werden. Ein weiterer Vorteil der makroskopischen Nachfragermodelle liegt im relativ geringen Aufwand im Vergleich zu mikroskopischen Modellen, so dass ein Einsatz auch mit begrenztem Mittelaufwand möglich ist.

Kritisiert wird an den makroskopischen Verkehrsnachfragermodellen, dass die vorgefundenen Zustände zwar mit Hilfe von Regressionsansätzen zutreffend beschrieben werden, jedoch kein kausaler Zusammenhang zwischen der Ursache der Ortsveränderung und dem Modellergebnis besteht. Zudem sind die aus komplizierten Gleichungssystemen, Exponenten und Koeffizienten bestehenden formalisierten Teilmodelle nur schwer nachvollziehbar.

Um die Ursachen – Wirkungszusammenhänge adäquat beschreiben zu können, muss ein mikroskopisches Verkehrsnachfragermodell eingesetzt werden. Bei Modellen dieses Typs wird versucht, das Verkehrsverhalten von Menschen als selbständige handelnde Individuen zu beschreiben und nachzubilden. Folge dieser Forderung ist die Betrachtung des Menschen als handelndes Objekt und des Verkehrsverhaltens in Form von Wegeketten und Ausgängen als Ergebnis des Zusammenwirkens von Rahmenbedingungen, Budgetrestriktionen und Aktivitätswünschen. Auch wenn die einzelnen Module einer mikroskopischen Nachfragerimulation den Modellbausteinen eines makroskopischen Modells ähneln bzw. daran angelehnt sind, ist der zentrale Unterschied im Untersuchungsgegenstand zu sehen.

In Abbildung 4-6 sind die zentralen Modellbausteine bei makroskopischen und bei mikroskopischen Nachfragermodellen gegenübergestellt. Zu erkennen ist der zentrale Unterschied zwischen den Betrachtungseinheiten „Mensch“ und „Verkehrszelle“. Als Ergebnis der einzelnen Modellschritte stehen sowohl beim makroskopischen Modell als auch beim mikroskopischen Modell eine Verkehrsnachfragermatrix zur Verfügung.

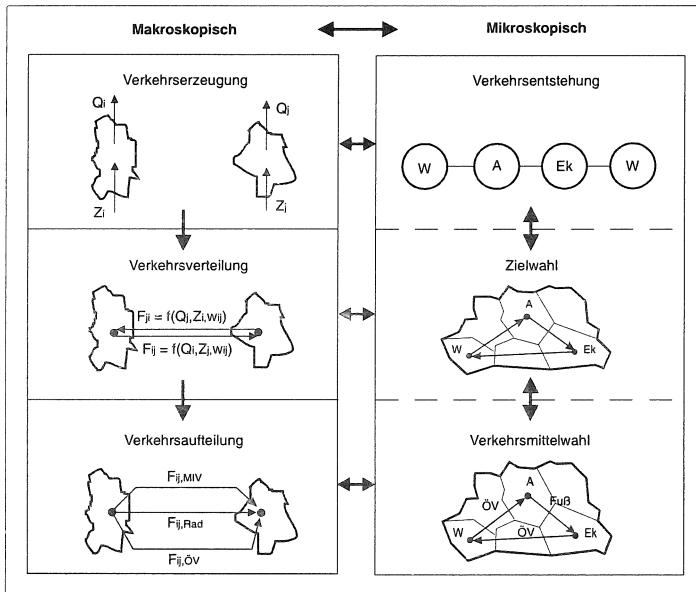


Abbildung 4-6: Vergleich der Modellbausteine bei makroskopischen und mikroskopischen Nachfragermodellen [eigene Darstellung]

Grundlage einer mikroskopischen Nachfragermodellierung sind leistungsfähige Rechnersysteme, die Simulationsabläufe für jede untersuchte Person durchführen und somit das Verkehrsaufkommen in einem Untersuchungsgebiet aus einzelnen individuellen Ortsveränderungen zusammensetzen (aggregieren). Ein Werkzeug zur mikroskopischen Simulation ist die Monte-Carlo-Methode, mit deren Hilfe aus einer Wahrscheinlichkeitsverteilung einer Person ein bestimmtes Verhalten zugewiesen werden kann. Der Einsatz dieser Methode impliziert, dass das intrapersonelle Verkehrsverhalten zwar ein mögliches, aber nicht das einzige „wahre“ Verkehrsverhalten ist. Es kann keine zuverlässige Aussage darüber getroffen werden, wie sich einzelne Personen verhalten werden. Es ist nicht zutreffend, dass es mit mikroskopischer Simulation möglich ist zu bestimmen, ob die Person X das Ziel a oder das Ziel b wählt. Mit Hilfe der Monte-Carlo-Methode wird lediglich aus einer Verteilung ein mögliches Verhalten zugespielt.

Das erste Modul einer mikroskopischen Nachfragermodellierung wird als Verkehrsentstehung bezeichnet. In diesem Modellschritt werden Aktivitätsmuster für einzelne Menschen festgelegt. Basis für die Zuweisung eines bestimmten Verhaltens zu Personen ist häufig die Einteilung der Bevölkerung in verhaltenshomogene Gruppen (vgl. z.B. SCHMIEDEL [1984]). Es wird davon ausgegangen, dass soziodemografische Kenngrößen wie Pkw-Besitz oder Berufstätigkeit das Verkehrsverhalten so weit bestimmen, dass von Personen mit ähnlichem Status ähnliches Verhalten zu erwarten ist.

Ein Ansatz um mit Hilfe verhaltenshomogener Gruppen simulierten Personen ein Aktivitätsmuster zuzuweisen findet sich z.B. bei ZUMKELLER, SEITZ [1993]. Hier werden Daten einer Kontiv-Erhebung so ausgewertet, dass in Abhängigkeit von der Personengruppe und der Ortsgröße eine Wahrscheinlichkeitsverteilung für bestimmte Aktivitätsfolgen vorgegeben wird. Mit Hilfe einer Monte-Carlo-Simulation lassen sich aus diesen Verteilungen für einzelne Personen Aktivitätsfolgen zuweisen.

In den letzten Jahren wurden besonders im englischsprachigen Raum viele Anstrengungen unternommen, die Motive und Wirkungen individueller Aktivitätsplanung zu erforschen und in Modellen umzusetzen (vgl. z.B. BOWMAN ET AL. [1998], LAWSON [1999] oder DOHERTY; AXHAUSEN [1998]). Ein weiteres Modell findet sich bei LIPPS [2001], der unter Verwendung der Daten des deutschen Mobilitätspanels eine Generierung von Verhaltensmustern im Wochenverlauf realisiert. Hierbei spielt die intrapersonelle Variation eine entscheidende Rolle. Diese Modellentwicklungen wurden erforderlich, da sich die Anforderungen an die Modelle gewandelt haben. Während zur Prognose von zeitlich unempfindlichen Belastungen von Neubaustrecken die individuelle Zeitplanung nahezu vernachlässigt werden konnte, entsteht aufgrund neuer Herausforderungen (z.B. Road Pricing, flexible Arbeitszeiten, Störungsmanagement) die Erfordernis, zeitlich hoch auflösende Modelle der Verkehrsentstehung zu erstellen (vgl. z.B. BHAT; KOPPELMAN [2000]).

Während auf dem Gebiet der Aktivitätsplanung / Verkehrsentstehung der Forschungsaufwand in den letzten Jahren relativ umfangreich war, basieren die Konzepte der Zielwahlmodellierung in erster Linie auf etablierten Ansätzen. Ziel der Zielwahlmodellierung ist es, die Aktivitätsfolgen eines Ausgangs in einem Untersuchungsgebiet zu verteilen. Die Annahmewahrscheinlichkeit eines Ziels ist dabei abhängig von dem Angebot vor Ort („Gelegenheiten“) und dem Widerstand, der zur Überwindung des Raumes zwischen dem aktuellen Standort und dem möglichen Ziel besteht. Die Gelegenheiten der möglichen Zielzellen sind abhängig vom jeweiligen Aktivitätszweck.

Es sind verschiedene Modellansätze bekannt, die versuchen, eine Zielwahl nachzubilden. Genannt seien an dieser Stelle das Entropiemodell oder das Opportunity-Modell (vgl. BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR [1988] oder WERMUTH [1986]). Die meisten Modellansätze lassen sich auf den klassischen Gravitationsansatz der Physik zurückführen, der auch bei makroskopischen Modellen verwendet wird. Bei der mikroskopischen Betrachtung wird die gegenseitige Anziehung zwischen zwei Verkehrszellen jedoch als Anziehung der möglichen Zielzellen für ein Individuum mit einem aktuellen Standort interpretiert. Wird für die einzelnen Zielzellen aus den jeweiligen Gelegenheiten und den Widerständen von der Quellzelle eine Attraktivität ermittelt, so lassen sich daraus Auswahlwahrscheinlichkeiten bestimmen.

$$Att_{j|i}^k = \frac{G_j^k}{f(w_i, j)} \quad (4-1)$$

In Formel 4-1 ist der grundsätzliche formale Zusammenhang dargestellt. Die Attraktivität einer Verkehrszelle j , ausgehend von einer Verkehrszelle i für den Verkehrszweck k , entspricht dem Verhältnis der Gelegenheiten der Zielzelle j für den Verkehrszweck k , sowie einer Funktion des Widerstandes zwischen den Verkehrszellen i und j . Neben dem Widerstand zwischen zwei Zellen können andere Faktoren (z.B. soziodemografische Kenngrößen) eine Rolle spielen. Aus diesem Grund wird besonders im englisch-sprachigen Raum eine Auswahl mit Hilfe einer nichtlinearen Regression (z.B. Logit-Modell) verwendet.

Für die Bestimmung des Widerstandes zwischen zwei Verkehrszellen sind verschiedene Ansätze denkbar. Die einfachste, jedoch auch ungenaueste Lösung, stellen Luftliniendistanzen dar. Relevant für den Nutzer sind jedoch hauptsächlich Fahrzeiten, die im Netz erreicht werden. Da die Fahrzeiten jedoch im hohen Maße von dem genutzten Verkehrsmittel abhängen, entsteht die Erfordernis bereits vor einer Zielwahlsimulation eine Wahl des Verkehrsmittels zu treffen, obwohl dieser Modellschritt dem strukturellen Aufbau nach erst später erfolgt. Um die Wechselwirkungen zwischen Verkehrsmittelwahl und Zielwahl adäquat beschreiben zu können, gibt es Modellansätze, die beide Entscheidungen parallel bearbeiten (z.B. mit Hilfe eines Nested-Logit-Modells in BONDZIO [1996], in BOBINGER [2000] oder in JONNALAGADDA ET AL. [2001]).

Bei einer sequenziellen Bearbeitung dieser Modellschritte folgt nach der Zielwahl in einem weiteren Modellschritt die Wahl des Verkehrsmittels für die einzelnen Aktivitäten. Für die Wahl eines Verkehrsmittels sind viele verschiedene Indikatoren von Bedeutung. Neben den Verfügbarkeiten der einzelnen Verkehrsmittel spielen hauptsächlich wegspezifische Variablen (Kosten, Zeit, Entfernung, Gepäck) und die persönliche Einstellung eine entscheidende Rolle. Analog zu der Beobachtung, dass Aktivitätsfolgen einem intrapersonellen habitualisierten Muster folgen, zeigen sich auch verkehrsmittelspezifische Vorlieben und Gewohnheiten im intrapersonellen Längsschnitt. Dennoch sind intrapersonelle Modellansätze der Verkehrsmittelwahl bis heute wenig ausgeprägt. Üblicherweise werden in Simulationsmodellen Nutzenmaximierungsmodelle angewendet, bei denen die individuelle Gewichtung verschiedener wegespezifischer Verkehrsmittelattribute (z.B. Kosten und Reisezeit) über eine Aggregateinheit ermittelt wird. Aus dem so ermittelten Nutzen eines Verkehrsmittels für eine bestimmte Ortsveränderung wird die Auswahlwahrscheinlichkeit mit Hilfe eines Auswahlmodells (z.B. Nested-Logit oder Probit – vgl. BEN-AKIVA, LERMAN [1985] oder MCFADDEN [2000]) ermittelt. Individuelle Einstellungen und Restriktionen werden bei diesem allgemeinen Vorgang nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund entwickelte z.B. WERMUTH ein „situationsorientiertes Verhaltensmodell der individuellen Verkehrsmittelwahl“ [WERMUTH 1980], bei dem Zwänge und subjektive Gründe der Verkehrsmittelwahlsituation MIV - ÖV auf Basis verschiedener soziodemografischer Variablen modelliert wurden. Verschiedene Fachdisziplinen haben versucht, auf Basis des beschriebenen Vorgehens Modelle zu entwickeln, die den individuellen Entscheidungskontext weiter in den Vordergrund stellen. Diese Modellansätze (z.B. der Soziologie oder der Geographie – siehe u.a. GORR [1998]) sind jedoch eher erkläungsorientiert und daher nur bedingt für eine Prognose maßnahmebedingter Verhaltensänderungen verwendbar.

Als Ergebnis des Einsatzes einer nonlinearen Regression mit Hilfe eines Logit-Modells lassen sich Wahrscheinlichkeiten für den Einsatz der relevanten Verkehrsmittel für den Weg von einer Aktivitätszelle zu der nächsten in der Zielwahl ermittelten Aktivitätszelle bestimmen. Aus diesen Wahrscheinlichkeiten kann mit Hilfe eines Monte-Carlo-Prozesses ein Verkehrsmittel zugewiesen werden. Vorher definierte Kriterien für Verkehrsmittelwechsel helfen bei der Vermeidung unplausibler Simulationsergebnisse. Nicht zulässig ist die Bestimmung **eines** Verkehrsmittels für alle Wege eines Ausgangs. Eine Analyse des deutschen Mobilitätspanels zeigt, dass bei 15% aller Ausgänge mindestens ein Verkehrsmittelwechsel stattfindet. Darin nicht enthalten sind intermodale Verknüpfungen bei einer Aktivität wie z.B. Park + Ride.

Die Ermittlung der Gewichtungsfaktoren zur Berechnung der Nutzenfunktion wird in der Regel für ein Aggregat bestimmt, damit eine ausreichend große Auswahlwahrscheinlichkeit bzw. Varianz im Verhalten erfasst werden kann. Somit handelt es sich bei der Verkehrsmittelwahl nur begrenzt um einen intrapersonellen Ansatz. Um die Parameter intrapersonell schätzen zu können, ist ein großer Datensatz erforderlich (z.B. aus stated preferences Erhebungen und / oder aus Längsschnitterhebungen), durch den jede Einscheidungssituation widergespiegelt werden kann. Durch eine intrapersonelle Parameterschätzung ist die statistische Genauigkeit durch die hohe Zahl der unterschiedlichen Betrachtungseinheiten eingeschränkt.

Nach erfolgter Verkehrsmittelwahlentscheidung für alle simulierten Wege können die einzelnen mikroskopisch ermittelten Wege für eine Population aggregiert werden. Wurde ein Untersuchungsgebiet vollständig dargestellt, so kann als Ergebnis ein Satz verkehrsmittelspezifischer Ortsveränderungsmatrizen ausgegeben werden, die in ihrem Aussehen den Ergebnissen eines makroskopischen Modells entsprechen. Der Vorteil des mikroskopischen Modells ist jedoch, dass die Zusammensetzung der einzelnen Verkehrsbeziehungen F_{ij} bekannt ist. Die Simulation der Maßnahmewirkung kann ausgehend vom mikroskopischen Verhaltensmuster ansetzen.

Bei den Modellansätzen folgt nach der Generierung der Ortsveränderungsmatrizen eine Umlegung der Verkehrsbelastungen in ein gegebenes verkehrsmittelspezifisches Streckennetz. Die zur Zeit aktuell verwendeten Umlegungsverfahren basieren auf den beschriebenen aggregierten Ortsveränderungsmatrizen. In aktuellen Forschungsprojekten (z.B. im Projekt Mobilist des Bundesministeriums für Bildung und Forschung) wird versucht, das mikroskopisch ermittelte Verkehrsaufkommen direkt in ein mikroskopisches Umlegungs- und Fahrzeugfolgemodell zu integrieren, so dass keine Aggregation erforderlich ist.

Wegen der fehlenden Relevanz für eine Modellentscheidung werden die verschiedenen, auf Aggregatdaten beruhenden Umlegungsverfahren nicht vorgestellt. Neben den beschriebenen Modellansätzen sind weitere Konzepte in der Literatur bekannt, auf deren Vorstellung an dieser Stelle verzichtet wird.

Im Gegensatz zu makroskopischen Aggregatdatenmodellen sind bei mikroskopischen Wegekettenmodellen bzw. aktivitätsbasierten Modellen intrapersonelle Analysen unter Beibehaltung der generierten Haushalte möglich.

Der Vorteil von Modellrechnungen ist, dass in Computersystemen fiktive Welten und deren Auswirkungen simuliert werden können. Dabei ist jedoch jedes Modell nur so gut wie sein zugrunde liegendes theoretisches Konzept und, noch wichtiger, die zugrunde liegende Empirie. Ein Simulationsmodell kann ohne empirische Grundlagen zur Parameterschätzung nicht auskommen. Jedoch sind Modelle in der Lage, ausgehend von einer Erhebung im Ist-Zustand verschiedene Zukünfte und Maßnahmewirkungen zu beschreiben. Dadurch können die einzusetzenden Kosten im Vergleich zu sehr komplexen und kostspieligen empirischen Erhebungen gering gehalten werden. Zudem ist eine Variation der zu simulierenden Maßnahme unter „*ceteris paribus*“ Bedingungen möglich.

Der Nachteil der Modellansätze liegt im fehlenden Realitätsbezug. Ein Modell ist immer nur ein mehr oder weniger vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit. Ob die relevanten Ausschnitte der Wirklichkeit bei Prognosefragestellungen ausreichend abgebildet wurden, kann nicht immer hinreichend geklärt werden.

4.3 Methodenauswahl für die gegebene Fragestellung

Das Ziel dieser Untersuchung ist es, die Auswirkungen eines verkehrsreduzierenden Siedlungskonzeptes auf die Verkehrsnachfrage zu quantifizieren. Mit den in diesem Kapitel vorgestellten Methoden ist die grundsätzliche Beantwortung der maßnahmbedingten Verhaltensänderungen denkbar.

Wie bereits in Kapitel 3 dargestellt, steht eine Vorher-Erhebung für ein autoarmes Stadtquartier zur Verfügung. Die in Abbildung 4-4 gezeigten Probleme des intrapersonellen Vorher-Nacher-Vergleichs treten jedoch bei innovativen städtebaulichen Konzepten besonders ausgeprägt zu Tage. Die Umsetzung der hier behandelten Konzepte ist in der Regel nur in Gebieten möglich, die neu bezogen werden. Das Beispiel „Johannesplatz“ in Halle / Saale (vgl. Kapitel 2) zeigt deutlich, welche Probleme auftreten, wenn eine städtebauliche Umgestaltung inklusive begleitender Restriktionen für den motorisierten Individualverkehr im Bestand umgesetzt werden soll. Zudem sind bei Planungen im Bestand die planerischen Möglichkeiten begrenzt, da die Stellplätze auf Privatgrundstücken nicht verändert werden können. Zwischen einer Vorher-Befragung und einer Nachher-Befragung liegt demnach in den meisten Fällen ein Umzug der betroffenen Haushalte. Durch diesen Umzug wird das Verkehrsverhalten aller Personen jedoch sehr stark beeinflusst. Die Verhaltensunterschiede, die zwischen einer Vorher-Befragung und einer Nachher-Befragung gemessen werden, sind vielfältig und sind zum Teil nur bedingt oder gar nicht maßnahmehängig:

- Veränderte räumliche Lage
- Veränderter Zugang zu den einzelnen Verkehrsmitteln / CarSharing-Angebot
- Veränderung der Soziodemografie aufgrund des zeitlichen Versatzes zwischen den Befragungen
- Noch kein ausgeprägt habitualisiertes Verhalten im Nachher-Zustand
- Im Nachher-Zustand vorhandene Anziehung des alten Wohnumfeldes (Freunde, Verwandte)
- Differenzierende räumliche Verflechtung durch den Umzug (vgl. HOLZ-RAU [2000])
- Verändertes Angebot an Gelegenheiten zur Aktivitätsdurchführung im Wohnumfeld

Die soziodemografischen Änderungen zwischen den Erhebungszeitpunkten sind aus verschiedenen Gründen nicht zu vernachlässigen. Zum einen ist bei modellhaften städtebaulichen Konzepten aufgrund der rechtlich und organisatorisch nicht immer eindeutigen Lage mit einer verlängerten Umsetzungszeit zu rechnen. Die erforderliche Zeitspanne zwischen den Erhebungen (eine ausreichende Adoptionszeit nach dem Umzug bzw. den letzten umgesetzten Maßnahmenpaketen muss ebenfalls berücksichtigt werden) hat besonders bei dem in erster Linie für Immobilienkauf in Frage kommenden Klientel (junge Familien) weitreichende Folgen im Aktivitätsverhalten.

Neben den soziodemografischen Änderungen sind auch weitreichende räumlich bedingte Änderungen im Aktivitätsverhalten der Personen und der Haushalte zu erwarten, die nur begrenzt auf die zu untersuchende Maßnahme zurückzuführen sind.

Es ist mit Hilfe eines Vorher-Nachher-Vergleichs nicht möglich, die maßnahmebedingten Verkehrsverhaltensänderungen isoliert zu quantifizieren. Dieses Problem betrifft auch interpersonelle Querschnittsbefragungen, da die zu untersuchende Stichprobe durch die „Umzügler“ als Kohorte vordefiniert ist. Diese Kohorte ist im Kollektiv den gleichen Änderungen unterworfen wie die einzelnen Haushalte (z.B. Alterung).

Weitere intrapersonelle Erhebungsformen scheiden aus Kostengründen aufgrund des hohen Betreuungsaufwandes und der intensiven Erhebung aus. Zudem ist für die gegebene Fragestellung die Aussagekraft prospektiver Befragungsformen (stated preferences) wegen der komplexen Wirkungszusammenhänge und der individuell nur bedingt vorstellbaren Auswirkungen problematisch. Die geringe Stichprobe, die bei der stark eingegrenzten Grundgesamtheit realisiert werden kann, wirft besonders bei prospektiven Befragungen, die eine Varianz der Frageformulierung erfordern, Probleme auf.

Das grundsätzliche Problem des großen zeitlichen Versatzes zwischen den Betrachtungszeitpunkten und der dadurch schwierigen Identifizierung der auf die Maßnahme beruhenden Verhaltensänderungen tritt bei allen rein empirischen Methoden auf.

Modellrechnung und Simulationen haben den großen Nachteil, dass es keine Referenzmuster für Verkehrsverhaltensänderungen gibt. Mit der vorliegenden Befragung

liegt jedoch eine Datenbasis vor, die grundsätzlichen Aufschluss über die Soziodemografie der betrachteten Personen liefert.

Durch die Form der Längsschnitterhebung (die vorliegende Befragung war als erster Teil einer Panel-Analyse mit zwei Wegetagebüchern über den Verlauf einer Woche geplant) stehen über die betrachteten Personen eine Vielzahl an quantitativen Verhaltenskenngrößen zur Verfügung. Als Methode zur Schätzung der Wirkungen verkehrsreduzierender Siedlungskonzepte bietet sich daher eine neue Form der mikroskopischen Simulationsrechnung an: ***die maßnahmenspezifische Reorganisation berichteten Verhaltens.***

Bei dieser Methode wird das berichtete Verhalten über den Verlauf einer Woche entsprechend der Wirkungen der Maßnahme verändert, das Grundmuster des Verhaltens bleibt jedoch konstant. Damit entfällt der komplizierte und aufwändige Modellteil der Verkehrsentsstehung. Das Aktivitätsprogramm der Personen über den Verlauf der Berichtswoche muss dahingehend untersucht werden, bei welchen Aktivitäten und/oder Wegen sich durch die modellierten Maßnahmen Änderungen ergeben. Mit dieser Methode ist es möglich, ausschließlich Maßnahmewirkungen zu betrachten. Durch den Modellansatz bleiben die soziodemografischen Kenngrößen erhalten. Es kann eine Betrachtung zum gleichen Zeitpunkt verwirklicht werden. Eine Simulation des Umzuges und des dadurch geänderten Verhaltens ist aufgrund des fehlenden Bezuges zur Maßnahmewirkung nicht vorgesehen. Das gewählte Vorgehen bedeutet aber auch, dass zwar die Wirkungen der Maßnahme isoliert betrachtet werden können, das ermittelte Verhalten sich in der Realität aber nicht einstellen wird. Die reine Schätzung der Auswirkungen beruht dabei auf einem *ceteris-paribus* Ansatz, bei dem bis auf die maßnahmenreagiblen Komponenten die Rahmenbedingungen konstant gelassen werden. Das empirisch erhobene Verhalten kann dabei dazu verwendet werden, die Simulationsparameter zu eichen und somit die Rahmenbedingungen des Verhaltens im Mit-Fall zu determinieren. Das Vorgehen wurde für eine andere Fragestellung bereits in WASSMUTH [2000] erfolgreich angewendet.

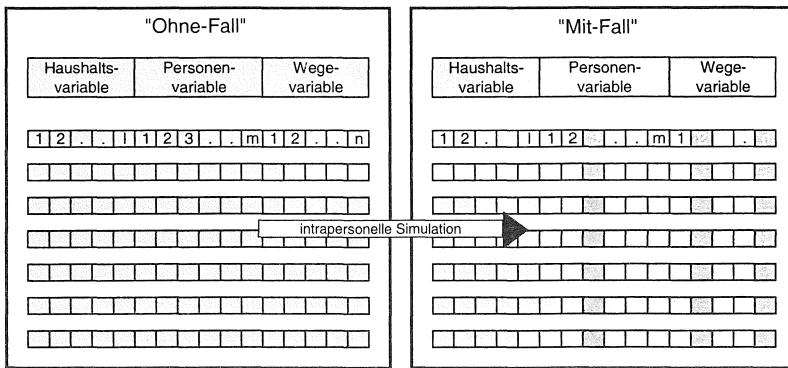


Abbildung 4-7: Grundprinzip des Reorganisationsmodells [eigene Darstellung]

In Abbildung 4-7 ist das Grundprinzip eines Reorganisationsansatzes dargestellt. Ausgehend von einem vollständigen Datensatz einer Person für den „Ohne-Fall“ werden die Variablen aus dem Haushalts-, dem Personen- und dem Wegedatensatz betrachtet, für die eine Änderung aufgrund der Maßnahme möglich ist (z. B die dunkelgrauen Hervorhebungen in Abbildung 4-7). Mit den im Simulationsmodell ermittelten Änderungen ergibt sich in einer intrapersonellen Analyse ein Datensatz für den „Mit-Fall“.

Die Herausforderung für den Einsatz eines mikroskopischen Reorganisationsmodells für die gegebene Problemstellung liegt in folgenden Aspekten:

- Identifizierung und Abgrenzung der verkehrsverhaltensbeeinflussenden Merkmale der untersuchten Maßnahme
- Zu- und Aufteilung der verhaltensbeeinflussenden Merkmale zu Modulen der mikroskopischen Nachfragemodellierung
- Anpassung der bestehenden Nachfragemodelle aufgrund
 - der besonderen Datenbasis einer Längsschnitterhebung
 - der Simulation eines Wochenprogramms
 - des Reorganisationsansatzes
 - der spezifischen, umfassenden Fragestellung

Mit den zu verwirklichenden Ansätzen ist das Reorganisationsmodell generell für verschiedene Fragestellungen anwendbar. Die Verbesserungen der herkömmlichen Module der Verkehrsfragemodellierung (insbesondere der Zielwahl und der Verkehrsmittelwahl) sollen dabei so allgemein gehalten sein, dass sie ganz oder teilweise in andere Nachfragemodelle eingebaut werden können und nicht als Spezialmodelle für eine gegebene Fragestellung anzusehen sind. Die Neutralität der Eingangsdaten (es werden ausschließlich mit Haushaltsbefragungen im Panel-Design erhebbare Variable verwendet) ermöglicht die

Übertragung der Modellbausteine auch in Nachfragermodelle, die einen Modellbaustein der Verkehrsentsstehung beinhalten. Es ist aus der Literatur kein Modell bekannt, dass das Verkehrsverhalten von Personen im Haushaltskontext über den Verlauf einer Woche simuliert, dazu als Modul der Verkehrsentsstehung berichtetes Verhalten einsetzt und dieses Basisverhalten entsprechend vordefinierter Maßnahmen reorganisiert.

5 Konzeption eines Reorganisationsmodells

Realisiertes Verkehrsverhalten wird geprägt durch das Aufeinandertreffen von „Menschen“ (mit persönlichen Einstellungen) und einem „Sachsystem“ (z.B. Verkehrsnetz). Änderungen in einer der beiden Komponenten führen zu Änderungen im realisierten Verkehrsverhalten. Um diese Verhaltensänderungen abschätzen zu können, werden häufig Erhebungen zum Verkehrsverhalten z.B. im intrapersonellen Längsschnitt durchgeführt. Sind Erhebungen im Vorher-Nachher-Vergleich nicht möglich, so entsteht die Erfordernis, das zu erwartende Verkehrsverhalten (unter geänderten Rahmenbedingungen) zu simulieren. In der Verkehrsplanung stehen für diese Simulation verschiedene Modelle zur Verfügung, mit deren Hilfe valide Ergebnisse erwartet werden können.

Änderungen im Wohnumfeld eines Haushalts durch autoarme Planungen stellen eine solche Änderung im Sachsystem dar. Für die betroffenen Haushalte ändert sich das Angebot an Infrastruktureinrichtungen in unmittelbarer Nähe, die Verkehrsmittelverfügbarkeit (durch das Angebot von CarSharing Dienstleistungen) und der Widerstand im Zugang zum privaten Pkw (durch eine Anordnung der Stellplätze am Rand des Gebietes). Diese einzelnen Einflüsse sind durch eine Variation der bestehenden Verkehrsplanungsmodelle umfassend zu berücksichtigen. Im Folgenden soll dargestellt werden, wie mit Hilfe einer Modellkonzeption das Verhalten von Anwohnern eines autoarmen Wohngebietes simuliert werden kann. Betrachtet wird in erster Linie die Zielwahl und die Verkehrsmittelwahl der untersuchten Haushalte. Grundlage der Simulation ist berichtetes Verkehrsverhalten von Haushalten über den Verlauf einer Woche. Hauptsächlich werden Daten aus einer Erhebung zukünftiger Bewohner eines autoarmen Gebietes am alten Wohnort genutzt. Dieses berichtete Verhalten am alten Wohnort wird als Ausgangsbasis verwendet (soziale Komponente) und entsprechend der geänderten Rahmenbedingungen reorganisiert.

5.1 Grundlagen des Modells

Das Grundprinzip des hier verwendeten Modells besteht aus der Nutzung der mit Hilfe von Paneldaten erhobenen Aktivitätsmustern von Personen über den Verlauf einer Woche als Ersatz für eine simulative Generierung von Personen und Wegeketten. Die Daten im Panel-Design bestehen neben einigen soziodemografischen Kenngrößen aus Informationen über die berichteten Wege. Für jeden Weg stehen Informationen über Abfahrzeit, Ankunftszeit, geschätzte Entfernung, hauptsächlich genutztes Verkehrsmittel und Wegezweck in sieben Kategorien zur Verfügung.

Es ist prinzipiell möglich, in einem regional begrenzten Untersuchungsgebiet die Aktivitätsorte adressgenau zu erfassen und in einem folgenden Modell geocodiert zu verwenden. Da durch Daten im Panel-Design (vor allem wenn Datensätze aus dem deutschen Mobilitätspanel in ein spezifisches Untersuchungsgebiet transferiert werden sollen) keine ortsgenauen Informationen vorliegen, ist zur Beschreibung des Ohne-Zustands

eine Zielwahl durchzuführen. Damit ist es möglich, aus den Aktivitätsmustern eine Zuordnung der Aktivitätsorte zu Zellen des Untersuchungsgebietes herzustellen.

Abbildung 5-1 zeigt den Überblick über das Reorganisationsmodell mit Hilfe allgemeingültiger, d.h. nicht regional zugeordneter Paneldaten.

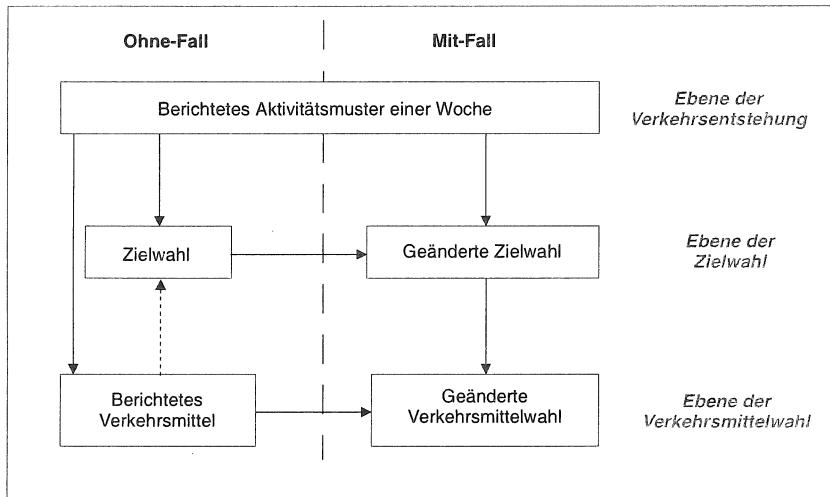


Abbildung 5-1: Übersicht über das Modell [eigene Darstellung]

Die berichteten Aktivitätsmuster über eine Woche werden als Grundlage für beide betrachteten Situationen eingesetzt und ersetzen somit den Modellbaustein der Verkehrsentsstehung. Um mögliche Änderungen zu identifizieren, werden zunächst im Ist-Zustand fehlende Informationen nachmodelliert. Basierend auf den Weglängenverteilungen der empirischen Daten kann das Zielwahlmodell kalibriert werden. Um aus dem betrachteten Netz die entsprechenden verkehrsmittelspezifischen Reisezeiten ermitteln zu können, können die empirisch erhobenen Verkehrsmittelangaben ausgenutzt werden. Somit stellt die Zielwahl die Verbindung zwischen der Verkehrsentsstehung und der Verkehrsmittelwahl dar. Durch die Berücksichtigung der verkehrsmittelspezifischen Widerstände in der Zielwahl ist es möglich, für die Verkehrsmittelwahl im Ohne-Zustand die berichteten Verkehrsmittel zu verwenden. Die Berücksichtigung des Verkehrsmittels bei der Zielwahl ist als ein großer Vorteil des Modells anzusehen, da bei anderen Modellansätzen dies nur begrenzt möglich ist. Die Einbindung des berichteten Verhaltens ermöglicht die sequenzielle Bearbeitung der Module Ziel- und Verkehrsmittelwahl, was der tatsächlichen menschlichen Entscheidungsfindung näher kommt als die häufig angewendete parallele Betrachtung von Ziel- und Verkehrsmittelwahl.

Basierend auf dem nachmodellierten Ohne-Zustand kann für die Simulation des fiktiven Mit-Falls auf komplettete Aktivitätsmuster zurückgegriffen werden. Für den Mit-Fall ist keine

Berücksichtigung der empirischen Daten erforderlich. Die Betrachtung von zwei Zuständen, die auf einer empirischen Erhebung beruhen, hat den großen Vorteil, dass sämtliche Modellparameter an den empirisch erhobenen Daten für den Ohne-Fall kalibriert und auf die Modellszenarien übertragen werden können. Da die soziodemografischen Kenngrößen konstant gehalten werden, kann davon ausgegangen werden, dass sich keine verhaltensrelevanten Unterschiede einstellen. Die Ziele und gewählten Verkehrsmittel in den Mit-Fälle werden demnach unter Berücksichtigung der Aktivitätsmuster und der simulierten intrapersonellen Ziel- und Verkehrsmittelverteilung im Ohne-Fall ermittelt. Eine enge Bindung zwischen dem Ohne-Fall und dem Mit-Fall entspricht insofern der Realität, als dass menschliches Verhalten im hohen Maße durch äußere und innere Restriktionen (Budgets, Constraints, habitualisiertes Verhalten) geprägt ist, so dass eine vollständige Umgestaltung des Mobilitätsverhaltens nicht realitätsnah ist.

Somit stellt die vorliegende Arbeit neben der Beantwortung der Fragestellung auch den Versuch dar, ein Modell zur Maßnahmewirkung zu konzipieren, das ausschließlich mit Vorher-Daten, die im Panel-Design erhoben wurden, auskommt. Wenn es möglich ist, valide Ergebnisse ausschließlich basierend auf Panel-Daten zu erzielen, so wäre dies eine wesentliche Vereinfachung der gängigen Modellkonzepte, bei denen die zugrundeliegenden Daten in sehr aufwändigen Erhebungen erfasst werden müssen.

Entsprechend der in Kapitel 4 geschilderten Besonderheiten und des Allgemeingültigkeitsanspruchs des Modells ist es erforderlich, vor der Anpassung der beiden relevanten Modellbausteine Zielwahl und Verkehrsmittelwahl einige grundsätzliche Vorstufen zu entwickeln. Dies betrifft erforderliche Anpassungen aufgrund der relativ groben Datengrundlage sowie Anpassungen aufgrund des Längsschnitt- und des Reorganisationsansatzes.

5.1.1 Einteilung in Aktivitätsuntergruppen

Wie in Kapitel 4 erläutert, hängt die Attraktivität einer potenziellen Zielzelle vom Umfang des Angebotes für die Durchführung der jeweiligen Aktivität in der entsprechenden Zelle ab. Je grober die Aufteilung der Aktivitäten ist, umso schwieriger ist es, passende Gelegenheiten für die jeweilige Aktivität zu definieren. Bei den im Panel-Design erhobenen Daten stehen als Wegezweckgruppen folgenden Kategorien zur Verfügung:

- zur Arbeit
- im dienstlichen Interesse
- zur Ausbildung
- zum Einkaufen / Besorgung
- zur Freizeit
- jemanden holen oder bringen (Service-Weg)
- nach Hause

In herkömmlichen Anwendungen des Gelegenheitsmodells werden für jede Zelle für diese einzelnen Wegezwecke Gelegenheiten zusammengestellt, z.B. in Form von Anzahl der Arbeitsplätze für Arbeitswege oder Verkaufsfläche für Einkaufswege. Schwierig ist die Zuteilung einer Gelegenheit besonders für den Wegzweck „Freizeit“, der durch vielfältige Ausprägungen (Kirche, Lokal, Sportverein usw.) bestimmt sein kann. Um die Bestimmung von Gelegenheiten zu vereinfachen und dadurch die Simulation der Zielwahl zu verbessern, ist eine genauere Unterteilung der Aktivitätsgruppen erforderlich.

Wenn die zur Verfügung stehenden Ausgangsdaten keine genauere Unterteilung der Aktivität „Freizeit“ liefern, lässt sich eine Einteilung in eine Freizeit-Untergruppe mit Hilfe einer Simulation in Abhängigkeit der Soziodemografie der handelnden Person und des Zeitpunktes der Ortsveränderung bestimmen. Das von KUHNIMHOF, WASSMUTH [2001] entwickelte Verfahren nutzt dazu die Daten der Kontiv - Erhebung aus dem Jahr 1989. Bei dieser Erhebung wurde bei über 20.000 erfassten Freizeitwegen zusätzlich eine Einteilung in neun Untergruppen unternommen. Dabei wurde die in Abbildung 5-2 dargestellte Verteilung erfasst.

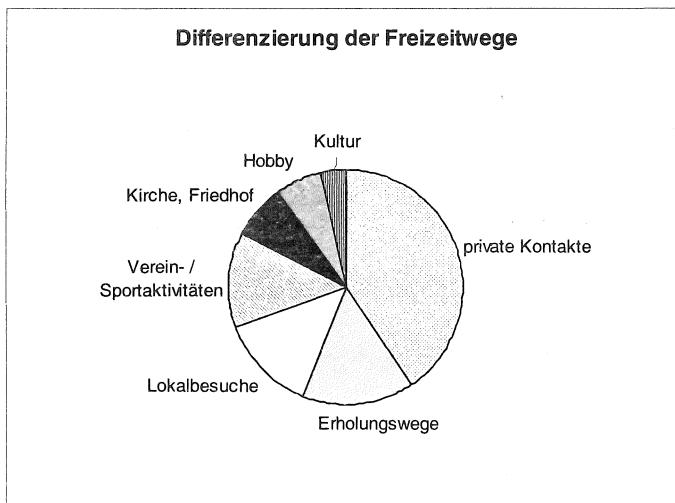


Abbildung 5-2: Differenzierung der Freizeitwegen; [eigene Darstellung, Daten: Kontiv 1989]

Es ist deutlich zu erkennen, dass eine Beschreibung der Attraktivität einer Zelle z.B. mit Hilfe der Sitzplätze in Kinos und Theatern zu ungenügenden Ergebnissen führen muss, da nur 3% aller Freizeitwege tatsächlich den Wegezweck „Kultur“ ausweisen. Da auch bei der Kontiv-Erhebung die einzelnen Wege mit soziodemografischen Kenngrößen und Raum-Zeit-Angaben verknüpft sind, bietet sich eine Analyse relevanter Einflussgrößen an. Mit Hilfe einer Cluster-Analyse wurden 19 verschiedene, im Freizeitverkehr verhaltenshomogene, Personengruppen identifiziert. Diese Personengruppen ergeben in Verbindung mit verschiedenen Tageszeitpunkten und Aktivitätstagen insgesamt 90 wiederum mit Hilfe einer

Cluster-Analyse ermittelte unterschiedliche Kategorien für Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Aufteilung in Freizeituntergruppen. Dabei hat sich gezeigt, dass Personengruppen zu verschiedenen Tageszeiten ein ähnliches Freizeitverhalten zeigen. Ebenfalls einen hohen Einfluss auf die Unterscheidung der Freizeitaktivitäten hat die jeweilige Aktivitätsdauer.

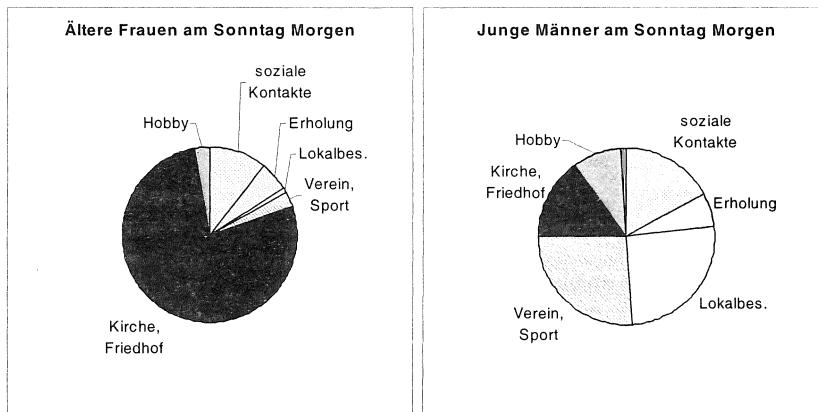


Abbildung 5-3. Verteilung des Freizeitverhaltens unterschiedlicher Personengruppen [nach KUHNIMHOF, WASSMUTH 2001]

In Abbildung 5-3 sind beispielhaft die resultierenden Verteilungen für zwei unterschiedliche Personengruppen am Sonntag Vormittag aufgezeigt. Es ist ersichtlich, dass eine Freizeitaktivität einer älteren Frau am Sonntag Morgen mit deutlich höherer Wahrscheinlichkeit ein Kirch- bzw. Friedhofsbesuch ist, als bei jungen Männern. Mit Hilfe dieser Verteilungen ist es möglich, in einem Monte-Carlo-Prozess bei gegebenen Input-Daten eine Freizeitunteraktivität simulativ in Abhängigkeit der Wahrscheinlichkeitsverteilungen zuzuspielen.

Mit der oben beschriebenen Methode wurden die mehr als 20.000 Freizeitwege der Kontiv 1989 in 90 Kategorien eingeteilt. Diese sind durch bestimmte Personen- und Wegemerkmale beschrieben und von den anderen abgegrenzt. Die Zusammenfassung zu 90 Kategorien ist erforderlich, um die jeweils zu Grunde liegenden Fallzahlen nicht zu gering werden zu lassen. Diese Fallzahlen sind abhängig von der Anzahl der Personen in den einzelnen Personengruppen. Dabei wurde als Mindestwert für die Definition einer eigenständigen Kategorie 100 Wege festgelegt. Der Durchschnitt der Wegezahl pro Kategorie liegt bei 229 Wegen.

Statistisch lässt sich die Aussagefähigkeit der einzelnen Kategorien mit Hilfe der absoluten Abweichung eines Anteilssatzes beschreiben.

$$e_{aki} = t \sqrt{\frac{(1-p_{ki})p_{ki}}{n_k}} \quad (5-1)$$

- Mit: e_{aki} Maximale absolute Abweichung des wahren Anteilssatzes des Freizeitzweckes i bei Wegen der Kategorie k vom beobachteten Anteilsatz p_{ki}
 t $Z(\gamma)$ aus Normalverteilung, bei $\gamma = 0,9$: $t=1,645$
 p_{ki} In Kategorie k beim ausgewerteten Kontiv 89 Datensatz beobachteter Anteilsatz des Zweckes i
 n_k Anzahl Wege in Kategorie k des Kontiv Datensatzes

Mit Hilfe von Formel 5-1 ist es möglich, für alle 90 Kategorien in Abhängigkeit des Konfidenzniveaus (hier: $\gamma = 0,9$) Intervalle anzugeben, in denen der wahre Wert der Grundgesamtheit liegt.

Diese Intervalle charakterisieren Unsicherheiten, die durch die Unterteilung der etwa 20.000 Freizeitwege in 90 Unterkategorien entstehen. Diese Unsicherheiten summieren sich auf, wenn alle in den 90 Kategorien enthaltenen Wege zusammengefasst werden (Fehlerfortpflanzung).

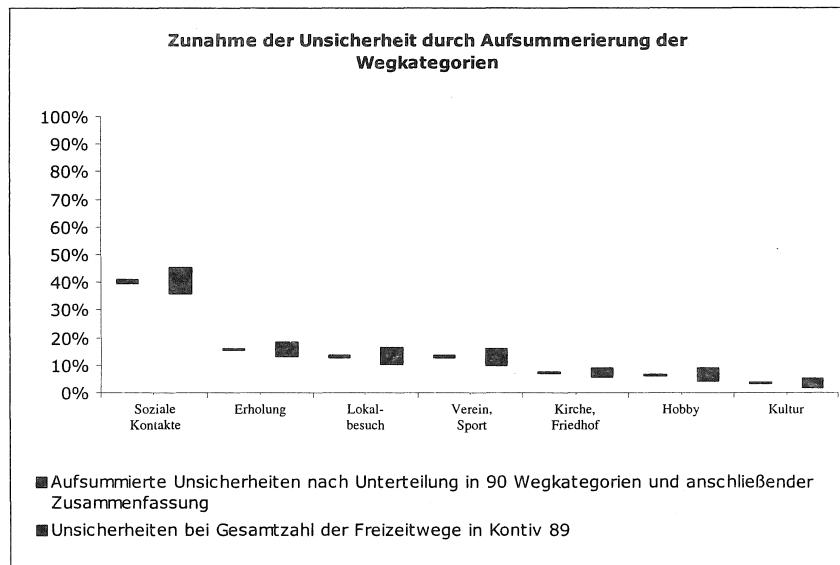


Abbildung 5-4: Veranschaulichung der aufsummierten Unsicherheiten nach Unterteilung der Kontiv 89 Freizeitwege in 90 Kategorien im Vergleich mit den Gesamtunsicherheiten [nach KUHNIMHOF, WASSMUTH 2001]

Dunkel dargestellt sind die Intervalle, die sich bei einem Konfidenzniveau von 90% einstellen, wenn von den Freizeitwegen der Kontiv auf die Gesamtzahl der Freizeitwege geschlossen wird. Hell dargestellt sind die aufsummierten Unsicherheiten nach Einteilung in 90 Wegkategorien. Diese Unsicherheiten ergeben sich, wenn alle Freizeitwege in 90 Kategorien aufgeteilt, anschließend Intervalle für die Anteilsätze der verschiedenen Zwecke ermittelt und abschließend diese Intervalle aufsummiert werden.

Es wird ersichtlich, dass die Aufteilung der über 20.000 Freizeitwege in 90 situationskonstante Gruppen zwar zu erhöhten Fehlern führt, diese Fehler jedoch trotz Fehlerfortpflanzung begrenzt bleiben. Durch den Einsatz der Monte-Carlo-Methode in einem stochastischen Prozess, werden die durch die Gruppeneinteilung erzeugten Fehler egalisiert.

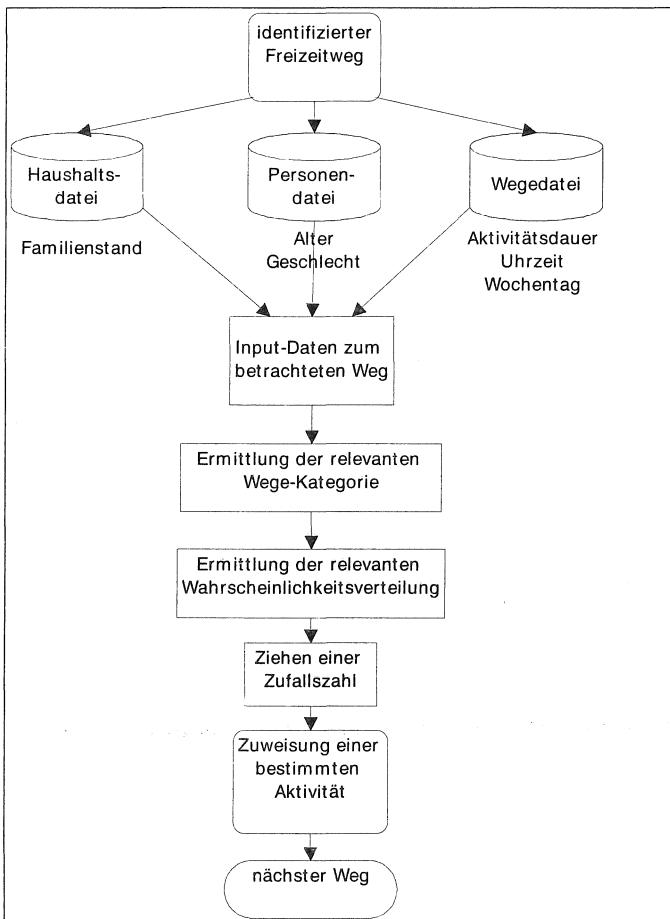


Abbildung 5-5: Ablauf der Zuweisung einer bestimmten Freizeitaktivität [eigene Darstellung]

In Abbildung 5-5 ist der Ablauf der Bestimmung einer Freizeitaktivität dargestellt. Zu erkennen sind die erforderlichen Inputvariablen jedes Freizeitweges, für den eine Unterkategorie bestimmt werden soll (Beispiel: ein berichteter Freizeitweg am Sonntag Morgen). Mit diesen Input-Daten wird eine der 90 Wegekategorien bestimmt, für die eine Wahrscheinlichkeitsverteilung (vgl. z.B. Abbildung 5-3) ermittelt werden kann.

Mit diesem Verfahren ist es möglich, eine beliebige Datenbank, z.B. das deutsche Mobilitätspanel, dahingehend zu erweitern, dass die Aktivität „Freizeit“ durch eine Unteraktivität, z.B. „Lokalbesuch“ ersetzt wird. Es soll an dieser Stelle nochmals betont werden, dass mit dem vorgestellten Verfahren nicht garantiert wird, dass diese Aktivität auch

tatsächlich ein Lokalbesuch war. Die Fehler der Monte-Carlo-Simulation gleichen sich jedoch bei einer Aggregation der Daten aus.

Neben der Aktivität „Freizeit“ sind auch bei anderen Aktivitätsgruppen Vereinfachungen denkbar, bzw. sinnvoll. Es bietet sich an, mit Hilfe anderer Erhebungen zum Verkehrsverhalten, die eine genauere Unterteilung der Wegezwecke erfasst haben (z.B. die Mobiplan-Erhebung) ein analoges Vorgehen zu wählen. Für das hier konzipierte Modell schien dieser Weg nicht erforderlich.

Zur Identifikation von Gelegenheiten in einem Untersuchungsgebiet lassen sich bereits mit einfachen Regeln die entscheidenden Untergruppen bestimmen. Arbeitswege wurden von dieser Betrachtung ausgeschlossen, da der Bestimmung der Arbeitswege, wie später erläutert wird, ein besonderer Stellenwert zukommt. Zudem sind Arbeitsplatzunterteilungen (z.B. im primären, sekundären oder tertiären Beschäftigungssektor) aufgrund der fehlenden Zuordnung der Arbeitsplätze in einem Raum ungünstig. Dasselbe gilt für Wege im dienstlichen Interesse.

Ausbildungswege lassen sich in Abhängigkeit vom Alter der befragten Person in verschiedene Schultypen einteilen, so dass bei einer Zielwahl nicht die Gesamtzahl der Ausbildungsplätze sondern lediglich die relevanten Ausbildungsplätze berücksichtigt werden. Mit dieser Unterteilung wird vermieden, dass z.B. eine Universitätszelle auch für Grund- oder Hauptschüler eine große Attraktivität darstellt. Während bei geringem Alter der jeweiligen Person eine Zuordnung der Ausbildungsstätte relativ einfach erfolgen kann (z.B. zwischen 6 und 10 Jahre alt → Grundschule) ergeben sich im höheren Alter Probleme aufgrund verschiedener Bildungswege. Personen über 18 Jahre können z.B. ein Gymnasium, eine Universität, eine Berufsschule oder eine Volkshochschule (o.ä.) zu Ausbildungszwecken besuchen. Zur Unterscheidung dieser Fälle sind weitere soziodemografische Angaben erforderlich (höchster erreichter Schulabschluss, Berufstätigkeit) mit denen eine Zuteilung möglich ist (z.B. Berufstätigkeit „Lehre“ → Berufsschule). Insgesamt wurden mit dieser Methode sechs verschiedene Ausbildungsgruppen ermittelt, für die jeweils eine Zellverteilung der Gelegenheiten im Untersuchungsgebiet aufgestellt werden muss.

Wege mit dem Zweck „Einkauf“ lassen sich zur Verbesserung der Zielwahlsimulation ebenfalls in einige Gruppen einteilen. In Verbindung mit der Aktivitätsdauer lassen sich Kurzeinkäufe an der Wohnung, an einem aushäusigen Aktivitätsort oder auf einem Weg identifizieren. Ein Beispiel für diese Einkaufaktivitäten ist z.B. der Besuch bei einem Bäcker während einer Mittagspause. Bei diesen Wegen ist keine Zielwahl im eigentlichen Sinn erforderlich, diese Aktivität ist von dem vorgelagerten Aktivitätsort abhängig. Eine zweite zu identifizierende Einkaufsaktivität stellt ein Innenstadtbummel dar, für den ebenfalls nur begrenzt eine Zielwahl erforderlich ist. Ein Innenstadteinkauf ist dadurch identifiziert, dass mehrere Einkäufe in relativ geringen Entfernungen folgen. Als möglich Ziele sind neben der Innenstadt noch Stadtteilzentren denkbar. Eine weitere Besonderheit sind Besorgungen mit einer großen Aufenthaltszeit. Denkbare Aktivitäten sind Groß- und

Verbrauchermarktbesuche, Arztbesuche usw. Die Einkaufsgelegenheiten für diese Aktivitäten unterschieden sich ebenfalls von den sonstigen Einkäufen.

Die Gruppe der hier vorgestellten Einkaufsunterkategorien ist im Gegensatz zur Bestimmung der Freizeitaktivitäten nicht trennscharf und eindeutig; es verbleibt eine relativ große Restmenge an Wegen, die in keine der aufgestellten Gruppen fällt. Da es sich bei den Gruppeneinteilungen nicht um Wahrscheinlichkeitsverteilungen, sondern um eindeutige Zuweisungen handelt, sind die Grenzen so gewählt, dass eine Großzahl an nicht eindeutigen Wegen übrig bleiben muss. Für diese Einkaufswege (die „normalen“ Versorgungseinkäufe) sind ebenfalls Gelegenheitsverteilungen aufzustellen. Diese sind in erster Linie an den Gelegenheiten zum Lebensmitteleinkauf zu orientieren.

Auch bei den sogenannte Service-Wegen, jemand holen oder bringen, lassen sich einzelne Gruppen abgrenzen. Ein großer Anteil an Service-Wegen wird von Eltern mit kleinen Kindern bewältigt. Aus diesem Grund lassen sich aus der Gruppe der Service-Wege die Wege trennen, bei denen ein Kind in den Kindergarten oder in die Grundschule gebracht wird. Voraussetzung dafür ist, dass mindestens ein Kind im Haushalt lebt, dass der Weg an einem Wochentag gemacht wird und dass der Weg morgens stattfindet.

Eine weitere Abtrennung von Service-Wegen ist aufgrund des Berichts aller Personen eines Haushalts möglich. Durch den Vergleich der Aktivität mehrerer Personen eines Haushalts kann das Holen / Bringen eines Familienmitgliedes identifiziert werden. Da keine Geocodierung der Daten vorliegt, sind die Service-Aktivitäten nur über die gleichen Ankunfts- und Abfahrzeiten sowie über das gleiche Verkehrsmittel (bzw. Pkw als Fahrer und Pkw als Mitfahrer) zu identifizieren. In diesem Fall ist die Zielwahl durch die Aktivität der zweiten, beförderten Person vorgegeben.

Da der Wohnstandort am Anfang einer Simulation ermittelt wird, ist eine Zielwahlsimulation für Wege mit dem Zweck „zur Wohnung“ nicht durchzuführen.

Mit Hilfe des beschriebenen Vorgehens kann ein Datensatz, bei dem der Wegzweck in die beschriebenen sieben Kategorien eingeteilt wurde (Kontiv- oder Panel-Design) um eine Aktivitätsuntergruppe erweitert werden. Insgesamt kann mit diesem Verfahren eine Einteilung in 32 unterschiedliche Aktivitätsuntergruppen erfolgen.

5.1.2 Einteilung des Aktivitätsablaufs in Segmente

Wie bereits im vorhergegangen Kapitel erläutert, sind die unterschiedlichen Aktivitäten eines Ausgangs nicht in jedem Simulationsschritt zu bearbeiten. Das Verkehrsverhalten von Personen wird geprägt durch Pflichten und Freiheiten. So gibt es in einem Aktivitätsmuster Abläufe, die jedes Mal nach dem gleichen Muster ablaufen. Diese Wiederholung im Verhalten beruht entweder auf einer ausgeprägten Gewohnheit (habitualisiertes Verhalten) oder auf dem Pflicht-Charakter der Aktivität. Ein zentraler, immer wieder aufgesuchter

Aktivitätsort ist die eigene Wohnung, die eindeutig bestimmt ist². Die Wohnung stellt einen zentralen Anlaufpunkt im Aktivitätsgeschehen dar. Aus diesem Grund wurden auch Wege, die in der Wohnung beginnen und an der Wohnung enden zu Ausgängen zusammengefasst (vgl. Kapitel 3). Neben der eigenen Wohnung gibt es im Aktivitätsablauf eines Menschen weitere räumliche Schwerpunkte im individuellen Mobilitätsgeschehen, die häufig ohne Variation in der Zielwahl aufgesucht werden. Diese Schwerpunkte werden im weiteren als Aktivitätspole bezeichnet. Die Bestimmung der Aktivitätspole unterscheidet sich aufgrund der besonderen Situation von den anderen Zielen im Aktivitätsprogramm. Die räumliche Lage der Aktivitätspole wird im Vorfeld der Zielwahlsimulation bestimmt und bleibt für das komplette Aktivitätsprogramm erhalten. Zu den Aktivitätspolen zählt neben dem Wohnstandort der Arbeits- und / oder der Ausbildungsplatz bei berufstätigen Personen und / oder bei Personen in Ausbildung, da sowohl der Ausbildungsplatz als auch der Arbeitsplatz nicht variable Orte sind, die in den routinierten Ablauf des Tages (bzw. der Woche) eingebunden sind. Während bei Arbeitswegen das Ziel eindeutig als der immer aufgesuchte Arbeitsplatz identifiziert werden kann, stehen z.B. bei Freizeitwegen mehrere Alternativen zur Verfügung. Es ist nicht eindeutig feststellbar, ob es sich beim aufgesuchten Ziel um einen regelmäßig aufgesuchten Freizeitort (z.B. ein Vereinsheim das als Aktivitätspol für die betrachtete Person angesehen werden könnte) oder um einen zufälligen und individuell für diese Aktivität gewählten Freizeitort (z.B. ein Kinobesuch) handelt. Aus diesem Grund wird für diese Arbeit die Definition von Hauptaktivitäten auf die Aktivitäten „Wohnen“ (Aktivitätsort Wohnung), „Arbeiten“ (Aktivitätsort Arbeitsplatz) und „Aus- und Weiterbilden“ (Aktivitätsort Ausbildungsplatz) beschränkt. Dementsprechend werden alle Aktivitäten, bei denen es sich nicht um Aktivitätspole handelt, als Nebenaktivitäten definiert. Langfristig kann es sinnvoll sein, die Definition der Aktivitätspole auch auf weitere Aktivitäten, die im Rahmen des habitualisierten Verhaltens häufig aufgesucht werden, auszudehnen. Als Basis für diese Erweiterung der Aktivitätspole sind jedoch genauere Informationen zu den einzelnen Aktivitätsorten erforderlich. Die zugrunde liegende Befragung muss dabei die Zieladresse der einzelnen Aktivitäten genau erfassen, so dass das Modell später in der Lage ist, weitere Aktivitäten, die in der Panel-Datenbasis als Nebenaktivitäten klassifiziert werden, als häufig aufgesuchte Aktivitätspole, die die weitere Zielwahl bestimmen, zu identifizieren.

In Analogie zu der Definition des Ausgangs als Zusammenfassung mehrerer Wege zu einer Wegekette, die in der Wohnung beginnt und endet, lässt sich ein Segment als Untergruppe eines Ausgangs definieren. Ein einzelnes Segment beschreibt dabei einen Teil eines Ausgangs, der zwischen zwei Aktivitätspolen liegt.

Wie in Abbildung 5-6 anhand eines fiktiven Beispiels dargestellt, können drei unterschiedliche Typen von Segmenten unterschieden werden.

Basissegmente verbinden direkt zwei Aktivitätsorte miteinander, z.B. die Wohnung und den Arbeitplatz ohne dass Nebenaktivitäten eingeschoben werden.

² Übernachtet eine Person bei einer anderen Person (Freund / Freundin / Verwandtschaft) so ist dieser Weg als Freizeitweg gekennzeichnet.

Werden Nebenaktivitäten eingeschoben, so werden diese Segmente in α - und in β -Segmente unterschieden. Ein α -Segment beginnt und endet am selben Aktivitätspol, während ein β -Segment an einem Aktivitätspol beginnt und einem anderen Aktivitätspol endet.

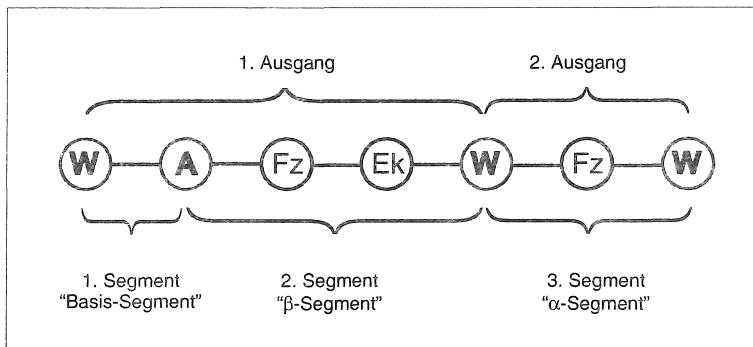


Abbildung 5-6: Beispiel für die Beschreibung eines Aktivitätsmusters durch Segmente [eigene Darstellung]

Abbildung 5-6 zeigt weiterhin wie sich ein Ausgang in mehrere Segmente unterteilen lassen kann, wenn Aktivitätspole ausgesucht werden. Wird während eines Ausgangs kein weiterer Aktivitätspol aufgesucht, entspricht das α -Segment dem Ausgang.

In einer Analyse der Daten des Deutschen Mobilitätspanels ließen sich insgesamt 60.950 Segmente bestimmen. Diese Gesamtzahl der Segmente teilt sich, wie in Tabelle 5-1 gezeigt, auf die einzelnen Segmenttypen auf.

Segmenttyp	Anzahl	Anteil
Basissegmente	21494	35%
alpha-Segmente	35481	58%
beta-Segmente	3975	7%

Tabelle 5-1: Vergleich der Anteile der einzelnen Segmenttypen [Daten: Deutsches Mobilitätspanel]

Zu erkennen ist, dass knapp 60% aller Segmente zu dem Start-Aktivitätspol zurückkehren. Auch der Anteil der Basissegmente mit 35% aller Segmente ist sehr hoch unter der Berücksichtigung, dass Basissegmente nur bei berufstätigen Personen und Personen in Ausbildung auftreten können. Diese Einteilung liefert einen ersten Hinweis auf die Reduktion des Simulationsumfangs bei der Zielwahl: Wenn der Wohnort sowie der Arbeits- und Ausbildungsplatz festliegt, ist für 35% aller Segmente keine Zielwahlsimulation erforderlich.

Mit einer Unterteilung der Ausgänge in einzelne Segmente besteht die Möglichkeit, die relativ komplexen Muster von Ausgängen vereinfacht darzustellen. Wie bereits in Kapitel 3 gezeigt, sind die in Längsschnitterhebungen identifizierten Ausgangstypen sehr vielfältig. LIPPS [2001] löst das Problem der komplexen Ausgangsmuster durch eine Vereinfachung auf ein Grundmuster. Ein alternatives Vorgehen wäre die Betrachtung von Segmenten anstelle von Ausgängen zur Beschreibung von Aktivitätsverhalten. Unter Berücksichtigung der Anzahl der eingeschobenen Nebenaktivitäten ist eine übersichtliche Beschreibung komplexer Aktivitätsmuster möglich. So wäre z.B. ein Segment $\alpha 2$ ein Segment, dass in der Wohnung beginnt und endet und zwei eingeschobene Nebenaktivitäten aufweist.

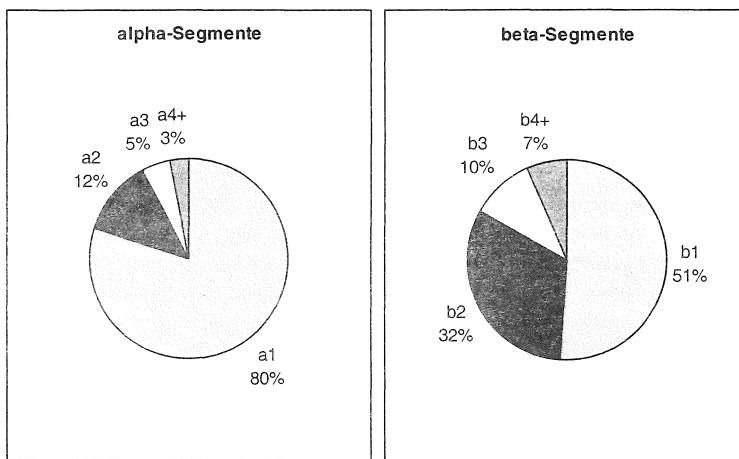


Abbildung 5-7: Verteilung der Segmentgrößen, [Daten: Deutsches Mobilitätspanel, 60.950 Segmente]

In Abbildung 5-7 sind die verschiedenen Anteile der einzelnen Segmentgrößen dargestellt. Eine Vereinfachung komplexer Ausgangszusammensetzungen durch eine Beschreibung mit Hilfe der Segmentdarstellung kann z.B. für den Modellschritt der Verkehrsentstehung große Vorteile liefern.

Die Einteilung von Ausgängen in Segmente bringt besonders für die Zielwahl große Vorteile, da die Wahl der Ziele maßgeblich von den jeweiligen Hauptaktivitäten des Segmentes (sei es die Wohnung oder der Arbeitsplatz) bestimmt wird. Durch die Betrachtung auf Segment-Ebene ist es möglich, die Bindung der Individuen an ihre Aktivitätspole entsprechend abzubilden. Für die Verkehrsmittelwahl ist die Einteilung der Ausgänge in Segmente alleine nicht ausreichend; die Verkehrsmittelbestimmung findet in erster Linie auf der Ebene von Ausgängen statt. Die Folgerungen der Einteilung in Segmente für die einzelnen Modellbausteine werden in den jeweiligen Unterkapiteln näher behandelt.

5.1.3 Ermittlung disponibler Aktivitäten und Wege

Wenn mit Hilfe eines Reorganisationsmodells Verhaltensänderungen beschrieben werden sollen, dann ist es erforderlich, für jede Maßnahme bzw. für jeden Maßnahmeteil die Möglichkeiten der Auswirkungen auf das Verkehrsverhalten einer Person im Vorfeld der Simulation festzulegen. Dabei ist es für eine Reduktion des intrapersonellen Simulationsumfanges sinnvoll festzulegen, bei welchen Wegen, Segmenten oder Ausgängen sich Änderungen einstellen können, bzw. bei welchen Wegen, Segmenten oder Ausgängen keine Änderungen durch die Maßnahme möglich ist. In einer Untersuchung zur Auswirkung von CarSharing [WASSMUTH 2000] konnten z.B. Wege von einer Verkehrsmittelwahlsimulation ausgenommen werden, wenn zu dem betrachteten Zeitpunkt der Pkw im Haushalt zur Verfügung gestanden hatte und nicht genutzt wurde. Stehen diesen Personen in der Mit-Situation CarSharing-Fahrzeuge zur Verfügung, so ist die Nutzung dieser Fahrzeuge nicht zu erwarten, da der private Pkw (der geringere Fahrtkosten erzeugt) nicht genutzt wird.

Aus diesem Grund ist es bei einem Reorganisationsmodell sinnvoll, sämtliche zu behandelnden Wege in zwei Gruppen, den disponiblen und den indisponiblen Wegen, einzuteilen. Wege, die durch die Maßnahme nicht betroffen sind, werden als indisponibel gekennzeichnet und von der Simulation ausgeschlossen. In der mikroskopischen Simulation verbleiben die Wege, die als disponibel und damit möglicherweise als durch die Maßnahme beeinflussbare Wege gekennzeichnet wurden. Da jede Simulation auf mikroskopischer Ebene in einem Zufallsprozess eingebunden ist, verbessert jeder nicht simulierte Weg die Ergebnisgüte.

Bei disponiblen Wegen können aufgrund von Maßnahmewirkungen prinzipiell vier Effekte entstehen:

1. Die Durchführung der Aktivität kann innerhalb eines Zeitfensters verschoben werden
2. Der Aktivitätsort wird mit einem anderen Verkehrsmittel aufgesucht
3. Der Aktivitätsort wird verlagert, d.h. ein anderes Ziel wird aufgesucht
4. Die Aktivität entfällt komplett oder wird durch eine andere Aktivität ersetzt.

Für den vorgestellten Fall der Maßnahmenbeurteilung mit Hilfe eines Reorganisationsmodells werden die Punkte der Verkehrsmittelwahländerung (Punkt 2.) und der Zielwahländerung (Punkt 3.) betrachtet.

Dieses Verfahren der Vorklassifizierung von Wegen wurde an dem Beispiel von CarSharing [WASSMUTH 2000] erfolgreich getestet. Für das Beispiel CarSharing konnte der Simulationsumfang um 74% aller Wege reduziert werden.

Die Kriterien, die für eine Einteilung in disponibile und indisponibile Wege erforderlich sind, hängen im hohen Maße von der jeweils betrachteten Maßnahme ab. Dabei ist es auch möglich, für verschiedene Simulationsschritte unterschiedliche Kriterien festzulegen, wenn z.B. für die Zielwahl andere Einflüsse vorliegen als für die Verkehrsmittelwahl.

5.1.4 Untersuchung von Wegekettenzusammenhängen

Bei der Verwendung von mikroskopischen, wegekettenbasierten Nachfragermodellen werden im Gegensatz zu makroskopischen, wegebasierten Nachfragermodellen mehrere aufeinanderfolgende Aktivitäten eines Menschen berücksichtigt. In den bekannten Modellen werden die Wegekettenzusammenhänge jedoch nur unzureichend modelltechnisch erfasst. In der Zielwahlmodellierung wird ausgehend vom aktuellen Standort das nächste Ziel in Abhängigkeit vom Widerstand zu den möglichen Zielzellen und vom Angebot der Zielzellen bestimmt. Nicht ausreichend berücksichtigt wird jedoch, dass der einzelne Weg als Bestandteil der gesamten Wegekette betrachtet werden muss. Das bedeutet, dass der nächste Aktivitätspol (Wohnung, Arbeitsplatz) auch bei der Bestimmung des Aktivitätsortes einer Nebenaktivität berücksichtigt werden muss. O'KELLY, MILLER [1986] weisen darauf hin, dass wohnungsnahe Aktivitäten hauptsächlich am Anfang oder am Ende einer größeren Wegekette angeordnet werden. KÜCHLER [1985] ermittelte, basierend auf dem Ansatz von HOLZAPFEL [1980], die Verteilung einer eingeschobenen Nebenaktivität auf dem Weg von der Wohnung zur Arbeit in elliptischer Form mit den Brennpunkten Wohnung und Arbeit. Es ist jedoch keine Arbeit bekannt in der eine allgemeingültige Formel für die Anordnung der Nebenaktivität(en) in Abhängigkeit vom Wegezweck ermittelt wurde. Mit Hilfe der umfangreichen Daten des deutschen Mobilitätspanels soll im Folgenden versucht werden, einige Grundüberlegungen abzuleiten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei der Verwendung von Paneldaten ein Nachteil entsteht. Durch die fehlende Geocodierung der Paneldaten sind keine genauen räumlichen Koordinaten der Aktivitätsorte bekannt, so dass weder Gelegenheiten des Aktivitätsortes noch genaue Entfernungswerte vorhanden sind. Bei der Datenbasis des deutschen Mobilitätspanels ist jedoch davon auszugehen, dass aufgrund der großen Fallzahlen (ca. 175.000 Wege) räumliche Besonderheiten und individuelle Einschätzungsfehler ausgeglichen werden, d.h. die Gelegenheiten im Raum als gleichverteilt angenommen werden können.

Mit diesen Annahmen ist es möglich, für Segmente mit einer eingeschobenen Zwischenaktivität, die relative räumliche Lage darzustellen. Mit Hilfe des Kosinussatzes können alle Winkel eines Dreiecks bestimmt werden, wenn alle drei Kantenlängen bekannt sind. Werden die Entfernungswerte als Kantenlängen eines Dreiecks interpretiert, so kann die relative Lage des Nebenaktivitätspunktes bestimmt werden. Prinzipiell sind zwei mögliche Lagen der Nebenaktivität („oberhalb“ und „unterhalb“ der Verbindungslinie Wohnung – Arbeitsplatz) möglich (vgl. Abbildung 5-8 – gestrichelte und durchgezogene Linie).

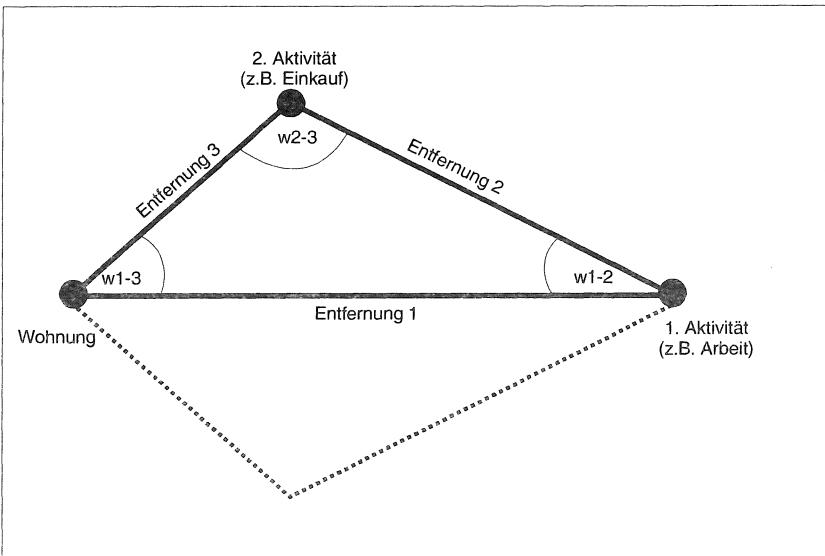


Abbildung 5-8: Grundprinzip der Untersuchung der räumlichen Lage mit Paneldaten [eigene Darstellung]

In Abbildung 5-8 ist das mathematische Grundprinzip dargestellt. Bei der Analyse einer eingeschobenen Nebenaktivität auf dem Weg von und zum Arbeitsplatz kann die Symmetrie der möglichen Lösungen dazu ausgenutzt werden, dass die Positionen der eingeschobenen Aktivität vor der Arbeit ($W-X-A-W$ mit $X = \text{Nebenaktivität}$) unterhalb der Verbindungsgeraden Wohnung – Arbeitsplatz dargestellt werden, die Aktivitäten die nach der Arbeit liegen ($W - A - X - W$) über der Verbindungsgeraden. Wenn die Wahl der zweiten Aktivität unabhängig vom Ziel des Ausganges wäre, dann müsste der Winkel $W_{1,2}$ zwischen der ersten und der dritten Aktivität annähernd gleichverteilt sein (nach dem Prinzip der Zufallsauswahl). Eine Auswertung der Daten zeigt jedoch, dass die Verteilung der Winkel signifikant von einer Gleichverteilung abweicht. Demnach spielt bei der Zielwahl neben dem aktuellen Standpunkt auch der folgende Aktivitätspol eine Rolle.

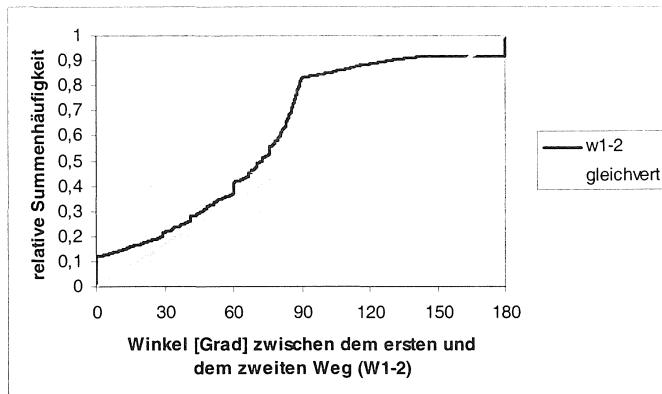


Abbildung 5-9: relative Summenhäufigkeit des Winkels W1-2 bei zwei Nebenaktivitäten
[eigene Berechnungen, Daten: Deutsches Mobilitätspanel]

Abbildung 5-9 zeigt für das Beispiel zweier Nebenaktivitäten zwischen zwei Wohnaktivitäten, dass der Winkel zwischen der ersten Aktivität (Wohnort) und der dritten Aktivität (zweite Nebenaktivität) keiner Gleichverteilung entspricht. Vielmehr treten Winkel zwischen 0 und 90° bei über 80% aller Wege auf.

In Abbildung 5-10 sind die ermittelten Standorte einer Nebenaktivität am Beispiel einer Einkaufsaktivität dargestellt. Dazu wurde der Wohnstandort in den Koordinatenursprung und der Arbeitsplatz auf die Koordinate {10;0} gelegt, d.h. der Arbeitsweg wurde auf die Entfernung „10“ normiert (vgl. graue Schattierungen). Jeder schwarze Punkt stellt eine eingeschobene Einkaufsaktivität dar, oberhalb der X-Achse befinden sich die Einkaufsaktivitäten, die auf dem Rückweg eingeschoben wurden, unter der Achse befinden sich die Einkaufsaktivitäten des Hinweges. Das in der Abbildung 5-10 gezeigte Spektrum zeigt den Ausschnitt, in dem sich die meisten Aktivitäten befinden. Zu erkennen sind Ballungen an den Aktivitätsorten, bei der Hälfte der Strecke und auf und innerhalb des Kreises der gleichen Entfernung. Bei diesem Kreis ist der Weg von oder zu der Einkaufsgelegenheit genauso weit, wie der Weg von der Wohnung zum Arbeitsplatz.

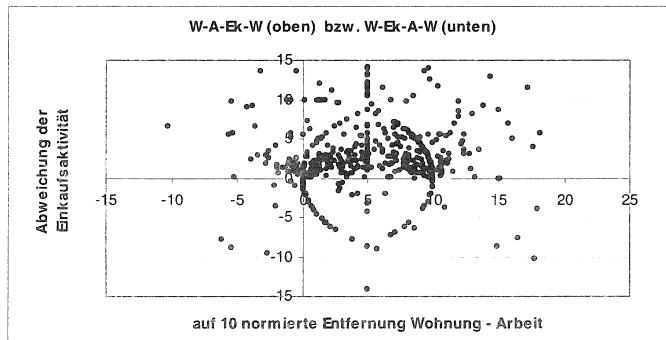


Abbildung 5-10: Lage der Einkaufsaktivität in einem Ausgang W-Ek-A-W bzw. W-A-Ek-W
[eigene Berechnung, Daten: deutsches Mobilitätspanel, 1945 Ausgänge]

Die Form der Ellipse, die sowohl bei KÜCHLER [1985] als auch in neuerer Forschung (z.B. Travel-probability fields als Aktionsraum einer Person in SCHÖNFEHLER, AXHAUSEN [2000]) dargestellt ist, findet sich bei dieser Darstellung wieder. Es scheint jedoch angebracht, die Lage eines Aktivitätsortes nicht ausschließlich einer geometrischen Form zu unterwerfen. Vielmehr ist es sinnvoll, verschiedene Bereiche zu definieren, in denen die Nebenaktivitäten angeordnet sind.

Wird der zur Verfügung stehende Raum in einzelne Bereiche eingeteilt, so lässt sich die Lage der Nebenaktivitäten in verschiedenen Klassen darstellen. In Abbildung 5-11 werden wiederum für das Beispiel des Segmentes Arbeit – Einkaufen – Wohnen (A – Ek – W) die Einteilung in Bereiche vorgenommen.

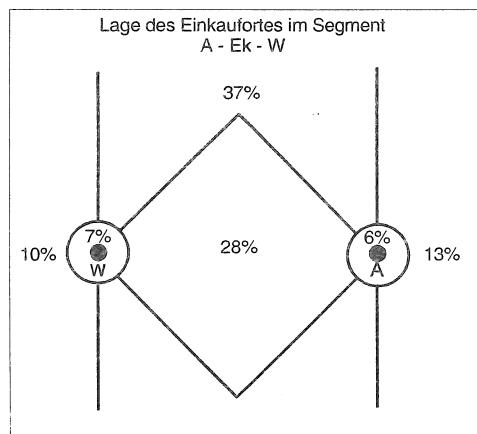


Abbildung 5-11: Lage des Einkaufortes in räumlichen Bereichen [eigene Berechnung,
Daten: deutsches Mobilitätspanel, 1945 Ausgänge]

Insgesamt werden sechs verschiedene Bereiche dargestellt, in denen sich die Nebenaktivität „Einkauf“ befinden kann. Unterschieden wird jeweils nach dem direkten Umfeld des Wohn- und des Arbeitsstandortes (Umkreis 500 m), den Regionen, die jeweils *hinter* dem Wohn- / Arbeitsstandort liegen und der Region zwischen den beiden Aktivitätspolen. Dieser Bereich wird unterteilt in einen inneren Teil (bei dem die Aktivität „unterwegs“ aufgesucht wird) und einem äußeren Bereich. Die Grenze zwischen dem inneren und dem äußeren Bereich ist durch zwei 45° Grad-Linien beschrieben, so dass die Abweichung vom Weg Wohnung – Arbeit für die Einkaufsaktivität maximal der halben Wegstrecke entspricht. Es zeigt sich, dass die räumlich kleinen Bereiche eine für die Größe des Raumes überdurchschnittlich große Anzahl an Einkaufsstandorten beinhalten. Daraus ergibt sich die Forderung für eine Zielwahlsimulation, dass neben der Berücksichtigung des nächsten Aktivitätspols eines Segmentes auch die relative Lage einer Nebenaktivität berücksichtigt werden muss.

Durch eine Vorklassifizierung der Wege, die einem Aktivitätspol zugeordnet sind (z.B. Bäckerbesuch vor Arbeitsbeginn) lassen sich die Aktivitäten, die wie in Abbildung 5-10 ersichtlich um die Aktivitätspole gruppiert sind, von einer eigenständigen Zielwahlsimulation ausschließen. Diese Aktivitäten werden im Folgenden als *untergeordnete Aktivitäten* bezeichnet. Durch die getrennte Betrachtung untergeordneter Aktivitäten lässt sich die Differenziertheit der Lagewahl der Nebenaktivitäten besser berücksichtigen.

Mit einer Betrachtung dieser *Aktivitätsballungen* (eine übergeordnete und eine oder mehrere untergeordnete Aktivität) reduziert sich das betrachtete Aktivitätsmuster in einem Segment weiter auf ein einfacheres Muster. Befindet sich in einer Aktivitätsballung kein Aktivitätspol, so ist die Identifizierung der übergeordneten Aktivität aufgrund anderer Kriterien erforderlich. Es erscheint sinnvoll, die übergeordnete Aktivität einer aus Nebenaktivitäten bestehenden Aktivitätsballung mit Hilfe der Aktivitätsdauer zu bestimmen. Das bedeutet, dass bei mehreren Aktivitäten in einem engen Umkreis, die Aktivität mit der längsten Aktivitätsdauer den größten Einfluss auf die Zielwahl hat.

Auch wenn kein berichtetes Verhalten als Datengrundlage verwendet werden kann und auf eine Generierung von Ausgängen mit Hilfe eines Verkehrsentstehungsmoduls zurückgegriffen werden muss, können untergeordnete Aktivitäten z.B. mit Hilfe der in Abbildung 5-11 dargestellten Verteilungen identifiziert und in einer Simulation berücksichtigt werden.

5.2 Modellierung der Zielwahl

Die beiden für die Aufgabenstellung zu betrachtenden Module der Verkehrsnachfragermodellierung sind die Zielwahl und die Verkehrsmittelwahl. Hierbei soll untersucht werden, wie sich durch eine Maßnahme die Wahl der Aktivitätssorte und die Wahl der Verkehrsmittel ändert. Aufgrund der sequenziellen Bearbeitung der Module wird zunächst die Zielwahl vorgestellt, anschließend folgt die Darstellung der Verkehrsmittelwahl.

5.2.1 Beschreibung des Zielwahlmodells

Das in Kapitel 4 grundsätzlich beschriebene Vorgehen bei der Modellierung der Zielwahl soll hier näher vorgestellt werden. Dabei muss das Modell aufgrund der besonderen Anforderungen des Reorganisationsmodells und der spezifischen Datengrundlage angepasst werden.

Für jeden Weg muss ausgehend von einem aktuellen Standort die nächste folgende Zielzelle bestimmt werden. Wird die Zielwahl mit Hilfe eines Gelegenheitsmodells durchgeführt, wird für alle prinzipiell möglichen, d.h. im Untersuchungsgebiet liegenden, Zielzellen eine Attraktivitätsbetrachtung durchgeführt. Die Wahrscheinlichkeit für die Wahl einer Zielzelle ist abhängig von der Attraktivität dieser Zelle für die durchzuführende Aktivität im Vergleich zu den Attraktivitäten der anderen möglichen Zielzellen.

$$P_{j|i}^k = \frac{Att_{j|i}^k}{\sum_n Att_{n|i}^k} \quad (5-1)$$

mit:
i – aktueller Standort
j – untersuchte mögliche Zielzelle
k – Aktivitätsgruppe
n – Menge der möglichen Zielzellen
 $Att_{j|i}^k$ – Attraktivität der Zielzelle *j* vom Standpunkt *i* für die Aktivität *k*
 $P_{j|i}^k$ – Wahrscheinlichkeit der Auswahl der Zielzelle *j* vom Standpunkt *i* für die durchzuführende Aktivität *k*

Die Attraktivität einer möglichen Zielzelle berechnet sich ausgehend von einem aktuellen Standort aus Formel 5-2:

$$Att_{j|i}^k = \frac{G_j^k}{f(w_{i,j})} \quad (5-2)$$

mit:
i – aktueller Standort
j – untersuchte mögliche Zielzelle
k – Aktivitätsgruppe
 $w_{i,j}$ – Widerstand zwischen der Zelle *i* und der Zelle *j*
 G_j^k – Gelegenheiten für die Aktivitätsgruppe *k* an der Zielzelle *j*
 $Att_{j|i}^k$ – Attraktivität der Zielzelle *j* vom Standpunkt *i* für die Aktivitätsgruppe *k*

Mit Hilfe der so ermittelten Wahrscheinlichkeiten lässt sich in einem Monte-Carlo-Prozess eine Zielzelle auswählen.

Aufgrund der Verbesserung der Eingangsdaten bezüglich der durchgeföhrten Aktivität (vgl. Kapitel 5.1.1 – Einteilung in Aktivitätsuntergruppen) lassen sich die „Gelegenheiten“

entsprechend der einzelnen Aktivitätsuntergruppen identifizieren. Eine mögliche Kenngröße ist z.B. die Zahl der Einwohner pro Verkehrszelle als Gelegenheitskennziffer für die Aktivitätsuntergruppe „soziale Kontakte“.

Als zweiter Faktor neben dem Angebot der potenziellen Zielzelle ist der Widerstand zur Überwindung des Raumes, ausgehend von dem aktuellen Standort zu dieser Zielzelle, von Bedeutung. Für diese Widerstandsfunktion, auch „Leitwert“ oder „Akzeptanzfunktion“ genannt, gibt es zahlreiche Variationen (vgl. z.B. SCHNABEL, LOHSE [1991]). Die Widerstandsfunktion muss in der Lage sein, die abnehmende Attraktivität einer Zelle bei zunehmender Entfernung widerzuspiegeln. Im Folgenden wird die Widerstandsfunktion nach WILSON [1967] verwendet, die sich sowohl aus der Maximierung des individuellen Nutzens, als auch aus dem Entropieansatz herleiten lässt (vgl. WERMUTH [1994]).

$$f(w_{i,j}) = e^{-\alpha \cdot w_{i,j}} \quad (5-3)$$

Der Parameter α ist entsprechend empirischer Daten an das gegebene Untersuchungsgebiet anzupassen. Erhält α den Wert 0, so hat der Widerstand keinen Einfluss auf die Zielwahl.

Entsprechend der Erkenntnisse aus Kapitel 5.1 muss dieser Ansatz jedoch erweitert und angepasst werden. So ist es nicht erforderlich, für die Wege zu den Aktivitätspolen bei jedem Auftreten eine neuerliche Zielwahl durchzuführen. Aus diesem Grund wird im Vorfeld der Zielwahlsimulation eine Ermittlung der Lage der Aktivitätspole durchgeführt. Die Wohnstandorte sind, wenn die Daten der empirischen Erfassung aus dem Untersuchungsgebiet stammen, bekannt. Sollten Daten aus anderen Untersuchungsgebieten (z.B. Daten aus dem Deutschen Mobilitätspanel) verwendet werden, so sind Wohnstandorte mit Hilfe der Einwohnerstatistik zu ermitteln. Neben den Wohnstandorten müssen in einem vorgezogenen Modellschritt ebenfalls die Aktivitätspole „Arbeit“ und „Ausbildung“ bestimmt werden. Sind die Standorte dieser Aktivitätspole nicht aus der Erhebung bekannt, muss eine wegeunabhängige Bestimmung im Vorfeld erfolgen. Zur Bestimmung des Arbeitsplatzes können Arbeitsplatzverteilungen und Pendlerstatistiken verwendet werden. Liegen keine detaillierten Daten vor, muss eine unabhängige Zielwahlsimulation durchgeführt werden. Der Ausbildungsplatz kann mit der Einklassifizierung in eine Ausbildungsgruppe (vgl. Kapitel 5.1.1) mit Hilfe der Ausbildungsgelegenheiten (z.B. Anzahl der Schüler je Schultyp) in einer Zielwahl ermittelt werden.

Die Festlegung der Aktivitätspole ergibt das Grundmuster des Aktivitätsraums. In Kapitel 5.1 konnte gezeigt werden, dass die Lage der Aktivitätspole die Anordnung der einzufügenden Nebenaktivitäten maßgeblich beeinflusst. Durch eine Festlegung der Aktivitätspole im Vorfeld der eigentlichen Zielwahlsimulation auf der Wegeebene kann das Grundgerüst des Mobilitätsgeschehens determiniert werden. Mit der Kenntnis der Aktivitätspole sind 35% aller Segmente (die Basissegmente – vgl. Kapitel 5.1.2) des deutschen Mobilitätspanels bekannt.

Neben den Aktivitätspolen können auch die Nebenaktivitäten aus dem Simulationsablauf herausgenommen werden, die identifizierbar mehrfach in der Woche aufgesucht wurden

(wiederholte Aktivitäten). Des weiteren müssen Aktivitäten, die einer anderen Aktivität nachgeordnet sind (untergeordnete Aktivitäten – siehe Kapitel 5.1.4), nicht zusätzlich simuliert werden, da das Ziel der Aktivität durch die Zielwahl der übergeordneten Aktivität ausreichend beschrieben ist.

Um die Bedeutung des Endpunktes eines Segmentes entsprechend der Erkenntnisse aus Kapitel 5.1.4 berücksichtigen zu können, wird das Zielwahlmodell so angepasst, dass bei der Betrachtung des Widerstandes vom Standpunkt i zu einer möglichen Zielzelle j auch der Widerstand von der Zelle j zum Ende des Segmentes bei einem Aktivitätspol n berücksichtigt wird und zwar auch, wenn noch mehrere Nebenaktivitäten vor dem nächsten Aktivitätspol folgen. Dieser Gesamtwiderstand wird als simulationsrelevanter Widerstand $\hat{w}_{i,j}$ bezeichnet.

$$\hat{w}_{i,j} = f(w_{i,j}, w_{j,n}) \quad (5-4)$$

mit: $\hat{w}_{i,j}$ - simulationsrelevanter Widerstand von der Quelle i zum Ziel j

$w_{i,j}$ - Widerstand von der Quelle i zum Ziel j

$w_{j,n}$ - Widerstand vom Ziel j zum nächsten Aktivitätspol n

In Abbildung 5-12 ist die Berücksichtigung des folgenden Aktivitätspols anhand des Beispiels eines Segments „Arbeit – Freizeit – Wohnung“ dargestellt. Beim klassischen Vorgehen wird ausgehend vom aktuellen Standort innerhalb einer Wegekette das nächste Ziel, in diesem Beispiel eine Freizeitgelegenheit, gesucht, für die drei mögliche Zielzellen zur Auswahl stehen. Neben der Zahl der Gelegenheiten ist der Widerstand vom aktuellen Standort (Arbeitsplatz) zu diesen Zielzellen von Bedeutung. Im alternativen Vorgehen wird, basierend auf den Erkenntnissen der Analyse des deutschen Mobilitätspanels, der nächste Aktivitätspol (als Ende des betrachteten Segments) berücksichtigt. Das bedeutet, dass die Wahl des Zielortes der nachfolgenden Wege in Abhängigkeit von dem folgenden Aktivitätspol durchgeführt wird.

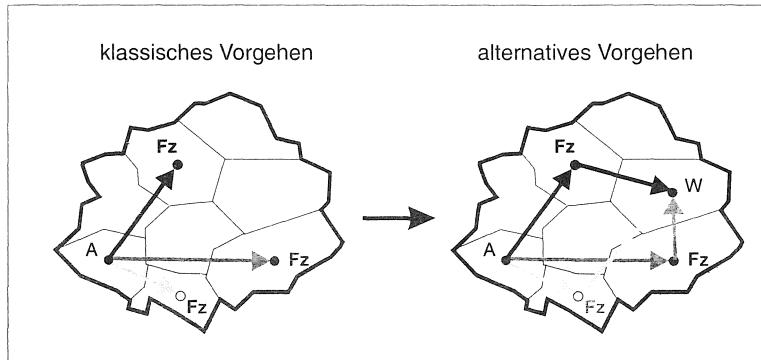


Abbildung 5-12: Vergleich des klassischen Vorgehens mit dem vorgeschlagenen Vorgehen bei der Betrachtung des Widerstandes zur Zielwahl der Freizeitaktivität [eigene Darstellung]

In Abhängigkeit von der Zahl der im Segment noch zurückzulegenden Wege wird der Widerstand von der Zelle j zum Aktivitätspol n unterschiedlich gewichtet. Je mehr Aktivitäten zwischen der zu bestimmenden Aktivität und dem nächsten Aktivitätspol liegen, um so geringer ist der Einfluss (die „Anziehungskraft“) des Aktivitätspols. Der simulationsrelevante Widerstand berechnet sich demnach aus:

$$\hat{w}_{i,j} = \left(1 - \frac{1}{(N - l)^\mu}\right) \times w_{i,j} + \frac{1}{(N - l)^\mu} \times w_{j,n} \quad (5-5)$$

mit: N - Anzahl der Wege pro Segment
 l - bereits bearbeitete Wege im Segment
 μ - Eichungsfaktor

Für den Fall, dass es sich bei dem Segment um ein α -Segment handelt, bei dem lediglich eine Nebenaktivität eingeschoben wird (z.B. Wohnen – Freizeit – Wohnen), entspricht der simulationsrelevante Widerstand den identischen Widerständen $w_{i,j}$ und $w_{j,n}$ ($= w_{i,j}$). Die Größe des Eichungsfaktors μ bestimmt die Gewichtung der betrachteten Wegabschnitten. Hat der Wert μ den Wert 1, so ist der Weg zur nächsten Aktivitäten ebenso stark gewichtet wie der Weg zum nächsten Aktivitätspol. Ist μ kleiner als 1 wird der Weg zur nächsten Aktivität, bei μ größer als 1 der Weg zum nächsten Aktivitätspol stärker gewichtet.

5.2.2 Validierung und Kalibrierung des simulationsrelevanten Widerstands

Zur Bestätigung der Formel 5-5 und zur Bestimmung des Eichungsfaktors μ aus Formel 5-5 sind Daten erforderlich, bei denen sowohl die Aktivitätssorte als auch die Zahl der

Gelegenheiten ortgenau bekannt sind. Unter der Annahme, dass die Paneldaten im Aggregat einem Raum mit gleichverteilten Gelegenheiten entspricht, lassen sich Richtwerte des Exponenten μ bestimmen. Mit dieser Annahme beschränken sich die Auswahlkriterien für die Zielwahl auf den Widerstand zur Raumüberwindung. In einer ersten Analysestufe werden α -Segmente betrachtet, die zwei eingeschobene Nebenaktivitäten beinhalten, z.B. Wohnen – Einkaufen – Freizeit – Wohnen. Für diesen Segmenttyp $\alpha 2$ lassen sich, wie bereits näher erläutert, aus den Entfernungen die dazwischenliegenden Winkel des Dreiecks (vgl. Abbildung 5-8) berechnen. Bei dem herkömmlichen Vorgehen der Zielwahlsimulation wird der Aktivitätsort der zweiten Nebenaktivität unabhängig von der Lage des Wohnortes ermittelt, so dass sich theoretisch eine Gleichverteilung des Winkels w_{1-2} zwischen dem Wohnort und der zweiten Aktivität ergibt. Zur Kalibrierung des Einflusses des folgenden Aktivitätspols auf die Zielwahlsentscheidung sind unter den getroffenen Annahmen des gleichverteilten Raumes die Weglängen des letzten Weges dieses Segmentes (von der 2. Aktivität zum Aktivitätspol) in Abhängigkeit von dem Winkel w_{1-2} zu bestimmen. Dabei spielt das Verhältnis des ersten Weges (Wohnung – 1. Aktivität = entf1) zum zweiten Weg (1. Aktivität zur 2. Aktivität = entf2) eine große Rolle. Bei einem vorgegebenen Winkel w_{1-2} und einem gegebenen Verhältnis entf1 / entf2 lässt sich mit Hilfe des Kosinussatzes der resultierende Widerstand entf3 (2. Aktivität zur Wohnung) bestimmen, der bei dem alternativen Zielwahlkonzept verwendet wird. Die Widerstände sind bei der theoretischen Betrachtung Vektoren, die beim Vergleich der Theorie mit der Empirie durch die Entfernungen ersetzt werden. Entf3 in Abhängigkeit vom Winkel w_{1-2} berechnete sich aus:

$$entf3(w_{1-2}) = \sqrt{entf1^2 + entf2^2 - 2 \times entf1 \times entf2 \times \cos w_{1-2}} \quad (5-6)$$

Mit dieser Entfernung bei gegebenen Größen für entf1 und entf2 sowie einem vorgegebenen Winkel w_{1-2} ergibt sich aus Formel 5-5 für die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines bestimmten Winkels ψ zu:

$$P(w_{1-2} = \psi) = \frac{\left((1 - \frac{1}{2^\mu}) \times entf2 + \frac{1}{2^\mu} \times entf3(\psi) \right)}{\sum_{w=0}^{2\pi} \left((1 - \frac{1}{2^\mu}) \times entf2 + \frac{1}{2^\mu} \times entf3(w_{1-2}) \right)} \quad (5-7)$$

Aus dieser Betrachtung ergibt sich, dass in Abhängigkeit vom Verhältnis entf1/entf2 verschiedene Winkel mit einer höheren Auftretenswahrscheinlichkeit vorkommen als andere Winkel. In Abbildung 5-13 ist beispielhaft für verschiedene Verhältnisse entf1 / entf2 die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Winkels w_{1-2} eingetragen. Das Integral der Kurven ergibt jeweils den Wert 1.

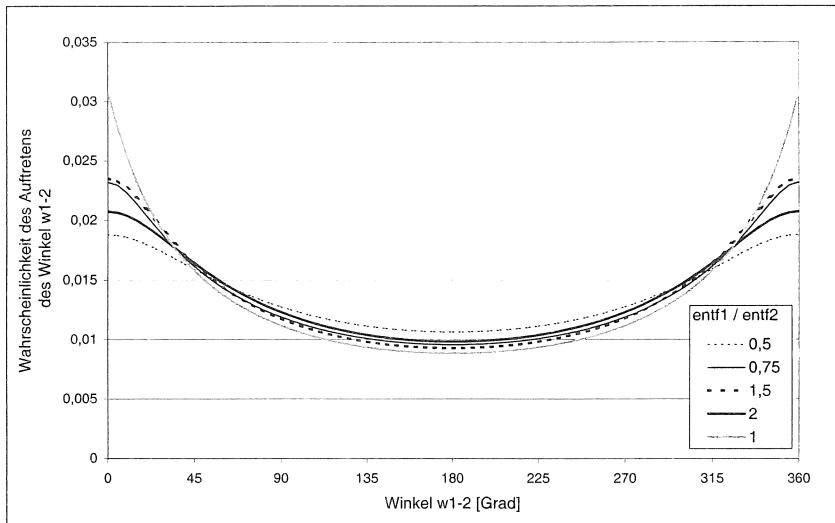


Abbildung 5-13: Theoretische Wahrscheinlichkeitsverteilung des Winkels ψ [eigene Berechnung]

Zu erkennen ist, dass der Einfluss der Lage der eingeschobenen Aktivität mit annähernd gleicher Entfernung von entf1 und entf2 an Bedeutung zunimmt. Bei gleichem Verhältnis ($\text{entf1} / \text{entf2} = 1$) ist dieses am deutlichsten zu erkennen. Der fehlende Wendepunkt in dieser Kurve beruht auf der mathematischen Besonderheit, dass bei gleicher Länge von entf1 zu entf2 der dritte Weg entf3 Null wird. Bei 180 Grad ist die eingeschobene Aktivität genau entgegengesetzt zum nächsten Aktivitätspol, so dass die Wahrscheinlichkeit der Auswahl am geringsten ist. Nähert sich das Verhältnis entf1 / entf2 Null oder unendlich an, d.h. eine der beiden Entfernungen ist wesentlich länger als die andere, dann spielt die Lage der eingeschobenen Aktivität nur noch eine untergeordnete Rolle.

Werden die einzelnen Werte für $\text{entf3}(w_{1-2})$ entsprechend der jeweiligen Wahrscheinlichkeit für den Winkel w_{1-2} gewichtet, lässt sich eine mittlere theoretische Weglänge für die Strecke entf3 in Abhängigkeit von dem Verhältnis entf1 / entf2 berechnen. Dieser Wert kann mit empirischen Größen verglichen und zur Validierung des Ansatzes und zur Kalibrierung des Eichungsfaktors μ für Segmente mit zwei eingeschobenen Zwischenaktivitäten genutzt werden.

Für Segmente, die mehr als zwei eingeschobene Nebenaktivitäten beinhalten, ist aufgrund der nicht mehr eindeutig zu bestimmenden Verhältnisse in dem entstehenden n-Eck ein komplexeres Vorgehen erforderlich. Für den Fall von drei Nebenaktivitäten in einem Segment entsteht ein Viereck mit den Ecken Wohnung, 1., 2. und 3. Aktivität, sowie den Kanten s1, s2, s3 und s4 (vgl. Abbildung 5-14).

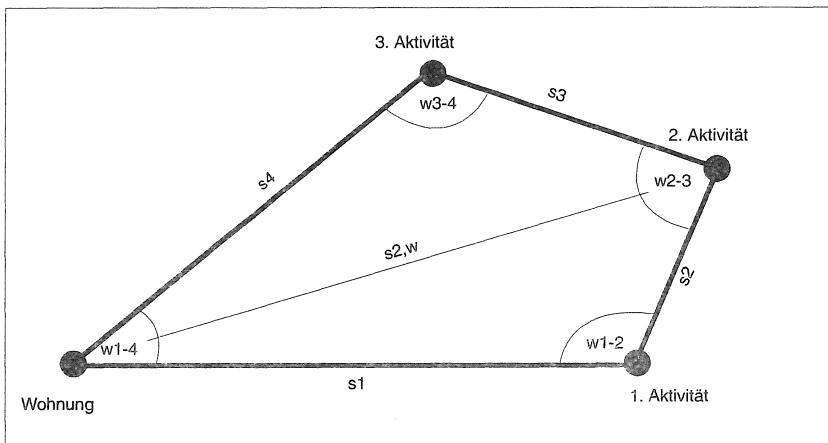


Abbildung 5-14: Räumliche Lage und Begriffsbestimmung bei alpha3 – Segmenten [eigene Darstellung]

Berücksichtigt werden muss zusätzlich der fiktive Weg von der 2. Aktivität zur Wohnung, $s_{2,w}$. Für den Fall eines Vierecks sind zwei Winkel variabel, der Winkel $w_{1,2}$ (im Folgenden als β bezeichnet) und der Winkel $w_{2,3}$ (im Folgenden als χ bezeichnet). Der letzte Weg, s_4 , berechnet sich bei gegebenen Wegen s_1 , s_2 und s_3 in Abhängigkeit der flexiblen Winkel β und χ zu:

$$s_4 = \sqrt{s_{2,w}(\beta)^2 + s_3^2 - 2 \times s_{2,w}(\beta) \times s_3 \times \cos \left[\chi - \arccos \left(\frac{(s_{2,w}(\beta)^2 + s_2^2 - s_1^2)}{2s_{2,w}(\beta) \times s_2} \right) \right]} \quad (5-8)$$

Mit Hilfe von Formel 5-8 lassen sich für sämtliche Winkelkombinationen für β und χ die Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten der Streckenlänge s_4 nach Formel 5-5 berechnen. Mit Hilfe des Mittelwerts der theoretischen Entfernung nach Formel 5-8 und mit empirischen Daten aus dem deutschen Mobilitätspanel lässt sich ein Erwartungswert für den Eichungsfaktor μ bestimmen, wobei aufgrund der Fallzahlen keine Unterscheidung hinsichtlich verschiedener Wege s_1 bis s_3 möglich ist. Bei einem Vergleich der empirischen mit den theoretisch ermittelten Mittelwerten von s_4 ergibt sich $\mu = 0,835$. Bei der Betrachtung von α_2 -Segmenten ergibt sich mit Hilfe einer iterativen Näherungslösung unter Verwendung der Fehlerquadratsumme zwischen empirischen und theoretischen Werten ein Erwartungsraum für den Eichungsparameter μ von 0,6 bis 1,1 in Abhängigkeit der zugrundegelegten Vergleichsgröße. Damit ist die grundsätzliche Annahme zur Herleitung von Formel 5-5 bestätigt. Aufgrund der erforderlichen Annahmen zur Kalibrierung scheint es jedoch nicht sinnvoll, eine exakte mathematische Größe für μ zu bestimmen. Für die weitere Betrachtung und für die folgende Zielwahl wird $\mu = 1,0$ festgelegt. Diese Größe wurde auf Basis des deutschen Mobilitätspanels ermittelt. Für eine Verwendung in Teilläufen sind zusätzliche Ermittlungen unter Verwendung regionaler Strukturdaten unter Berücksichtigung

der Gelegenheiten empfehlenswert. Mit den konzipierten Anpassungen lässt sich der allgemeine Ablauf einer Zielwahlsimulation, wie in Abbildung 5-15 gezeigt, darstellen.

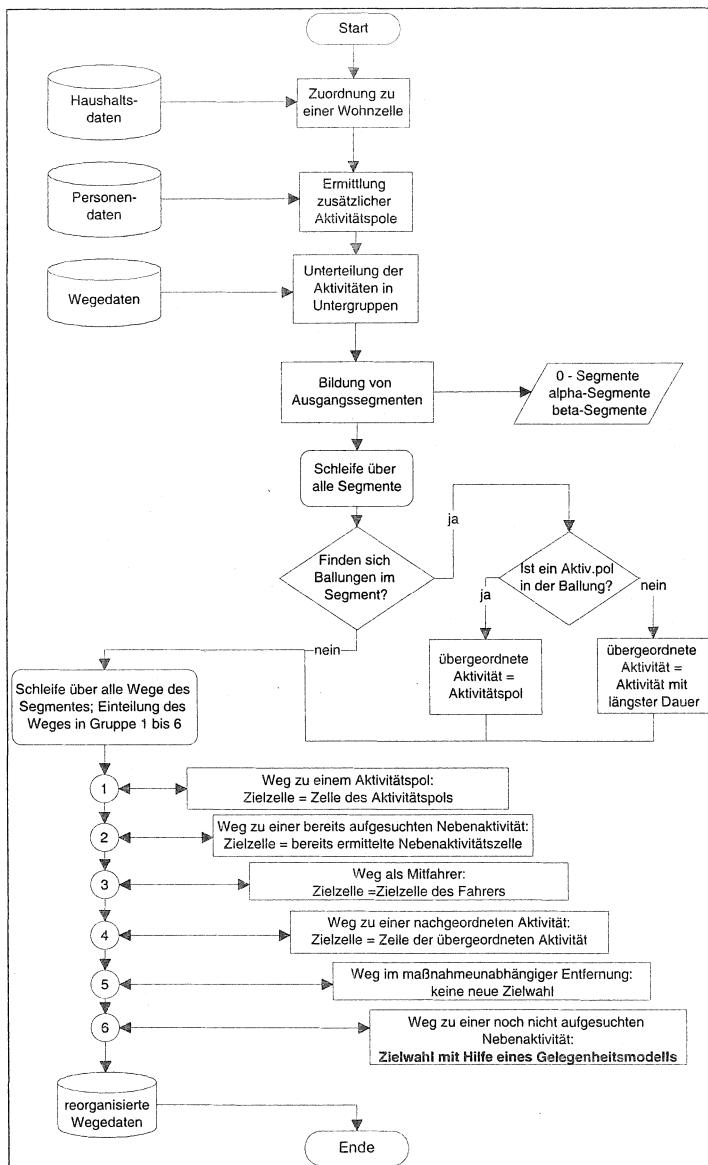


Abbildung 5-15: Ablaufdiagramm der Zielwahlsimulation [eigene Darstellung]

Wichtig ist die Abtrennung verschiedener Wege, für die keine eigenständige Zielwahlsimulation mit dem Gelegenheitsmodell erforderlich ist. Bei der Berücksichtigung der Haushaltszusammenhänge sind Aktivitäten, die mit anderen Haushaltsteilnehmern gemeinsam durchgeführt werden, im Nachlauf zu identifizieren und zu berücksichtigen. Wenn zwei Personen eines Haushaltes eine gemeinsame Aktivität durchführen und dafür den Pkw benutzen, ist das für die Verkehrsmittelwahl von großer Bedeutung. Aus diesem Grund müssen diese gemeinsam durchgeführten Aktivitäten bereits bei der Zielwahl so berücksichtigt werden, dass für alle mitreisenden Personen dasselbe Ziel gewählt wird. Gemeinsame Aktivitäten lassen sich aus der Abfahrzeit und dem Verkehrsmittel (ein Fahrer, ein oder mehrere Mitfahrer) identifizieren.

5.2.3 Simulation der Ausgangslage

Bei der maßnahmefreien Reorganisation von Verkehrsverhalten auf Basis empirischer Daten sind zu zwei Zeitpunkten Zielwahlsimulationen erforderlich; bei der Beschreibung des Ausgangszustandes ohne Maßnahmewirkung und bei der Abschätzung der maßnahmefreien Änderungen im Mobilitätsverhalten (vgl. Abbildung 5-1). Zunächst wird, ausgehend von dem berichteten Verkehrsverhalten, als Ersatz für die Verkehrsentsstehung der Ohne-Fall simuliert.

In diesem Modellschritt müssen einige Festlegungen getroffen werden, die für die gesamte Simulation konstant bleiben, z.B. Wohnort und / oder Arbeitsplatz, falls einer dieser Aspekte nicht Gegenstand der Untersuchung ist. Zudem wird das Grundmuster des Verkehrsverhaltens determiniert, auf dem aufbauend im zweiten Schritt Änderungen analysiert werden.

Die Ausgangslage dient gleichzeitig dazu, die verhaltensabhängigen Eichungsparameter α (vgl. Formel 5-3) zu bestimmen. Ist das Modell anhand des erhobenen Verhaltens im Ohne-Fall (auf den sich die empirischen Daten beziehen) geeicht, können alle Eichungsparameter auf das Modell für den Mit-Fall übertragen werden, da eine intrapersonelle Konstanz der Verhaltensparameter vorausgesetzt wird. Dabei ist es auch möglich, basierend auf Befragungen im Mit-Fall, das Verhalten vor Einführung der Maßnahmen retrospektiv zu simulieren.

Für die Eichung der Zielwahl können die Entferungen aus der Simulation mit den berichteten Entfernungen abgeglichen werden. Nach erfolgter Eichung braucht die empirische Erhebung nicht weiter verwendet zu werden.

5.2.4 Ermittlung disponibler Ziele

Ein Grundprinzip des vorgestellten Modellansatzes beruht darauf, dass die Gesamtmenge der betrachteten Wege einer Population dahingehend untersucht wird, bei welchen Wegen

sich aufgrund der untersuchten Maßnahme eine Änderung ergeben kann und bei welchen nicht (vgl. Kapitel 5.1.3).

Bei den hier untersuchten autoarmen Lebensbedingungen ergibt sich eine Änderung der Zielwahl wenn aufgrund des veränderten Angebotes im Wohnumfeld (Nutzungsmischung) die Attraktivität des Nahraumes so stark zunimmt, dass für eine bestimmte Aktivität (-enkombination) das im Ohne-Fall aufgesuchte Ziel in Frage gestellt wird. Um die Grundgesamtheit der von der Maßnahme betroffenen Wege (disponiblen Wege) identifizieren zu können, müssen in einem ersten Schritt die indisponiblen Wege, d.h. die von der Maßnahme nicht betroffenen Wege, bestimmt werden. Für die Modellierung der Verkehrsverhaltensänderungen eines autoarmen Stadtquartiers werden folgende Wege als indisponibel definiert, bei denen keine Änderung der Zielwahl zu erwarten ist:

- Wege, die zu einem Aktivitätspol führen (Wohnung, Arbeits- / Ausbildungsplatz)
- Wege zu Aktivitäten, für die im Untersuchungsgebiet keine Gelegenheiten vorhanden sind
- Wege, die aufgrund ihrer Position in einem Segment nicht in die Nähe der Wohnung verlagert werden können (z.B. ein α -Segment vom Arbeitsplatz aus)
- Wege, die bereits im Ohne-Fall zum intrazonalen Binnenverkehr zu zählen waren
- Wege, die aufgrund ihrer großen Entfernung außerhalb des Untersuchungsgebietes führen, bzw. in großer Entfernung zur Wohnung durchgeführt werden

Diese Klassifizierung entsteht entweder aus im Vorfeld getroffenen Definitionen (z.B. keine Änderung der Aktivitätspole) oder aus logischen Zwängen (es kann keine Aktivität verlagert werden, wenn kein Angebot existiert).

Da die Anordnung der Wege innerhalb der einzelnen Segmente nicht verändert werden soll, werden auch die Aktivitäten als indisponibel gekennzeichnet, die zwischen zwei Aktivitäten angeordnet sind, die weder im Wohnumfeld angeordnet noch verlagerbar sind, z.B. eine Einkaufsaktivität zwischen zwei Arbeitsaktivitäten. Es ist nicht Ziel dieser Arbeit, das Aktivitätsprogramm einer Person im Sinne einer Mobilitätsberatung zu optimieren.

Die Wege, die in eine dieser Kategorien als indisponibel eingeordnet sind, werden durch diese Vorklassifizierung von der Simulation der Zielwahländerungen ausgeschlossen. Zur Beurteilung des Angebotes des autoarmen Siedlungskonzeptes müssen, ähnlich zur Zielwahlsimulation, für die verschiedenen Aktivitätsuntergruppen Gelegenheiten festgelegt werden. Der Umfang der Änderungssimulation ergibt sich unter Berücksichtigung der indisponiblen Wege aus der Restmenge der Wege, den disponiblen Aktivitäten, bei denen eine Zielwahländerung zumindest möglich ist.

5.2.5 Simulation der Zielwahländerungen

Basierend auf der Bestimmung der Ziele für den Ohne-Fall und der Identifizierung der disponiblen Aktivitäten kann eine Simulation der Zielwahländerung durchgeführt werden. Ist eine Zielwahländerung prinzipiell möglich, so entsteht eine binäre Fragestellung. Es muss ermittelt werden, ob für die betreffende Aktivität das alte Ziel weiterhin aufgesucht werden soll, oder ob die Aktivität als Maßnahmewirkung in das Wohnumfeld verlagert wird. Für diese Entscheidung wird wiederum eine Wahrscheinlichkeitsverteilung mit Hilfe des Gelegenheitsmodells ermittelt, aus der anschließend mit der Monte-Carlo-Methode eine Entscheidung ermittelt wird. Die Gelegenheiten und Widerstände des Ziels im Ohne-Fall sind bekannt, und die Gelegenheiten für die Aktivität im veränderten Wohngebiet sind als Eingangsparameter zu bestimmen. Die Widerstände, die durch Bewegungen innerhalb autoarmer Gebiete entstehen, können pauschal je nach Struktur und Größe des Gebietes vorgegeben werden. Aufgrund der Parkierungskonzeption werden Wege innerhalb des Gebietes grundsätzlich als Fußwege angenommen. Bei der Bestimmung der Widerstände wird, analog zu der in Kapitel 5.2.1 hergeleiteten Beziehung, der simulationsrelevante Widerstand verwendet, der neben dem Widerstand zu der eigentlichen Zielzelle auch den nächsten Aktivitätspol berücksichtigt. Dementsprechend stehen für beide betrachteten Situationen sowohl Gelegenheiten als auch Widerstände für die Verwendung eines Gelegenheitsmodells zur Verfügung.

Besteht ein Segment aus mehreren nacheinander liegenden disponiblen Aktivitäten, so besteht die Möglichkeit, dass alle Wege mit Wohnungsbindung verlagert werden. Wird jedoch der erste Weg eines β -Segments bzw. der erste und der letzte Weg eines α -Segments nicht verlagert, so besteht auch für die folgenden Aktivitäten keine Verlagerungsmöglichkeit. Abbildung 5-16 zeigt einen Überblick über die verschiedenen möglichen Verlagerungskombinationen in Abhängigkeit vom Segmenttyp und der Anzahl der eingeschobenen disponiblen Aktivitäten.

Anzahl disponibler Aktivitäten	Segmenttyp alpha (W-.....-W)	Segmenttyp beta (z.B. W-.....-A)
1	W - (j) - W W - (n) - W	W - (j) - A W - (n) - A
2	W - (j) - (j) - W W - (j) - (n) - W W - (n) - (j) - W W - (n) - (n) - W	W - (j) - (j) - A W - (j) - (n) - A W - (n) - (n) - A
3	W - (j) - (j) - (j) - W W - (j) - (n) - (j) - W W - (n) - (j) - (j) - W W - (n) - (n) - (j) - W W - (j) - (j) - (n) - W W - (j) - (n) - (n) - W W - (n) - (n) - (n) - W	W - (j) - (j) - (j) - A W - (j) - (j) - (n) - A W - (j) - (n) - (n) - A W - (n) - (n) - (n) - A

(j) = Aktivität kann verlagert werden

(n) = Aktivität kann nicht verlagert werden

Abbildung 5-16: Mögliche Verlagerungskombinationen bei verschiedenen Segmenttypen [eigene Darstellung]

Es ist ersichtlich, dass die Zahl der möglichen Kombinationen zwischen Verlagerung und Beibehaltung mit zunehmender Anzahl der disponiblen Wege zunimmt. Für die Entscheidung, welche dieser Kombinationen eintritt, ist prinzipiell zwischen einer sequenziellen und einer parallelen Bearbeitung zu unterscheiden.

Bei einer sequenziellen Betrachtung wird für jeden einzelnen disponiblen Weg eine Verlagerungsentscheidung getroffen. Handelt es sich bei dem untersuchten Segment um ein α -Segment (Wege von und zur Wohnung), so müssen sowohl beginnend bei der Wohnung alle Wege nacheinander in chronologischer Reihenfolge, als auch rückwirkend von der Wohnung in umgekehrter Reihenfolge abgearbeitet werden. Obwohl diese Vorgehensweise modelltechnisch einfacher umzusetzen ist, entsteht der große Nachteil, dass die Wahrscheinlichkeit für die Verlagerung mehrerer Aktivitäten mit zunehmender Zahl der

disponiblen Wege immer geringer wird. Zudem entsteht durch die Verwendung des simulationsrelevanten Widerstands eine Verzerrung der Simulationsergebnisse.

Plausibler und realitätsnäher ist daher die parallele Betrachtung sämtlicher möglichen Kombinationen aus Abbildung 5-16. Die Anzahl der entscheidungsrelevanten Kombinationen berechnet sich aus den in Tabelle 5-2 dargestellten Formeln.

	α -Segmente	β -Segmente
Anzahl der Kombinationen bei n disponiblen Aktivitäten	$\frac{1}{2}n \times (n + 1) + 1$	$n + 1$

Tabelle 5-2: Berechnung der Kombinationsanzahl in Abhängigkeit des Segmenttyps

Die Simulation der Zielwahländerung wird demnach nicht für einzelne Wege, sondern für alle disponiblen Aktivitätsreihen in einem Segment durchgeführt. In Abhängigkeit der Anzahl der disponiblen Wege wird für alle Kombinationen aus Abbildung 5-16 eine Attraktivität mit Hilfe des Gelegenheitsmodells berechnet, aus denen sich Wahrscheinlichkeiten bestimmen lassen.

Da die Komplexität der programmtechnischen Umsetzung mit zunehmender Zahl der disponiblen Wege in einer Kette exponentiell ansteigt, gleichzeitig aber auch die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines solchen Falles abnimmt, wird die Berechnung aller Kombinationen für bis zu drei disponiblen Wege vorgesehen: treten Ketten mit vier oder mehr disponiblen Wegen im Datensatz auf, so werden die Wege dieser Abschnitte eingeteilt und abschnittsweise parallel, die einzelnen Abschnitte jedoch sequenziell bearbeitet.

Nach der Simulation der Zielwahl für den Mit-Fall steht ein Datensatz zur Verfügung, der neben einer Angabe der Zielzelle für den Ohne-Fall zudem eine Zielzelle für den Mit-Fall enthält. Aus den Zielzellen lassen sich die jeweiligen Wegentfernungen bestimmen, so dass sich intrapersonelle und interpersonelle Weglängenänderungen aufgrund der untersuchten Nutzungsmischung im Wohnumfeld bestimmen lassen.

5.3 Modellierung der Verkehrsmittelwahl

Aufbauend auf den modellierten Zielzellen für den Mit- und den Ohne-Fall und den berichteten Verkehrsmitteln für den Ohne-Fall lassen sich im Anschluss an die Zielwahländerung die möglichen Änderungen in der Verkehrsmittelwahl simulieren. Hierbei ist das prinzipielle Vorgehen ähnlich zu dem Vorgehen der Zielwahländerung: Zunächst werden die indisponiblen Verkehrsmittelwahlentscheidungen identifiziert und anschließend wird eine Verkehrsmittelwahlsimulation für alle disponiblen Wege durchgeführt.

5.3.1 Theoretischer Modellkern

Bei der Simulation der Verkehrsmittelwahl kann auf eine Ermittlung des Ausgangszustandes aufgrund des Vorhandenseins des verwendeten Verkehrsmittels im Ohne-Fall verzichtet werden. Während bei der Zielwahlbetrachtung die im Panel-Design erhobenen empirischen Daten nicht ausreichend sind, ist für jeden Weg ein Verkehrsmittel bekannt. Da für die Simulation der Ziele im Ohne-Fall diese Verkehrsmittelwahl zur Bestimmung der Widerstände verwendet wurde, entsteht kein systematischer Fehler; die Zielzellen wurden unter Kenntnis des Verkehrsmittels ausgewählt.

Die Simulation der disponiblen Verkehrsmittelentscheidungen erfolgt mit Hilfe eines Nutzenmaximierungsmodells nach dem Logit-Typ. Das Logit-Modell wurde entwickelt, um das Problem der Erzeugung von Schätzwerten außerhalb des Definitionsbereichs einer Wahrscheinlichkeit zu vermeiden. Dafür geht eine lineare Funktion als Argument in eine logistische Verteilungsfunktion ein, so dass für alle Werte der linearen Funktion ein Schätzwert zwischen 0 und 1 entsteht.

$$P(i) = \frac{e^{f(X_i)}}{\sum_j e^{f(X_j)}} \quad (5-9)$$

In Formel 5-9 ist der grundsätzliche formelle Zusammenhang dargestellt. Das Logit-Modell als Form der nichtlinearen Regression wurde ursprünglich für medizinische Fragestellungen eingesetzt, bei denen aus Eigenschaften der Patienten Rückschlüsse auf die Auftretenswahrscheinlichkeit einer Krankheit geschlossen wurden. DANIEL MC FADDEN (vgl. z.B. MC FADDEN [2000]) hat diesen Ansatz auf das Nutzerwahlverhalten übertragen. Die erforderlichen Anpassungen beruhen auf einem Unterschied in der Entscheidungsebene. Bei medizinischen Fragestellungen sind die Eigenschaften des Patienten von hauptsächlichem Interesse (generalisiertes Logit), wohingegen bei Nutzungsentscheidungen die Eigenschaften des auszuwählenden Objektes ebenfalls eine große Rolle spielen (konditionales Logit). Auf die Verkehrsmittelwahlbetrachtung übertragen bedeutet dies, dass neben den persönlichen Eigenschaften eines Verkehrsteilnehmers im höheren Maße die Eigenschaften der einzelnen auszuwählenden Verkehrsmittel für den konkreten Ortsveränderungswunsch eine entscheidende Rolle spielen. Bei der Verknüpfung beider Aspekte in einem multinomialen Logit Modell (MNL) ergibt sich die lineare Funktion zu:

$$N_k = f(X_i, Z_{ik}) = \alpha_k \times X_i + \beta \times Y_{ik} \quad (5-10)$$

Dabei ist k die Anzahl der Verkehrsmittelalternativen, N_k der Nutzen der Verkehrsmittelalternative k , Y_{ik} sind die einzelnen Verkehrsmittelleigenschaften für den betrachteten Fall und X_i sind die personenspezifischen Kenngrößen. Die Gewichtungsparameter α und β sind alternativenspezifische und globale Koeffizienten, die für einen konkreten Anwendungsfall geeicht werden müssen. Zur einfacheren Ermittlung der Gewichtungsfaktoren besteht die Möglichkeit, Charakteristika der auswählenden Person für

jede Verkehrsmittelalternative einzeln zu gewichten (vgl. z.B. BEN-AKIVA, LERMAN [1985]). Somit ergibt sich die Nutzenfunktion für die Verkehrsmittelalternativen aus dem in Formel 5-11 dargestellten Zusammenhang.

$$N_k = \sum_j \beta_j \times X_{kj} \quad (5-11)$$

mit: N_k - Nutzenfunktion der Verkehrsmittelalternative k

j - Anzahl der betrachteten Eigenschaften

β_j - Gewichtungsfaktor der Eigenschaft j

X_{kj} - Kenngröße der Verkehrsmittelalternative k für die Eigenschaft j

Bei den Eigenschaften X_{kj} kann es sich um eine verkehrsmittelspezifische oder um eine personenspezifische Eigenschaft handeln.

Durch Einsetzen von Formel 5-11 in Formel 5-9 ergibt sich der hier verwendete Grundansatz des Logit-Modells in Formel 5-12.

$$P(k) = \frac{e^{\sum_j \beta_j \times X_{kj}}}{\sum_m e^{\sum_j \beta_j \times X_{mj}}} \quad (5-12)$$

Auf eine mathematische Herleitung des Logit-Modells wird an dieser Stelle verzichtet. Es wird stattdessen auf die Fachliteratur (BEN-AKIVA, LERMAN [1985] oder MC FADDEN [2000]) verwiesen.

Das hier vorgestellte multinomiale Logit-Modell hat den Nachteil, dass die Wahrscheinlichkeit einer Verkehrsmittelalternative von der Anzahl der konkurrierenden Alternativen abhängt. Die „IIA“ (Independence of Irrelevant Alternatives) genannte Eigenschaft bedeutet, dass eine zusätzliche Alternative (z.B. eine zweite Buslinie in BEN-AKIVA, LERMAN [1985]) die Auswahlwahrscheinlichkeiten der anderen Verkehrsmittel beeinflusst.

Zur Vermeidung der IIA-Problematik besteht die Möglichkeit, die Verkehrsmittelentscheidung paarweise durchzuführen. Das Nested-Logit-Modell wird hauptsächlich dann angewendet, wenn Ziel- und Verkehrsmittelwahl gemeinsam betrachtet werden sollen (vgl. Kapitel 4). Eine Anwendung des Nested-Logit-Modells auf die Verkehrsmittelwahl bewirkt, dass in einem ersten Schritt zwischen den Alternativen „zu Fuß“ und „nicht zu Fuß“ entschieden wird. In einem zweiten Schritt wird die Menge der „nicht zu Fuß“ Wege in „Fahrrad“ und „motorisierten Verkehr“ eingeteilt, bevor in einem dritten Schritt die motorisierten Verkehrsmittel PKW und ÖV aufgeteilt werden.

In Abbildung 5-17 ist der Ablauf eines Nested-Logit-Modells für die Verkehrsmittelwahl in drei Stufen dargestellt.

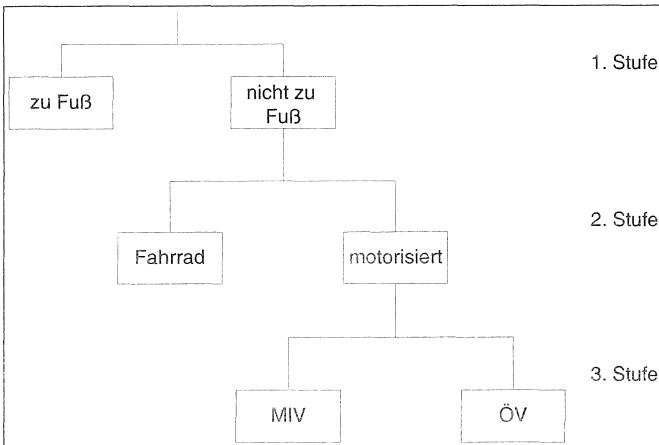


Abbildung 5-17: Ablauf eines Nested-Logit-Modells für die Verkehrsmittelwahl [eigene Darstellung]

Für die dreimalig durchzuführenden Verkehrsmittelentscheidungen reduziert sich die Formel des multinomialen Logit (Formel 5-12) auf die Formel des Nested-Logit-Modells (Formel 5-13).

$$P(k=1) = \frac{e^{N_1}}{e^{N_1} + e^{N_2}} = \frac{1}{1 + e^{(N_2 - N_1)}} \quad (5-13)$$

Eine Anwendung des Nested-Logit-Modells für die Verkehrsmittelwahl nach Vorgehen aus Abbildung 5-17 findet sich z.B. bei ZUMKELLER, SEITZ [1993].

Ein großer Nachteil des Nested-Logit-Modells besteht darin, dass eine Verkehrsmittelwahlentscheidung drei Mal durchgeführt werden muss. Bei einer Simulation auf Wegeebebe stellt dies einen erhöhten Aufwand dar. Zudem müssen die einzelnen Gewichtungsfaktoren für jede Modellstufe getrennt ermittelt werden. Problematisch ist vor allem, dass für die ersten beiden Modellstufen theoretische Verkehrsmittel „nicht zu Fuß“ und „motorisierte Verkehrsmittel“ erzeugt werden. Für diese Verkehrsmittel, die sich aus zwei bzw. drei einzelnen Verkehrsmitteln zusammensetzen, sind die wegespezifischen Eigenschaften nicht eindeutig zu ermitteln. Wird z.B. die Reisezeit betrachtet, so müssen für die Reisezeit des fiktiven Verkehrsmittels „nicht zu Fuß“ die Reisezeiten der enthaltenen Verkehrsmittel Fahrrad, MIV und ÖV miteinander verrechnet werden. Eine Mittelwertbildung kann zu verzerrten Ergebnissen führen, wenn irrelevante Alternativen die Reisezeit des „kollektiven Verkehrsmittels“ schwächen. Eine Gewichtung mit Hilfe von Modal-Split-Werten setzt das Vorhandensein einer relationsbezogenen Verkehrsmittelanteilsdatei voraus, die in der Regel nicht verfügbar ist.

Aufgrund dieser Probleme wird im vorgestellten Reorganisationsmodell eine Weiterentwicklung des multinomialen Logit verwendet. Hierfür werden alle Verkehrsmittelalternativen in eine der vier Hauptgruppen „Fuß“, „Fahrrad“, „MIV“ und „ÖV“ eingeteilt. Die Verkehrsmittelanteile dieser Gruppen werden mit Hilfe des in Formel 5-12 vorgestellten multinomialen Logit-Modells in einem Schritt ermittelt. Sollte es erforderlich sein, so kann die jeweilige Verkehrsmittelgruppe im Anschluss weiter unterteilt werden.

Zur Kalibrierung des Modells und zur Bestimmung der Gewichtungsfaktoren sind verschiedene Methoden anwendbar. Die Gewichtungsfaktoren der Nutzenfunktion sind dabei als „Verrechnungseinheiten“ für unterschiedliche ordinale und kardinale Eigenschaften anzusehen. Je größer der Gewichtungsfaktor ist, um so größer ist der Einfluss der zugehörigen Eigenschaft auf das Verkehrsverhalten.

Das Grundprinzip der Bestimmung der Gewichtungsfaktoren liegt in einem Vergleich empirisch ermittelter Daten mit den Daten, die als Modellergebnis entstehen. Als Methoden sind das Prinzip der Minimierung der Fehlerquadratsumme und die Maximum-Likelihood-Methode zu nennen. Bei der Minimierung der Fehlerquadratsumme sind die Parameter die geeignetesten, bei denen die Abweichung zwischen den empirischen und den modellierten Daten am geringsten ist.

Abbildung 5-18 stellt beispielhaft für eine Stichprobe von 100 Ereignissen den Lösungsraum dar, in dem die optimalen Gewichtungsparameter zu finden sind. Aufgrund des Einsatzes der Minimierung der Fehlerquadratsumme befindet sich das Optimum im tiefsten Punkt des Raumes. Die Dimensionen des Raumes sind durch die Zahl der untersuchten Parameter festgelegt. In diesem Beispiel wurden als Eigenschaften der Ortsveränderungen Kosten und Zeit verwendet, so dass ein dreidimensionaler Raum entsteht. Für jede einzelne Beobachtung ergibt sich im Lösungsraum bei zwei Eigenschaften eine lineare Beziehung. Bei sämtlichen zur Eichung zur Verfügung stehenden Beobachtungen überlagern sich diese einzelnen linearen Beziehungen zu einem komplexen Lösungsraum, für den ein Minimum zu finden ist. Dabei sind bei n Beobachtungen $(n-1)$ Freiheitsgrade vorhanden.

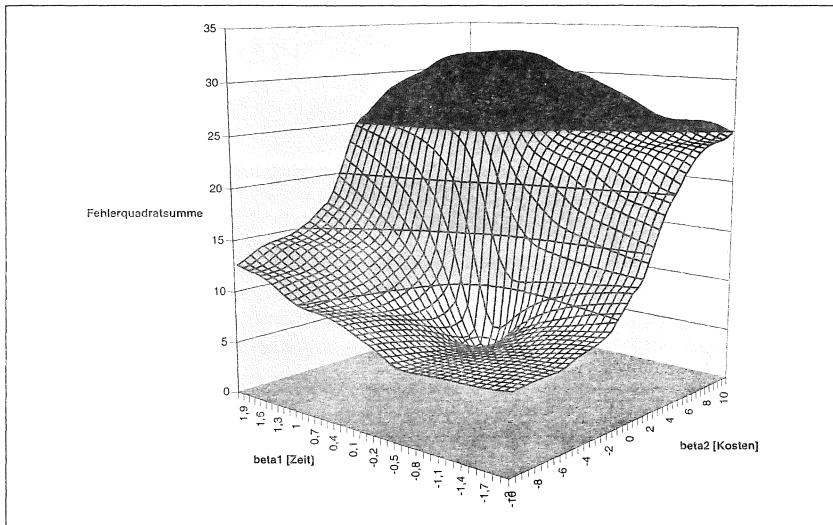


Abbildung 5-18: Beispiel für einen Lösungsraum der Logit-Eichung bei zwei Eigenschaften Kosten und Zeit in 100 Fällen [eigene Darstellung]

In dem Beispiel in Abbildung 5-18 ist auch zu erkennen, dass Abweichungen von der optimalen Lösung zu erheblichen Verzerrungen des Ergebnisses führen können.

Die am häufigsten verwendete Methode zur Parameterbestimmung ist die Maximum-Likelihood-Schätzung, die gegenüber der Minimierung der Fehlerquadratsumme in der theoretischen Basis keine Nachteile hat, in der Anwendung jedoch leichter umzusetzen ist. Die Likelihood-Funktion L einer Stichprobe berechnet sich aus dem in Formel 5-14 dargestellten Zusammenhang.

$$L(\beta_1, \dots, \beta_j) = \prod_i \prod_k P_i(k)^{y_i(k)} \quad (5-14)$$

- mit:
- j - Anzahl der betrachteten Eigenschaften
 - β_j - Gewichtungsfaktor der Eigenschaft j
 - $L(\beta_1, \dots, \beta_j)$ - Likelihood-Funktion für die Gewichtungsparameter β
 - i - Variable der Beobachtungen
 - k - Anzahl der Verkehrsmittelalternativen
 - $P_i(k)$ - im Modell ermittelte Wahrscheinlichkeit, dass bei dem Ereignis i die Verkehrsmittelalternative k gewählt wird
 - $y_i(k)$ - Indikatorvariable aus den empirischen Daten, entweder
 - 1, wenn die Alternative k im Ereignis i gewählt wurde
 - 0, wenn die Alternative k nicht gewählt wurde

Die Schätzung der Gewichtungsfaktoren ist nur in einem iterativen Prozess möglich. Mathematische Verfahren (z.B. das Gradientenverfahren) sind als Lösungsweg einsetzbar, um die optimalen Gewichtungsfaktoren zu ermitteln.

Die ermittelten Parameter sind auf logische Sinnfälligkeit zu überprüfen. Der Nutzen N eines Verkehrsmittels muss eine eindeutige Änderungsrichtung aufweisen. Werden z.B. die Eigenschaften Kosten und Zeit untersucht und die ermittelten Parameter sind für eine Eigenschaft positiv und für die andere Eigenschaft negativ, so wurden Abhängigkeiten innerhalb der Nutzenfunktion missachtet. Ein negativer Parameter für Zeit bewirkt, dass der Nutzen mit zunehmender Reisezeit abnimmt. Ist dagegen der Parameter für die Kosten positiv, bedeutet dies gleichzeitig, dass der Nutzen mit zunehmenden Kosten zunimmt. Dieses Ergebnis wäre so zu interpretieren, dass eine Verlängerung der Reisezeit durch eine Erhöhung der Kosten des Verkehrsmittels auszugleichen wäre!

Werden die empirischen Daten zur Untersuchung eines autoarmen Wohngebietes dazu genutzt, die Parameter für ein Logit-Modell zu bestimmen, dann können diese Parameter für das veränderte Verkehrsmittelwahlverhalten verwendet werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die untersuchten Eigenschaften die Auswirkungen der Maßnahme angemessen widerspiegeln können. Die untersuchten Modellcharakteristika müssen durch die gewählten Kenngrößen abzubilden sein. Zudem können die Variationen in der Simulation nur dann realistische Ergebnisse liefern, wenn die Parameter der Modelle auch für den untersuchten Wertebereich kalibriert wurden. Bei den empirischen Daten nicht vorkommende Verkehrsmittelcharakteristiken (z.B. hohe Fahrradkosten durch eine fiktive Fahrradsteuer) können demnach auch nicht untersucht werden.

5.3.2 Beschreibung des Vorgehens

Die Simulation der Verkehrsmittelwahlentscheidung in einem Reorganisationsmodell erfolgt analog zur Simulation der Zielwahl. Dazu werden zunächst die Wege von einer Änderungssimulation ausgeschlossen, für die aufgrund der untersuchten Maßnahme keine Auswirkungen auf die Verkehrsmittelwahl möglich sind, da die Maßnahme nur in eine bestimmte Richtung (z.B. MIV-Reduktion) wirken kann.

Die Maßnahmenkonzeption des autoarmen Wohnens kann bei der kurzfristigen Verkehrsmittelwahl zwei Wirkungen zeigen:

1. bei Zielwahländerungen aufgrund der Verlagerung einer Aktivität in das Untersuchungsgebiet ändert sich in den meisten Fällen auch das Verkehrsmittel (neues Verkehrsmittel: zu Fuß gehen),
2. durch den erhöhten Zugangswiderstand zu einem privaten Pkw, der in einer zentralen Parkierungsanlage am Rand abgestellt werden muss, kann sich die Verkehrsmittelwahl aufgrund objektiver Reisezeitverlängerungen ändern.

Hinzu kommt als zusätzlicher Aspekt die Möglichkeit, dass durch die Einrichtung einer angebotsstarken CarSharing-Organisation, z.B. in Form eines gebietsspezifischen CarPools, sich die Verkehrsmittelwahl aufgrund eines CarSharing-Beitritts und einer gleichzeitigen Pkw-Abschaffung verändert.

Im ersten Teil der Verkehrsmittelbetrachtung werden mögliche Änderungen durch den erhöhten Zugangswiderstand ermittelt und die tatsächlichen Änderungen simuliert. Darauf aufbauend wird in einer Analyse der MIV-Nutzung im Haushalt eine Abschaffung eines privaten Pkw analysiert.

Langfristige Verkehrsmittelwahländerungen (z.B. aufgrund der Vorbildfunktion autoloser Nachbarn) sind für mögliche Szenarien zwar zu berücksichtigen, lassen sich aber nicht in der gewählten Simulationsarchitektur umsetzen.

Für die Modellierung der Verkehrsmittelwahl sind zwei unterschiedliche Konzepte denkbar. Einerseits kann, ähnlich wie bei der Zielwahl erforderlich, der Ohne-Fall in einer ersten Stufe mit Hilfe einer Verkehrsmittelwahl ermittelt werden, andererseits können die vollständig berichteten Verkehrsmittel aus den empirischen Grunddaten verwendet werden. Während die erste Variante in der Umsetzung leichter zu realisieren ist, erscheint die zweite Variante aufgrund der Realitätsnähe sinnvoller. Das tatsächliche Verkehrsmittelwahlverhalten ist komplexer und vielschichtiger als die Ergebnisse von Modelrechnungen. Aufgrund des Ziels des Reorganisationsansatzes (realitätsnahe Abbildung der Veränderung basierend auf tatsächlichem Verhalten) ist es erforderlich, auch das berichtete Verkehrsmittel als Basis einzusetzen, um darauf aufbauend die möglichen Änderungen zu identifizieren. Dieser Ansatz erfordert eine hohe Robustheit des Verkehrsmittelwahlmodells, damit Sonderfälle im

Verkehrsmittelwahlverhalten (z.B. Verkehrsmittelwechsel während eines Ausgangs) analysiert und bearbeitet werden können.

In Abbildung 5-19 ist das konzipierte Modul der Verkehrsmittelwahl im Überblick dargestellt. Zu erkennen sind die drei hauptsächlichen Modellschritte - Analyse der Änderungsmöglichkeit, Durchführung der Änderungssimulation und Analyse der möglichen Pkw-Abschaffung - , die im Folgenden näher vorgestellt werden sollen.

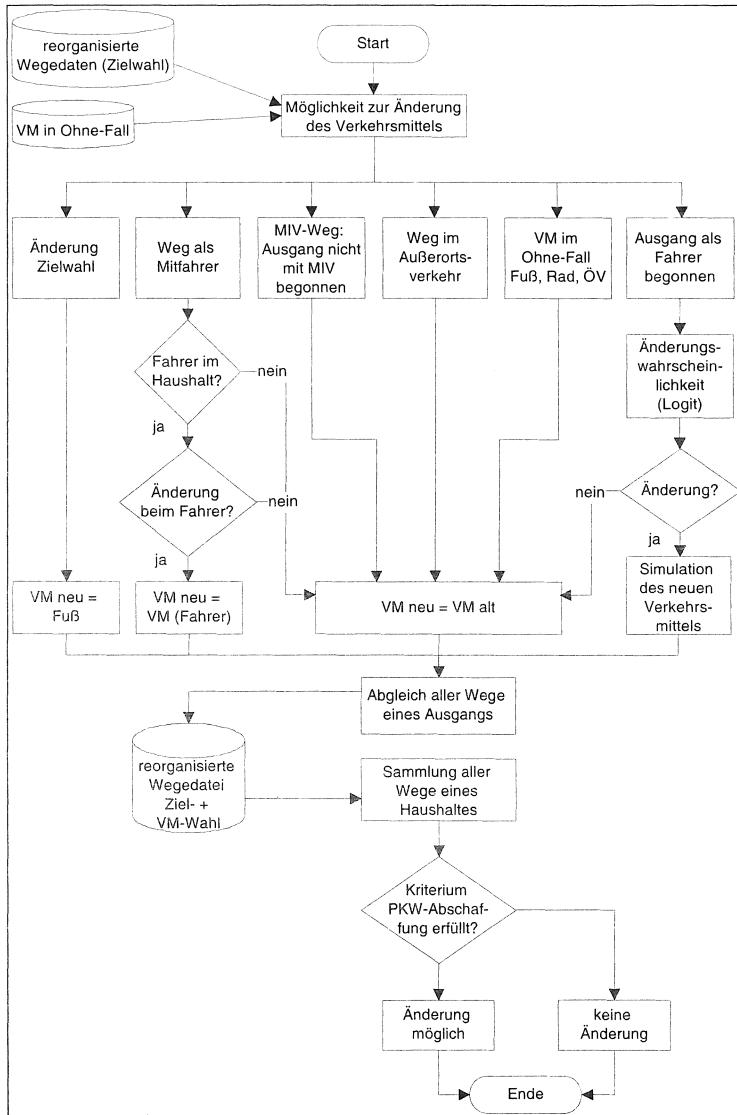


Abbildung 5-19: Überblick über das Verkehrsmittelwahlmodell [eigene Darstellung]

5.3.3 Identifikation der Änderungsmöglichkeiten

Als Weiterführung der Ergebnisse der Zielwahländerung kann für die Aktivitäten, die in das Untersuchungsgebiet verlagert wurden, eine Verkehrsmittelwahländerung festgesetzt werden. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass die Wege innerhalb des Untersuchungsgebietes aufgrund der Verlagerung des MIV an den Rand des Gebietes nicht mit dem MIV bewältigt werden. Wege eines β -Segments vom Arbeitsplatz zur Wohnung werden in diesem Fall bewältigt, indem der Pkw am Rand des Gebietes abgestellt wird und die Aktivitäten im Untersuchungsgebiet auf dem Wege vom Stellplatz zur Wohnung zu Fuß erledigt werden. Dabei entsteht aufgrund des Umweges ein höherer Widerstand als bei der direkten Verbindung Stellplatz- Wohnung. Bei den verlagerten Aktivitäten entsteht somit eine Verkehrsmitteländerung, die unabhängig von der Verkehrsmittelwahl im Ohne-Zustand ist.

Eine Verschlechterung der Reisezeit des MIV durch einen erhöhten Widerstand im Zugang hat lediglich Auswirkungen auf die Ausgänge, die von der Wohnung aus mit dem MIV beginnen. Wege innerhalb von Ausgängen, die nicht mit dem MIV beginnen, sind von der Maßnahme nicht betroffen (z.B. Weg zum Arbeitsplatz mit dem Fahrrad, anschließend Kundenbesuch mit einem Geschäftsfahrzeug und abschließend mit dem Fahrrad wieder nach Hause). Da die Simulation sich auf den städtischen Personenverkehr beschränkt, wird der Außerortsverkehr analog zu der Zielwahlsimulation ebenfalls nicht betrachtet, zumal mit zunehmender Reisezeit der Einfluss des Zugangswiderstandes stetig abnimmt.

Wege, die als Mitfahrer in einem Pkw durchgeführt worden sind, sind in Bezug auf mögliche Änderungen des Verkehrsmittels weiter zu unterteilen. Die für die Zielwahl durchgeführte Untersuchung der Haushaltssammenhänge ist im besonderen Maße für die Verkehrsmittelwahl von Bedeutung. Wenn ein Weg als Mitfahrer auf eine gemeinsame Aktivität mehrerer Haushaltsglieder (von denen einer ein Fahrer des Pkw ist) zurückzuführen ist, so ist die Verkehrsmittelwahl des (bzw. der) Mitfahrer(s) abhängig von der Verkehrsmittelwahl des Fahrers. Ergibt sich bei der Verkehrsmittelwahlsimulation für den Fahrer (unter Berücksichtigung der Mitfahrer zur Kostenreduktion) eine Änderung, so sind auch die Mitfahrer betroffen. Ergibt sich für den Fahrer keine Änderung, so ändert sich auch das Verkehrsmittel der Mitfahrer nicht. Die Zahl der Mitfahrer ist bei der Berücksichtigung der Kosten von großem Interesse. Wenn z.B. ein gemeinsamer Weg von drei Personen eines Haushalts mit öffentlichen Verkehrsmitteln durchgeführt wird, entstehen dreifache Kosten, wohingegen die Kosten für die Pkw-Nutzung nahezu unabhängig von der Zahl der Passagiere ist.

In der Simulation verbleiben die Wege mit dem Verkehrsmittel „Pkw als Fahrer“, wenn der erste Weg eines Ausganges ebenfalls mit diesem Verkehrsmittel bewältigt wurde. Für diese Wege ist eine Simulation mit dem oben beschriebenen Logit-Ansatz durchzuführen.

5.3.4 Simulation der Verkehrsmitteländerungen

Mit Hilfe des in Kapitel 5.3.1 vorgestellten Verfahrens müssen die Gewichtungsparameter der Verkehrsmittelwahlentscheidung kalibriert werden. Als Vergleichsdatensatz werden die

empirischen Wegedaten mit den simulativ ermittelten Zielen verwendet. Welche Eigenschaften als Gewichtungsparameter verwendet werden, hängt von der zugrunde liegenden Stichprobe sowie den Maßnahmebedingungen ab. Soll der erhöhte Widerstand im Zugang simuliert werden, so muss die Reisezeit berücksichtigt werden. Zusätzlich bietet es sich an, den Besitz eines Pkw im Haushalt als verkehrsmittelspezifische Gewichtung in der Simulation zu verwenden, um die deutlichen Verkehrsverhaltensunterschiede zwischen Pkw-besitzenden und autolosen Haushalten als Erklärungsvariable mit einzubeziehen. Weiterhin haben Analysen ergeben, dass auch die Kosten einen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl haben. Bei der Verwendung der Kosten ist jedoch darauf zu achten, dass die Abhängigkeiten zwischen Kosten und Zeit aufgrund der bestimmenden Größe Entfernung nicht zu verfälschenden Ergebnissen führen. Um verkehrsmittelspezifische Vorlieben, die das große Feld der subjektiven Verkehrsmittelleinschätzungen beinhalten, zu berücksichtigen besteht die Möglichkeit eine Erklärungsvariable „Verkehrsmittel“ einzuführen (vgl. z.B. BEN-AKIVA, LERMAN [1985]). Eine Konstante für jedes Verkehrsmittel beschreibt die Verkehrsmittelpräferenzen der untersuchten Einheiten und steht somit als Grundwert der Nutzenfunktion aus Formel 5-11.

Die Möglichkeit der Veränderung des Verkehrsmittels ist abhängig von der Art des Ausgangs, dem Segmenttyp und der Wahrscheinlichkeit der Verkehrsmittelwahlentscheidung für den MIV im Ohne-Fall und im Mit-Fall. Eine Reduktion der Ausgänge auf Segmente, wie bei der Zielwahlsimulation, ist für die Verkehrsmittelwahl nicht komplett zu übernehmen, da die Verkehrsmittelwahl hauptsächlich auf Ausgangsebene wirkt. Wenn im Ohne-Fall zwei Basissegmente (W-A, A-W) mit dem Pkw absolviert wurden, kann eine Verkehrsmitteländerung im Mit-Fall nur für beide Wege oder für keinen Weg erfolgen. Andererseits muss eine Verkehrsmittelwahlentscheidung nicht bedeuten, dass während eines Ausgangs lediglich ein Verkehrsmittel verwendet wird. Aus diesem Grund wird die Verkehrsmittelwahlentscheidung auf Segmentebene durchgeführt und in einem abschließenden Prozess auf Konsistenz innerhalb des Ausgangs geprüft.

Besteht das Segment aus einer Aktivität (z.B. Basissegment Wohnen – Arbeiten oder α_1 -Segment Wohnen – Einkaufen – Wohnen), so wird für die Relation von der Ausgangszelle zur Aktivitätszelle eine Verkehrsmittelentscheidung durchgeführt. Problematisch wird die Simulation bei komplexeren Segmentmustern, da die verkehrsmittelwahlrelevanten Kenngrößen der einzelnen Wege identifiziert werden müssen. Zur Beantwortung der Frage, welche Eigenschaften die Verkehrsmittelwahl bei β -Segmenten beeinflussen, bietet sich eine Analyse der Daten des deutschen Mobilitätspanels an.

Um Abhängigkeiten der Verkehrsmittelwahl von der Struktur des Segmentes zu identifizieren, wurden in einer intrapersonellen Analyse Wegekettenabschnitte verglichen. Zu diesem Zweck wurden ca. 50.000 Ausgänge der Paneljahrgänge 1996 – 1999 verwendet. Für jede der betrachteten ca. 3.500 Personen wurde analysiert, welche Verkehrsmittelübereinstimmungen sich beim Vergleich zweier unterschiedlicher Aktivitätskombinationen einstellen. Für jede untersuchte Person wurde eine Übereinstimmungsziffer zwischen 0 (keine Verkehrsmittelübereinstimmung) und 1

(identische Verkehrsmittelwahl bei den unterschiedlichen Aktivitätskombinationen) ermittelt. Die Übereinstimmungsziffer gibt an, wie viel Prozent der verglichenen Aktivitätsfolgen in einer Woche übereinstimmen. Mit der Aggregation der intrapersonellen Daten lässt sich erkennen, bei welchen Aktivitätskombinationen sich auf der intrapersonellen Ebene ein ähnliches Verkehrsmittelwahlverhalten einstellt und welche Aktivitätskombinationen unterschiedliches Verkehrsmittelwahlverhalten aufweisen.

Abbildung 5-20 zeigt als Ergebnis der Analyse des Mobilitätspanels einige paarweise Vergleiche von Aktivitätsfolgen.

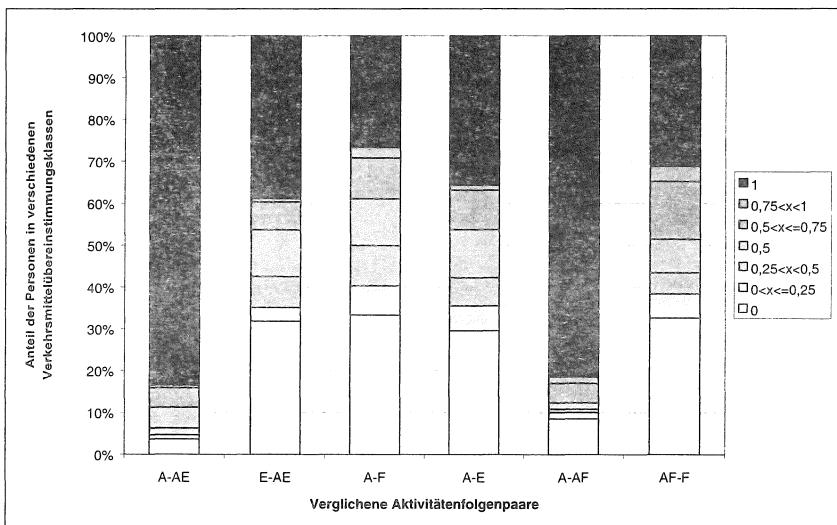


Abbildung 5-20: Verteilung der intrapersonellen Verkehrsmittelübereinstimmung beim Vergleich zweier Aktivitätskombinationen [eigene Darstellung; Daten: Deutsches Mobilitätspanel, 3409 Personen]

Bei über 80% der untersuchten Personen stimmt das Verkehrsmittel bei einem Ausgang Wohnen - Arbeiten - Einkaufen - Wohnen (AE) mit dem Verkehrsmittel für einen Ausgang Wohnen - Arbeiten - Wohnen (A) bei allen Vergleichen überein. Daraus folgt, dass die eingeschobene Nebenaktivität „Einkaufen“ keinen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl hat. Das gleiche ist bei der zweiten Nebenaktivität Freizeit zu beobachten. Auch dort stimmen bei über 80% aller Panel-Personen alle Verkehrsmittelentscheidungen bei dem Vergleich W-A-Fz-W mit W-A-W überein. Zum Vergleich sind die umgekehrten Vergleiche W-Fz-W mit W-A-Fz-W und W-Ek-W mit W-A-Ek-W dargestellt. Bei diesen Vergleichen sind deutliche Unterschiede in der intrapersonellen Analyse zu erkennen, so dass das Verkehrsmittel für alleine stehende Freizeit- bzw. Einkaufsaktivitäten nach anderen Kriterien gewählt wird, als bei einer Kombination mit einer Arbeitsaktivität.

Das Ergebnis dieser Analyse zeigt, dass bei β -Segmenten die Nebenaktivitäten keinen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl haben. Das Verkehrsmittel in β -Segmenten bestimmt sich demnach aus der Verbindung der Aktivitätspole Wohnung und Arbeits- / bzw. Ausbildungsplatz, ohne Berücksichtigung eventuell eingeschobener Nebenaktivitäten.

Für die Entscheidung der Änderung der Verkehrsmittelwahl müssen in einem ersten Schritt die Wahrscheinlichkeiten der Verkehrsmittel mit Hilfe des Logit-Ansatzes bestimmt werden. Aufgrund der Selektion des Simulationsumfanges durch eine Reduzierung auf die maßnahmensenitiven Wege führt die Anwendung des klassischen Logit-Modells zu verzerrten Ergebnissen, da ohne Einbeziehung des gewählten Verkehrsmittels MIV eine deutliche Überrepräsentierung der Verkehrsmittel des sog. Umweltverbundes entstehen würden. Aufgrund des stochastischen Prozesses bei der Monte-Carlo-Methode ergeben sich zwangsläufig zufällige (maßnahmenunabhängige) Verkehrsmitteländerungen in der Verkehrsmittelwahl. Diese zufälligen Änderungen wirken nur in eine Richtung (MIV \rightarrow sonst. Verkehrsmitteln), da die Wege, die im Ausgangszustand mit Verkehrsmitteln des Umweltverbundes bewältigt wurden, bereits aus der Simulation genommen werden konnten. Die stochastischen Fehler der Zufallsauswahl würden demnach zu einer systematischen Verzerrung führen.

Um diesen Fehler zu vermeiden, wird die Änderungswahrscheinlichkeit nicht aus einer einfachen Anwendung des Logit-Modells ermittelt, sondern in einem zweistufigen Vorgehen bestimmt. Die Wahrscheinlichkeit zum Beibehalten des Verkehrsmittels PKW ergibt sich aus dem Verhältnis der Auswahlwahrscheinlichkeit des MIV im Ohne-Fall zu der Auswahlwahrscheinlichkeit des MIV im Mit-Fall nach Formel 5-15.

$$P_{VM-\text{Wechsel}} = 1 - \frac{P_{MIV,\text{mit}}}{P_{MIV,\text{ohne}}} \quad (5-15)$$

Aus dieser Wahrscheinlichkeit für den Verkehrsmittelwechsel ergibt sich ein binärer Monte-Carlo-Prozess (Verkehrsmittelwechsel oder kein Verkehrsmittelwechsel). Ergibt die Simulation, dass ein Verkehrsmittelwechsel vorliegt, können die bereits ermittelten Nutzenfunktionen der verbliebenen Verkehrsmittelalternativen in einem zweiten Monte-Carlo-Prozess zu einer endgültigen Zuweisung eines Verkehrsmittels mit dem Logit-Modellansatz verwendet werden.

Als Ergebnis dieser Verkehrsmittelwahlbetrachtung steht eine Datei zur Verfügung, die neben einem Ziel im Ausgangszustand und einem Ziel im Mit-Fall auch das ursprünglich gewählte Verkehrsmittel und das eventuell aufgrund der Maßnahmewirkung geänderte Verkehrsmittel enthält.

5.3.5 Änderung im Pkw-Besitz

Ursprünglich war geplant, im Anschluss an die Verkehrsmittelwahländerung wegen der Restriktionen gegenüber dem MIV eine Analyse der möglichen Änderungen aufgrund eines potenziellen CarSharing-Beitritts zu ermitteln. Als Grundgerüst für die Bestimmung der Auswirkungen aufgrund von CarSharing steht ein Modellkonzept zur Verfügung [WASSMUTH 2000]. Bei der Modellierung der CarSharing-Wirkung auf Basis der vorher beschriebenen simulativ ermittelten Wegedatei ergab sich, dass keine verlässlichen Aussagen über die für die Gesamtbetrachtung erforderlichen, aufeinander aufbauenden Simulationsschritte (Teilnahme am CarSharing, Abschaffung eines Pkw und Auswirkungen auf Wegebene) möglich sind (vgl. WASSMUTH [2000]). Aus diesem Grund wird als abschließende Betrachtung der Verkehrsmittelwahl eine Analyse durchgeführt, ob die Voraussetzungen für eine Abschaffung eines privaten Pkw (als Bestandteil einer CarSharing-Teilnahme) vorliegen. Die Voraussetzungen für eine Pkw-Abschaffung als Begleitung zu einem CarSharing-Beitritt sind bei CHLOND, WASSMUTH [1997] dargestellt. Für das gegebene Umfeld und der Voraussetzung der lokalen Existenz und Bekanntheit von CarSharing muss zwischen objektiven und subjektiven Gründen für einen Pkw-Besitz entschieden werden. Objektive Gründe sind z.B. die Wirtschaftlichkeit der Nutzung (CarSharing aus finanzieller Sicht kein Alternative) und die Vielzahl der notwendigen MIV-Fahrten. Als subjektive Gründe sind der Pkw als Statussymbol, als Rückfallebene (z.B. für Urlaubsfahrten oder außergewöhnliche Situationen), als Luxusobjekt oder als Hobby zu nennen. Da diese Aspekte aus den vorhandenen Daten nicht identifizierbar sind, soll die Frage der Möglichkeit einer Pkw-Abschaffung zur Beurteilung der Maßnahme mit Hilfe einiger Entscheidungskriterien erfolgen.

Zu diesem Zweck werden die Wegedaten auf Haushaltsebene zusammengefasst, da die relevanten Aspekte für die Abschaffung eines Pkw in der Haushaltsebene liegen. Wenn das Verkehrsverhalten der Personen eines Haushalts einigen Kriterien bezüglich der Anzahl, der Dauer und der Fahrtleistung der Wege als Pkw-Fahrer genügen, wird dieser Haushalt als Haushalt gekennzeichnet, bei dem die Abschaffung eines Pkw unter den gegebenen Bedingungen zu erwarten wäre.

5.4 Gesamtdarstellung des Modells und Implementierung

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die beiden zentralen Modellschritte „Zielwahl“ und „Verkehrsmittelwahl“ betrachtet. Abbildung 5-21 zeigt einen Gesamtüberblick über das entstandene Reorganisationsmodell. Das Modell ist in der Grunddarstellung allgemeingültig und daher zur Evaluierung der Auswirkungen verschiedener Maßnahmen einsetzbar.

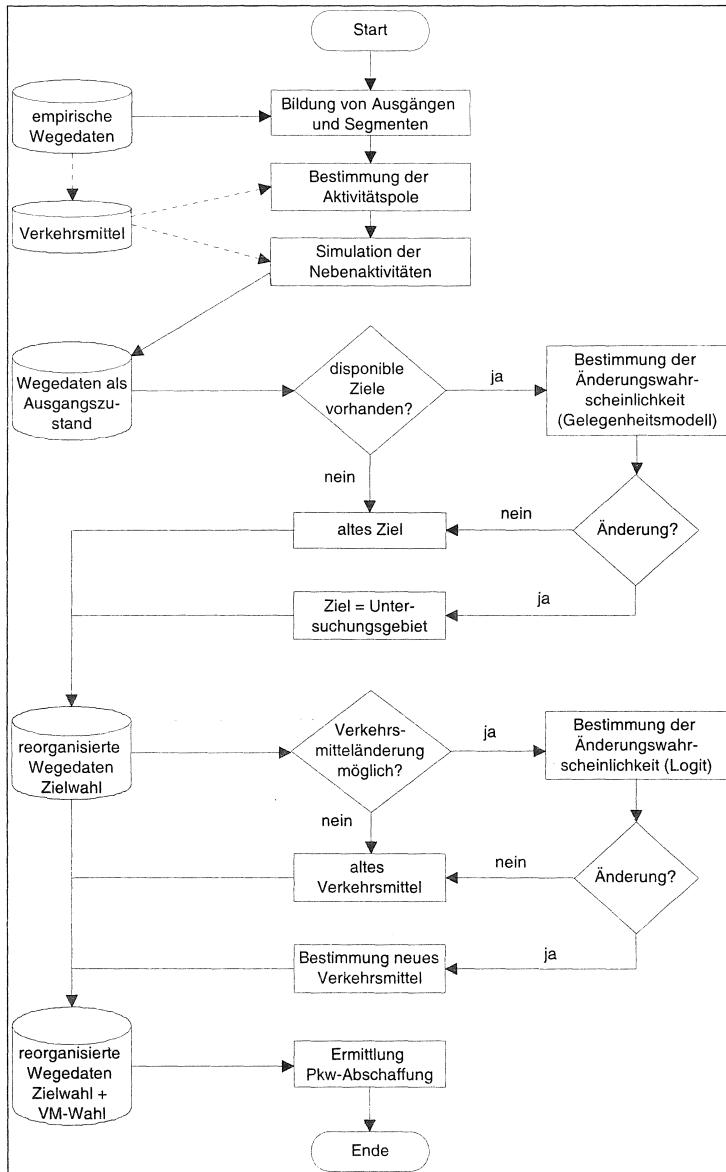


Abbildung 5-21: Überblick über das Gesamtmodell [eigene Darstellung]

Das Grundprinzip des Modells in Form der Verwendung tatsächlich berichteten Verhaltens, der Abtrennung der für die untersuchten Maßnahmen irrelevanten Aktivitäten und die Verbesserung der einzelnen Modellkerne sind in Abbildung 5-21 zu erkennen.

Um das Reorganisationsmodell auf ein Untersuchungsgebiet und eine existierende empirische Erhebung anzuwenden, muss es in einem Rechnersystem implementiert werden. Als sinnvolle Software-Umgebung erwies sich die Programmiersprache Visual Basic in Verbindung mit dem Programmsystem Excel von Microsoft. Ab der Version Excel 97 ist ein Programmiermodul VBA (Visual Basic for Applications) integriert, mit dessen Hilfe Programmierungen als Erweiterung des Standardprogrammumfangs möglich sind. Bei der gegebenen Anwendung wurden Excel-Datenblätter als Ein- und Ausgabedateien verwendet. Die eigentliche Programmierung besteht ausschließlich aus Visual-Basic-Modulen, die ohne Verwendung von Excel-spezifischen Befehlen funktioniert. Das Gesamtprogramm besteht aus 14 eigenständigen Programmen, die in vier Module asubs (Simulation des Ist-Zustandes), bsubs (Änderung der Zielwahl), csubs (Änderung der Verkehrsmittelwahl) und dsubs (Änderung im Pkw-Besitz) eingeteilt sind (vgl. Abbildung 5-22). Das Hauptprogramm „asim“ ruft je nach Simulationserfordernis einzelne oder alle Programme nacheinander auf. Die einzelnen Programme haben festdefinierte Ein- und Ausgabebereiche, so dass zahlreiche Fehler- und Kontrollmöglichkeiten bestehen.

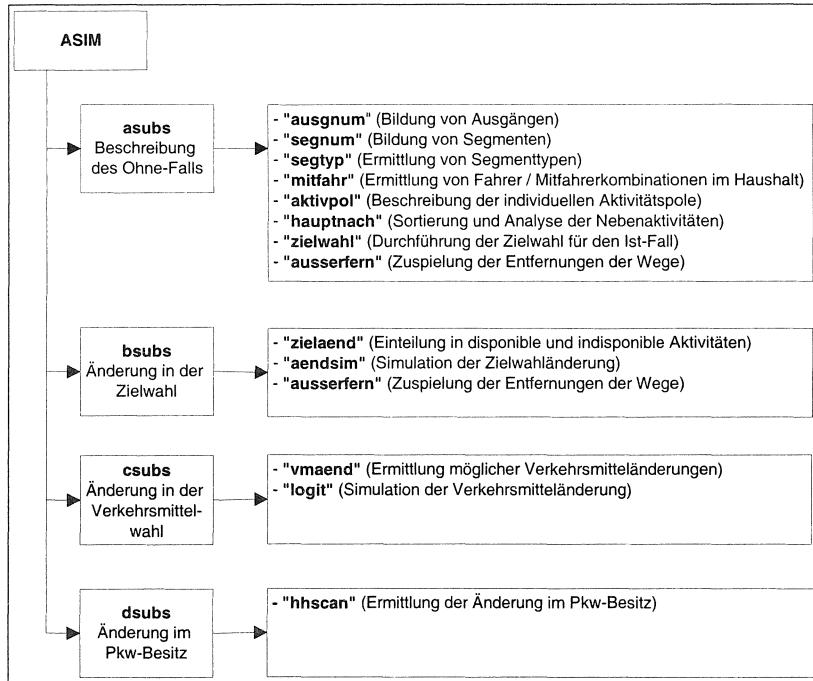


Abbildung 5-22: Organisation des Simulationsprogramms [eigene Darstellung]

Die Funktionen des Programms Excel können im Anschluss an die Simulationsdurchführung zur Aufbereitung und Auswertung der Ergebnisse verwendet werden. Die zu simulierenden Rohdaten können aus verschiedenen Programmen (z.B. Access oder SAS) oder in ASCII – Form eingelesen werden. Die Ausgabedaten bestehen aus den Eingabedaten sowie den in der Simulation ermittelten Ergebnissen aus der Ziel- und der Verkehrsmittelwahl.

6 Anwendungsfall „autoarmes Stadtquartier“

Das entwickelte Simulationsmodell soll an einem konkreten Untersuchungsgebiet angewendet werden. Entsprechend der vorliegenden Daten und Informationen wurde der Entwicklungsbereich „Stuttgarter Straße / Französisches Viertel“ in Tübingen ausgewählt, der in den letzten Jahren unter anderem als autoarmes Gebiet national und international für Aufsehen gesorgt hat.

6.1 Vorstellung des Untersuchungsgebietes

Nach dem Abzug der Französischen Garnison aus der Stadt Tübingen im Jahr 1991 ergab sich für die Stadt die Möglichkeit, aus großflächigen Arealen in der Südstadt einen städtebaulichen Entwicklungsbereich zu konzipieren. Die Flächen wurden vom Staat erworben und als städtebaulicher Entwicklungsbereich „Stuttgarter Straße / Französisches Viertel“ ausgewiesen. Abbildung 6-1 zeigt die Lage des Entwicklungsbereiches in Tübingen. Das Gebiet liegt südlich des Neckars und der Bahnlinie vor den Grünflächen am Schindhau (Bergmassiv im Süden Tübingens).

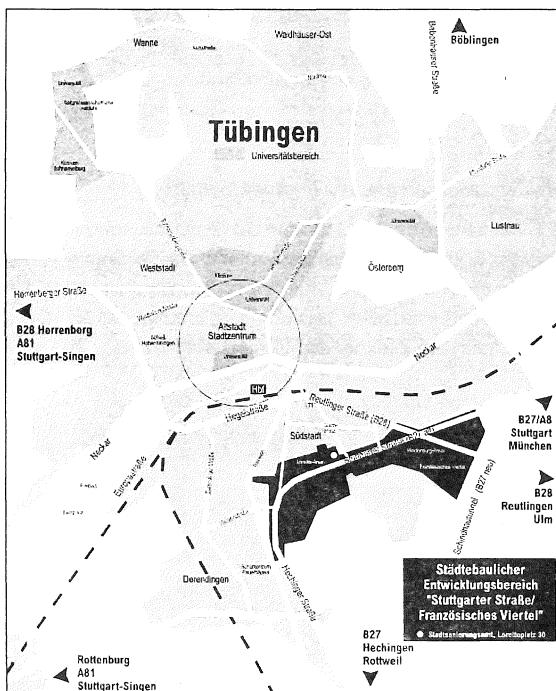


Abbildung 6-1: Lage des Entwicklungsbereiches in Tübingen [Stadt Tübingen 1994]

Durchzogen wird das Gebiet von der B27 (Stuttgarter Straße), die als überregionale Verbindung nach Stuttgart eine hohe Belastung von ca. 24.000 Kfz / 24 Stunden (1995) aufweist. Im Osten tangiert die B28 nach Reutlingen das Gebiet mit einer Belastung von ca. 32.000 Kfz / 24 Stunden (1995).

Mit der Umgestaltung des Geländes soll eine Abkehr von städtebaulichen Prinzipien der letzten Dekaden vollzogen werden. Die hohe Bebauungsdichte in Kombination mit der Nutzungsmischung bedeutet ein Aufgreifen der Idee der innerstädtischen Gründerzeitquartiere.

In Bezug auf die Fragestellung ist das Gebiet in Tübingen aufgrund der Konversion innenstadtnaher Flächen typisch. Die von anderen Städten abweichenden Soziodemografie in Tübingen (hoher Akademikeranteil in der Stadt, Pendlerbeziehungen zum Großraum Stuttgart) stellen jedoch eine Besonderheit dar.

Für das Gesamtgebiet wurden für das Jahr 2005 insgesamt 6.670 Einwohner prognostiziert [STADT TÜBINGEN 1994], im Vergleich zum Jahr 1996 wäre dies ein Zuwachs um 140%. Durch das Konzept der Nutzungsmischung wurden gleichzeitig für das Jahr 2008 ca. 2.490 Arbeitsplätze prognostiziert [STADT TÜBINGEN 1994]. Dies entspricht einem Verhältnis von Arbeitsplätzen zu Einwohnern von 0,37. Das Gesamtgebiet mit ca. 43 ha wurde entsprechend der in Abbildung 6-2 gezeigten Abschnitte aufgeteilt.

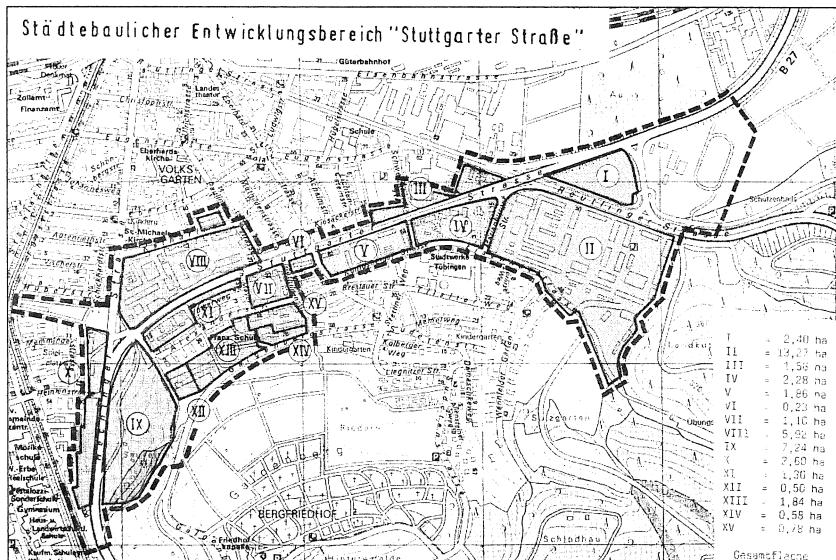


Abbildung 6-2: Überblick über den Entwicklungsbereich [Stadt Tübingen 1994]

Für die erste Entwicklungsstufe wurden die mit „II“ und „VIII“ gekennzeichneten ehemaligen Kasernengebiete ausgewählt.

Der Bereich „II“ umfasst das Gebiet der ehemaligen Hindenburgkaserne, dem Hindenburgareal (später Französisches Viertel). Dieser Bereich wurde in einen westlichen und östlichen Abschnitt unterteilt, von denen der westliche Teil zunächst überplant wurde.

Das Gebiet „VIII“ wurde ebenfalls in einen östlichen und einen westlichen Teil getrennt, von denen der östliche Teil zunächst beplant wurde. Entsprechend der dort ehemals vorhandenen Loretokaserne wurde dieses Gebiet „Lorettoareal“ genannt.

Diese beiden Gebiete des ersten Planungsabschnittes (Französisches Viertel / West und Lorettoareal / Ost) stellen das Untersuchungsgebiet für die vorliegende Arbeit dar und werden daher im Folgenden näher vorgestellt.

Die Abbildung 6-3 zeigt das Loretto-Areal, welches sich im Westteil des Entwicklungsbereiches befindet.

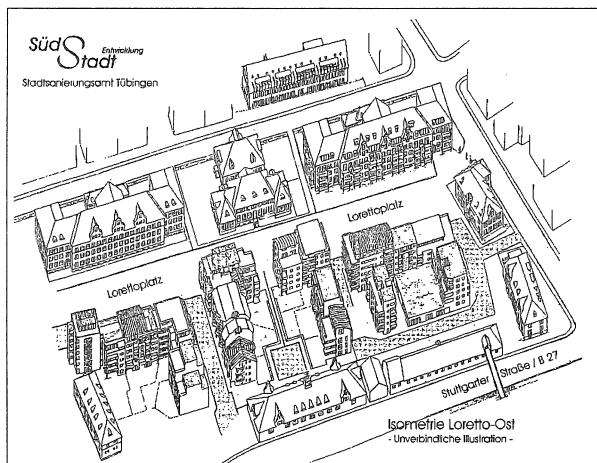


Abbildung 6-3: Isometrie des Areals „Loretto-Ost“ nach Bauabschluss [Stadt Tübingen]

Die Lage dieses Gebietes zeichnet sich durch die Nähe zur Innenstadt aus, die zusätzlich zur objektiv geringen Entfernung noch durch die positive Wahrnehmung der Bereiche zwischen Innenstadt und Gebiet gesteigert wird. So ist das Lorettoareal erstens in die natürlich gewachsene Südstadt eingebunden, und zweitens befindet sich das Areal nördlich der vierspurigen Bundesstraße B27 (Stuttgarter Straße), die den restlichen Entwicklungsbereich von der Südstadt und der Innenstadt trennt.

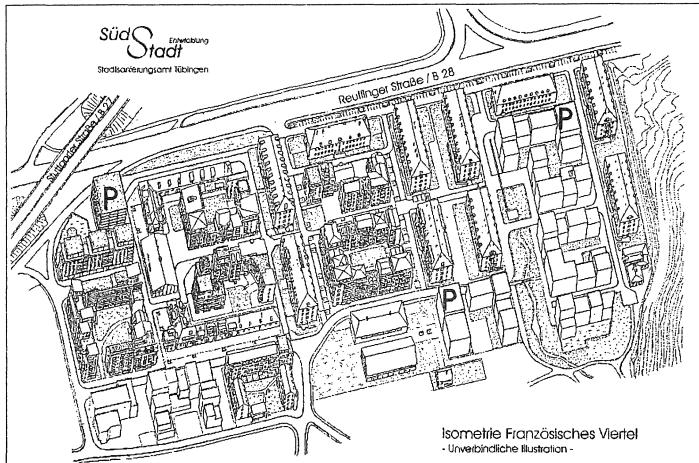


Abbildung 6-4: Isometrie des Areals Französisches Viertel nach Abschluss der Bebauung
[Stadt Tübingen]

Im Gegensatz dazu stellt das Areal „Französisches Viertel“ (Abbildung 6-4) den äußersten Rand des Entwicklungsbereichs dar. Die Lage am Schnittpunkt der Bundesstraßen B27 (Stuttgarter Straße) und B28 (Reutlinger Straße) in Verbindung mit dem Ende der städtischen Bebauung (das Gebiet liegt am Stadtrand) lässt das Areal wenig innerstädtisch erscheinen. Gleichzeitig ist das Französische Viertel mit ca. 13 Hektar das größte der insgesamt 15 Teilgebiete. Die mit „P“ gekennzeichneten Areale zeigen die Standorte der Parkierungsanlagen am Rand des Gebietes.

6.2 Projektplanungen

Initiator der Planungen in der Tübinger Südstadt war der damalige Leiter des Stadtsanierungsamtes Andreas Feldtkeller. In seinem 1994 erschienenen Buch „Die zweckentfremdete Stadt – Wider die Zerstörung des öffentlichen Raumes“ [FELDTKELLER 1994] fasst Feldtkeller zusammen, dass gesellschaftliche Probleme (Individualisierung) zum Teil auf Fehlplanungen des „modernen“ Städtebaus zurückzuführen sind. Laut Feldtkeller können urbane Strukturen zu einer Wiederbelebung des öffentlichen Raumes und somit zu einem lebendigen Stadtquartier führen. Voraussetzungen dafür sind gemischte Strukturen und eine Kleinteiligkeit der Planung. Auf diesen Kenntnissen bauen die Planungen für das Entwicklungsgebiet in Tübingen auf. Eine Reduktion des motorisierten Individualverkehrs ist hierbei nicht das Ziel, sondern als Mittel zum Zweck zu verstehen. Insofern wird die Bezeichnung „autoarmes Wohnen“ den komplexen Planungen nicht gerecht. Ziel ist es, ein lebendiges Stadtquartier zu schaffen, bei dem der öffentliche Raum als Begegnungsstätte dienen kann, ohne von ruhendem oder fahrendem Kfz-Verkehr beschränkt oder behindert zu werden.

Die Gesamtplanungen lassen sich in folgenden Schwerpunkten zusammenfassen:

- Nutzungsgemischte Strukturen und hohe bauliche Dichte
- Direktvermarktung der Parzellen, private Baugemeinschaften
- Parkierungskonzept
- begleitende verkehrliche Planungen

Aufgrund dieser besonderen Ausgestaltungen hat das Projekt überregional Aufsehen erregt, wie ein ausführlicher Bericht in der Wochenzeitung „Die Zeit“ (Abbildung 6-5) zeigt.



Abbildung 6-5: Überschrift eines Artikels in der Wochenzeitschrift „Die Zeit“ vom 8.6.2000
[RAUTERBERG 2000]

Nachfolgend sollen die entscheidenden Planungsaspekte näher vorgestellt werden.

Die Nutzungsmischung bietet vielfältige Vorteile. So besteht für selbständige Anwohner die Möglichkeit, ihr Gewerbe auf derselben Parzelle durchzuführen, auf der sie auch wohnen. Dies beschränkt sich nicht, wie in sonstigen Wohngebieten üblich, auf Dienstleistungsbetriebe, sondern beinhaltet auch Möglichkeiten für Handwerksbetriebe wie z.B. Schreinereien und Schlossereien. Andererseits zeigen sich durch die Nutzungsmischung auch für die übrigen Anwohner Vorteile dadurch, dass diese Betriebe in unmittelbarer Nähe gegebenenfalls längere Wege ersparen können. So haben sich z.B. Lebensmittelgeschäfte, Dienstleistungsunternehmen und sonstige Handelsunternehmen angesiedelt, die für die Anwohner attraktive Ziele darstellen. Die hohe bauliche Dichte verstärkt zudem die Vorteile der Nutzungsmischung, da die Wege zu den einzelnen Gelegenheiten geringere Entfernung aufweisen. Zudem ermöglichen Nutzungsgemischte Strukturen eine höhere bauliche Dichte, da die Räume im Erdgeschoss (die durch die hohen Nachbargebäude wenig Sonneneinfall haben) konsequent für anspruchslosere Gewerbebetriebe genutzt werden können.

Die Nutzungsmischung und die bauliche Dichte bieten neben ihren Bedeutungen für die Verkürzung von Wegen zusätzlich einen gesellschaftlichen Nutzen. Wie bereits erwähnt, ist als zentrales Ziel in diesem Konzept die Belebung des öffentlichen Raumes zu nennen. Die Straße soll als Begegnungsfeld wiederentdeckt werden. Aus diesem Grund erfolgt die Straßenraumgestaltung im Planungsgebiet in der Weise, dass die Aufenthaltsfunktion der Straße dominiert, die verkehrlichen Funktionen des Straßenraums sollen auf Anliefer- und Versorgungsverkehre beschränkt werden. „Leben auf der Straße“ wird aber neben der Ausweitung der verkehrlichen Funktion der Straße auch durch die angesiedelten Nutzungen bestimmt. Es ist vielfach zu beobachten, dass reine Gewerbegebiete nach Büro- und Ladenschluss menschenleer sind. Ebenso werden Straßenräume in reinen Wohngebieten ohne Attraktivitäten in der Umgebung wenig von Passanten genutzt. Die Belebung eines Stadtquartiers erfolgt durch eine Überlagerung verschiedener Nutzungsstrukturen. Die Einrichtung von Handwerksbetrieben sorgt für Belebung des öffentlichen Raumes während der Arbeitszeit, die Einrichtung von Gaststätten belebt das Gebiet in der Mittagszeit und im besonderen Maße während der Abendstunden. Die Durchmischung der Gelegenheiten im Gebiet erzeugt Urbanität. Die positiven Effekte, die durch diese Urbanität in Folge der Nutzungsmischung entstehen, können weitreichende gesellschaftliche Auswirkungen haben. Grundlegende Probleme, die in sog. „Schlafburgen“ zu beobachten sind, wie fehlende soziale Kontrolle und Anonymität des Einzelnen, können verringert werden.

Im Gegensatz zu autofreien Gebieten ist es in Tübingen gelungen, eine große Anzahl an Nutzungen in die Planungsgebiete zu integrieren. Abbildung 6-6 zeigt einen Überblick über die im Frühjahr 2000 angesiedelten Gewerbe-, Freizeit- und Sozialeinrichtungen.

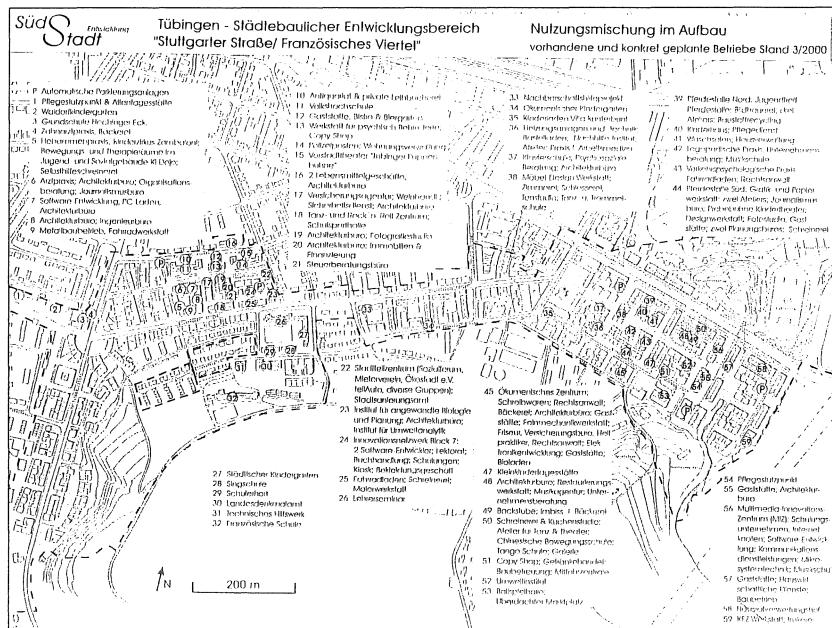


Abbildung 6-6: Nutzungsmischung im Gebiet (Stand 3/2000) [Stadt Tübingen]

Die Anzahl der Stellplätze bezogen auf den Wohnraum richtet sich nach den Vorgaben der Landesbauordnung mit einem Stellplatz pro Wohnheit. Die Stellplätze entstehen in Quartiersgaragen am Bebauungsrand, um den Straßenraum von ruhendem Verkehr freizuhalten. Gleichzeitig wird Parken im Straßenraum generell ebenso wie Stellplätze auf Privatgrundstücken verboten. Ausnahmen hierfür gibt es lediglich für Behindertenstellplätze, Stellplätze für CarSharing-Fahrzeuge und für dringend erforderliche Betriebsfahrzeuge. Dies bedeutet, dass vielfach die Erreichbarkeit öffentlicher Verkehrsmittel einfacher ist, als der Zugriff auf den eigenen Pkw.

Hierbei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass sich diese "Reduktion des motorisierten Individualverkehrs" lediglich auf die Parkraumlage bezieht und nicht auf die generelle Nutzungsmöglichkeit des privaten Pkw. Im Unterschied zu autofreien Wohnquartieren ist mit dem Zuzug in das Gebiet keinerlei Verpflichtung verbunden, auf den Pkw-Besitz oder auf die Nutzung eines Pkw zu verzichten.

Das Parkierungskonzept sieht vor, dass eine Parkierungsgesellschaft die gesamte Baulast der nach LBO erforderlichen Stellplätze übernimmt. Dem Käufer von Wohneigentum stehen drei Möglichkeiten zur Verfügung:

1. Eine Beteiligung an der Parkierungsgesellschaft mit einer Einlage von 24.000 DM pro Stellplatz
2. Die Anmietung eines oder mehrerer Stellplätze zu einem monatlichen Preis von ca. 130 DM
3. Der Verzicht auf einen Stellplatz

Gewerbetreibende müssen die nach Landesbauordnung erforderlichen Stellplätze mit 3.000 DM pro Stellplatz ablösen.

Die Möglichkeit ohne finanzielle Einbußen auf einen Stellplatz verzichten zu können, macht das Gebiet für autolose Haushalte besonders attraktiv: Die bei dem Erwerb einer sonstigen Immobilie verborgenen Stellplatzkosten werden hier nicht nur separat ausgewiesen, es besteht zusätzlich die Möglichkeit, durch den Verzicht auf einen Stellplatz diese Kosten zu vermeiden. Eine Bewirtschaftung der benachbarten Gebiete inklusive intensiver Kontrolle im Untersuchungsgebiet und den Nachbargebieten sollen zur Einhaltung der Parkierungsordnung führen.

Das Parkierungskonzept in Form einer Konzentration aller Parkraumbedürfnisse in zentralen Parkierungsanlagen hat weiterhin den Vorteil, dass gerade in einem nutzungsgemischten Gebiet eine Mehrfachnutzung der Stellplätze die insgesamt erforderliche Stellplatzanzahl reduziert.

Die im Laufe des Tages freistehenden Stellplätze der Anwohner können von Personen genutzt werden, die im Gebiet beschäftigt sind, einkaufen oder anderen Aktivitäten nachgehen. Die Beachtung der Stellplatzüberlagerung kann somit als Indikator für eine ausgeglichene Nutzungsmischung angesehen werden. Diese Überlagerung der Stellplätze funktioniert jedoch nur dann, wenn die Stellplätze der Anwohner auch für andere Fahrzeuge zugänglich sind. Normalerweise sind solche Überlagerungen nicht in ausreichendem Maße möglich, da ein Großteil der Stellplätze auf Privatgrundstücken errichtet und dadurch nicht für anderweitige Nutzungen zugänglich sind. Modellrechnungen zu diesen Stellplatzüberlagerungen haben ergeben, dass ca. 20% der Stellplätze bei einer Mehrfachnutzung eingespart werden können [MANZ 1998].

Für die zentralen Parkierungseinrichtungen sind mechanische Parkierungsanlagen vorgesehen. Die Vor- und Nachteile der Einrichtung von mechanischen Anlagen sind im folgenden kurz zusammengefasst:

Vorteile:

- bessere städtebauliche Integration
- effiziente Raumausnutzung
- keine Rampen erforderlich
- soziale Sicherheit, die Fahrzeugübergabe findet im öffentlichen Raum statt
- Mehrfachnutzung von Stellplätzen sehr einfach
- bessere Auslastung

Nachteile:

- störanfällig
- geringe Akzeptanz / Vorbehalte bei der Bevölkerung gegenüber der Technik
- hohe Betriebskosten
- wartungsintensiv
- nur für Pkw nutzbar

Die Errichtung von Stellplätzen in ausreichender Anzahl hat weitreichende Folgen für die zu erwartende Zusammensetzung der Wohnbevölkerung. Im Gegensatz zu autofreien Wohngebieten, deren Bewohner sich nahezu ausschließlich aus autolosen Haushalten rekrutieren, ist das Potenzial autoärmer Stadtquartiere wesentlich breiter gefächert. Aufgrund der Projektplanungen sind drei mögliche Anwohnergruppen zu erwarten:

1. Autolose Haushalte, bzw. Haushalte die ihren Pkw abschaffen wollen
2. Haushalte, die einen Pkw besitzen, den Projektplanungen positiv gegenüberstehen (urbane Lebensstile)
3. Haushalte, die einen Pkw besitzen, sich aufgrund anderer Rahmenbedingungen (z.B. des niedrigen Preisniveaus) sich für dieses Gebiet entscheiden und den Planungen bezüglich der eingeschränkten Pkw-Nutzbarkeit ablehnend gegenüberstehen

Die erste Gruppe stellt das grundsätzliche Potenzial autofreien Lebens dar. Diese Haushalte profitieren von den autoreduzierenden Planungen, da ihnen finanzielle und verkehrliche Vorteile ihrer Autolosigkeit zuteil werden. Die zweite Gruppe wählt aufgrund der Planungen bewusst das autoarme Gebiet, um von den Vorteilen zu profitieren und eventuell langfristig ohne Pkw leben zu können. Die dritte Gruppe hingegen möchte nicht auf den privaten Pkw verzichten und entscheidet sich aufgrund externer Einflüsse für das entsprechende Gebiet. Mögliche Gründe wären z.B. geografische Lage und der geringe Preis der Wohnung.

Somit werden auch Personenkreise, bei denen keine Motivation zu einer verringerten Pkw-Nutzung existieren, unmittelbar mit den Konsequenzen des Konzeptes der wohnungsfernen Quartiersgaragen konfrontiert.

An dieser Stelle soll kurz auf das Vermarktungskonzept der Stadt Tübingen eingegangen werden. Die Gebiete wurden in Blöcke eingeteilt, die komplett oder parzellenweise direkt an private Baugemeinschaften weitergegeben wurden. Auf diese Weise konnten einerseits die Kosten reduziert werden, andererseits konnte der direkte Kontakt zu den Bauherren erhalten bleiben. Die Aufteilung der einzelnen Parzellen in den Blöcken wurde nicht im vorhinein festgelegt, vielmehr wurden die Wünsche der Bauherren berücksichtigt. So befindet sich z.B. im Block 15 eine Parzelle mit einer Grundstücksgröße von lediglich 104 m², auf der ein viergeschossiges Gebäude errichtet wurde.

Die bisher aufgeführten Aspekte (Nutzungsmischung und baulich Dichte, Baugemeinschaftsmodell und Parkierungskonzept) ermöglichen es Haushalten,

Wohneigentum zu sehr günstigen Preisen zu erwerben, da Zusatzkosten (Stellplatz, hohe Grundstückskosten durch große Erschließungsflächen, indirekte Immobilienvermarktung) entfallen können. Dies hat zur Folge, dass neben den am Projekt interessierten Haushalten auch solche Bevölkerungskreise angesprochen werden, die kein Interesse an den Projektplanungen haben. Letztendlich führt dies wiederum zu einer gesellschaftlichen Durchmischung und Belebung.

Begleitet werden diese Konzeptionen von verkehrsplanerischen Maßnahmen, welche die Verkehrsmittel des Umweltverbundes stärken sollen. So wurden zwei Buslinien in das Französische Viertel gelegt, die jeweils im 15-Minuten-Takt verkehren. Der Tübinger CarSharing-Verein „Teilauto“ hat verschiedene Fahrzeugstandorte in den beiden betrachteten Gebieten, die Vereinszentrale befindet sich im gleichen Gebäude wie das Stadtsanierungsamt Tübingen am Lorettoplatz. Langfristig ist eine gebietspezifische CarSharing-Organisation geplant.

Obwohl es sich um kein autofreies Gebiet handelt, soll die Dominanz der Pkw auch mit Hilfe baulicher Maßnahmen reduziert werden. Das generelle Parkverbot im Straßenraum wird ergänzt durch ein System geschwindigkeitsreduzierter Verkehrswege. Das Grundnetz im Gebiet ist als „Tempo-30“ – Zone geplant, ausgewählte Straßen werden verkehrsberuhigt oder gänzlich für den motorisierten Verkehr gesperrt. Durchgangsverkehr ist aufgrund der Straßennetzkonzeption unmöglich.

Die Ausführungen haben gezeigt, dass die Planungen im Entwicklungsbereich „Stuttgarter Straße / Französisches Viertel“ über einfache „autoarme“ Planung hinausgehen. Die Ziele liegen in erster Linie im städtebaulichen Bereich. Die dazu teilweise eingesetzten verkehrsplanerischen Maßnahmen (Parkierungskonzept) haben ergänzende Wirkung. Eine Verkehrsverhaltensänderung der Bevölkerung wird lediglich als sekundäres Ziel verfolgt.

6.3 Beschreibung der Datenquellen

Die zur Verfügung stehenden Daten entstammen einer Haushaltsbefragung, die zwischen April 1997 und März 1999 bei Tübinger Haushalten durchgeführt wurde. Dabei wurden alle Haushalte befragt, die in dem Untersuchungsgebiet den Kaufvertrag für eine Wohneinheit unterschrieben haben. Zum Zeitpunkt der Befragung wohnten die Probanden noch an ihrem alten Wohnort (Ohne-Fall). Die Befragung wurde in Anlehnung an das Panel-Design konzipiert, d.h. die Erhebungsunterlagen wurden unterteilt in einen Haushaltsbogen zur Beschreibung der Soziodemografie, einen oder mehrere Personenbögen zur Erfassung der individuellen Lebenssituation sowie der persönlichen Einstellung und der entsprechenden Anzahl an Mobilitätstagebüchern für die Eintragung aller Wege im Verlauf einer Woche. Da der Arbeitsaufwand für den Befragten über eine Woche relativ groß ist, wurden die für jeden Weg einzutragenden Informationen minimiert. Die Daten beschränken sich auf Wochentag des Weges, Abfahrts- und Ankunftszeit, Zweck (7 Kategorien), Verkehrsmittel (8 Kategorien inklusive CarSharing), einer Zielangabe (3 Kategorien) und einer geschätzten Entfernung. Im Rahmen von Mobilitätsbefragungen sind weitere Fragen prinzipiell von Interesse, bzw. die

vorgegebenen Kategorien lassen sich weiter differenzieren. Aufgrund der Übersichtlichkeit und der Handhabbarkeit (die Befragten sollten das Wegetagebuch mitnehmen können) wurden die Informationen auf die genannten Basisdaten beschränkt.

Insgesamt lagen nach der Durchführung der Erhebung von 76 Haushalten (158 Personen) ausgefüllte Unterlagen vor. Durch die Wegetagebücher konnten 3887 Wege erfasst werden.

Die Analyse der Soziodemografie der Befragten zeigt eine Schiefe der Stichprobe, die aufgrund der Befragung von Wohnungserwerbern in einem speziellen Stadtquartier entsteht. Die durchschnittliche Haushaltsgröße liegt mit 2,54 Personen pro Haushalt deutlich über dem Durchschnittswert für Baden-Württemberg (2,2 Personen pro Haushalt) [STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG 1999]. Dieser erhöhte Anteil an Mehrpersonenhaushalten ist jedoch in Neubaugebieten zu erwarten.

In Abbildung 6-7 ist die Altersverteilung der Personen in den befragten Haushalten dargestellt. Zu erkennen ist die Konzentrierung auf jüngere Haushalte. Für ein Neubaugebiet ist jedoch auch die relativ stark vertretene Gruppe der älteren Personen zu beachten. Dies ist als Spezifikum des Untersuchungsgebietes anzusehen: Durch die relative Innenstadtnähe und die Nutzungsmischung ist das Quartier auch für ältere Menschen als Alterswohnsitz geeignet.

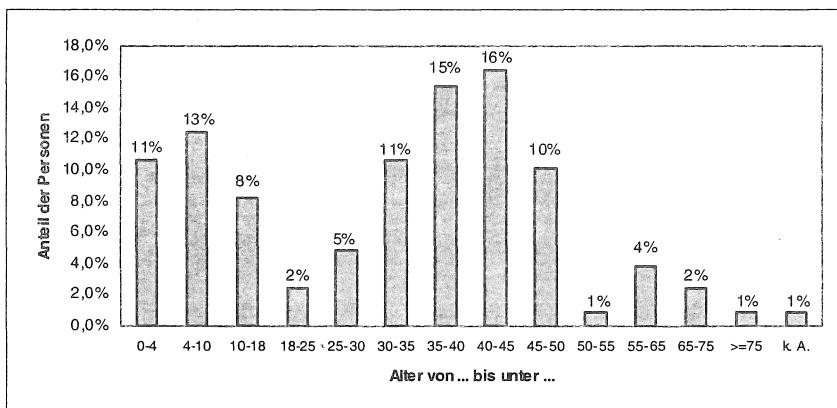


Abbildung 6-7: Altersverteilung der Befragten in Tübingen [eigene Darstellung; Daten: Tübingen-Erhebung]

Abbildung 6-8 zeigt den höchsten Schulabschluss der befragten Personen. Betrachtet sind hier die Angaben aus den Personenbögen, so dass Personen unter 10 Jahren nicht erfasst sind. Zwei Drittel aller Personen über 10 Jahren verfügen über Abitur. Werden ausschließlich erwachsene Personen (143 Personen) berücksichtigt, so steigt der Anteil der Personen mit Abitur auf knapp 75%.

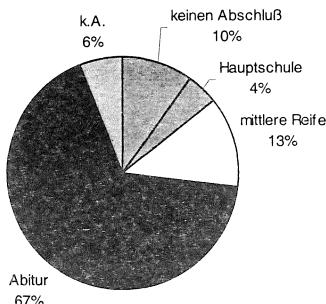


Abbildung 6-8: Bildungsniveau der befragten Personen [eigene Darstellung; Daten: Tübingen-Erhebung]

Dieses hohe Bildungsniveau ist auf zweierlei Arten zu begründen. Einerseits handelt es sich bei der untersuchten Stichprobe um Erwerber von Wohnungseigentum. Auch wenn das Preisniveau in den Untersuchungsgebieten im Vergleich zu anderen Gegenden in Tübingen sehr günstig ist (ausgelöst durch die direkte Vermarktung und die hohe baulich Dichte), so sind die finanziellen Möglichkeiten besser gebildeter Personen eher dazu geeignet, Wohneigentum zu erwerben. Die zweite wichtige Ursache ist darin zu sehen, dass das typische Klientel moderner Wohnformen (autofreies Wohnen, Nutzungsmischung) sich zu großen Teilen aus höheren Bildungsschichten rekrutiert. Die mit Hilfe der Befragung in Tübingen gewonnenen Ergebnisse bestätigen die Ergebnisse von Marktstudien innovativer Wohnformen (z.B. STADT KÖLN [1998]).

Im Folgenden sollen die wichtigsten Ergebnisse der Auswertung der Wegetagebücher vorgestellt werden, um einen Überblick über das spezifische Verkehrsverhalten der befragten Personen zu liefern.

Es liegen insgesamt 133 ausgefüllte Wegetagebücher vor, rund 83% der Personen über 10 Jahren haben ein Wegetagebuch geführt. Im Wegetagebuch sollte jeder Weg im Verlauf einer Woche aufgezeichnet werden. Über Wege an allen sieben Tagen haben 106 der 133 Personen berichtet (79%). Von weiteren 25 Personen (19%) liegen die Aufzeichnungen über fünf bzw. sechs Tage vor.

Aufgrund der Paneldaten der letzten Jahre ergibt sich für die Gesamtbevölkerung eine durchschnittliche Verkehrsbeteiligung von rund 92%. Unter Berücksichtigung von 891 mobilen Personentagen des Tübingen-Datensatzes und der maximal möglichen Anzahl von 931 Tagen ergibt sich eine Verkehrsbeteiligung von 96%.

Die mobilen Personen legten innerhalb ihrer jeweiligen Berichtswoche insgesamt 3887 Wege zurück. Das entspricht durchschnittlich 29,2 Wegen in der Woche. Pro Tag ergeben sich unter Berücksichtigung aller 133 Personen 4,17 Wege bzw. 4,36 Wege der mobilen Personen.

Tabelle 6-1 gibt einen Überblick über relevante Kenngrößen im Verkehrsverhalten im Vergleich zu den Zahlen des deutschen Mobilitätspanels (MOP) von 1998.

Personenanteile	Tübingen	MOP
Anteil mobiler Tage [%]	95,7	91,4
Wegezahl [Wege/Pers.tag]	4,17	3,58
Kilometer [km/Pers.tag]	42,8	39,9
Dauer [min/Pers.tag]	94,6	81

Tabelle 6-1: Darstellung relevanter Kenngrößen

Im Vergleich zum repräsentativen Bevölkerungsschnitt Deutschlands fällt auf, dass die Personen der Tübinger Erhebung wesentlich mobiler sind. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Anteil der klassisch wenig mobilen Personengruppen (z.B. Rentner) in der Tübinger-Stichprobe unterrepräsentiert ist. Dennoch wird durch diese Ergebnisse die These aus der Literatur (vgl. Kapitel 2) bestätigt, dass die Interessenten für verkehrsreduzierende Wohnformen nicht wenig mobil sind, sondern eher als überdurchschnittlich mobil bezeichnet werden können.

Diejenigen, die sich eine Wohnung zur Eigennutzung im autoarmen Gebiet in Tübingen gekauft haben, legen bei der Bewältigung ihrer Mobilität einen Stil an den Tag, der sich in Bezug auf die Verkehrsmittelwahl als zweckangemessen kennzeichnen lässt. Die zentrale Wohnlage in der Ausgangs- und Planungssituation unterstützt dieses Verhalten, bzw. ist als Voraussetzung unabdingbar.

In der folgenden Tabelle 6-2 sind die verkehrsmittelspezifischen Kenngrößen mittlere Fahrweite, mittlere Reisezeit und mittlere Geschwindigkeit für die Tübinger-Erhebung eingetragen. Zu berücksichtigen ist, dass bei den ausgewiesenen Kenngrößen Zu- und Abgangszeiten enthalten sind.

	Fahrtweite [km / Perstag]	Reisezeit [min / Perstag]	Geschwindigkeit [km / h]
Fuß	1,38	22,07	3,75
Fahrrad	2,53	13,77	11,03
Pkw-Fahrer	23,06	31,45	43,99
Pkw-Mitfahrer	5,43	8,19	39,77
ÖPNV	1,66	7,83	12,74
Eisenbahn	6,40	7,72	49,73

Tabelle 6-2: Verkehrsmittelspezifische Kenngrößen

Interessant ist die Fragestellung, welches Verkehrsmittel für welchen Entfernungsbereich eingesetzt wird. Die folgende Abbildung zeigt die Weglängen–Verkehrsmittelverteilung für den Tübingen–Datensatz (Abbildung 6-9). Eingetragen ist für jede Entfernungsklasse die relevante Modal Split Verteilung. Die lineare Interpolation dient der Anschaulichkeit.

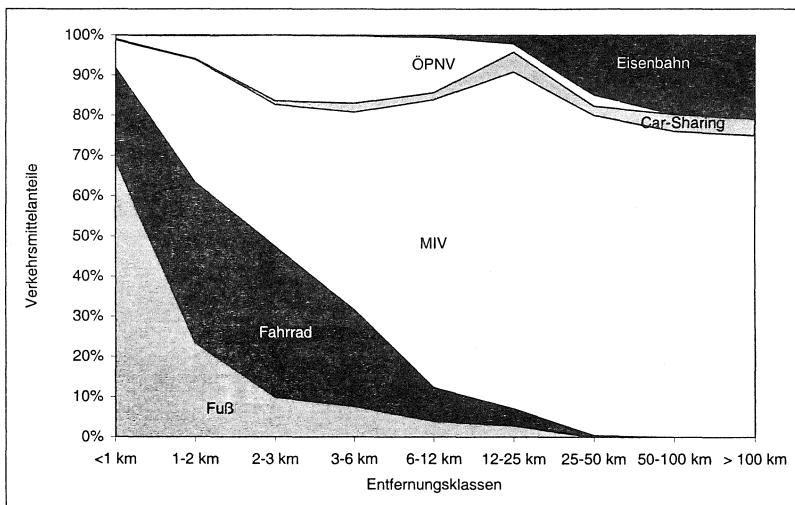


Abbildung 6-9: Weglänge – Verkehrsmittel - Diagramm [eigene Darstellung, Daten: Tübingen-Erhebung]

Während der MIV im Schnitt in Deutschland bereits in den kleineren Entfernungsklassen stark dominierend ist, zeigt sich in den Daten der Tübingen–Erhebung eine wenig MIV-bezogene Verkehrsmittelwahl. Besonders auffällig ist der Unterschied bei der Fahrradnutzung. Die Gründe hierfür liegen an der Einstellung der Personen, an den günstigen Bedingungen in Tübingen (Stadtgröße), den damit verbundenen geringeren Entfernungen und der Schiefe der Stichprobe (weniger alte Menschen).

Von herausragender Bedeutung für das Verkehrsmittelwahlverhalten ist die Verkehrsmittelverfügbarkeit. Aus diesem Grund soll das Verkehrsmittelwahlverhalten für autolose Haushalte und für Pkw-besitzende Haushalte getrennt ausgewiesen werden.

Abbildung 6-10 zeigt einen Vergleich autobesitzender Haushalte der Tübingen-Erhebung mit autobesitzenden Haushalten in Deutschland aus dem Mobilitätspanel. Der deutlichste Unterschied ist bei der Fahrradnutzung zu erkennen. Die möglichen Gründe hierfür wurden bereits erläutert.

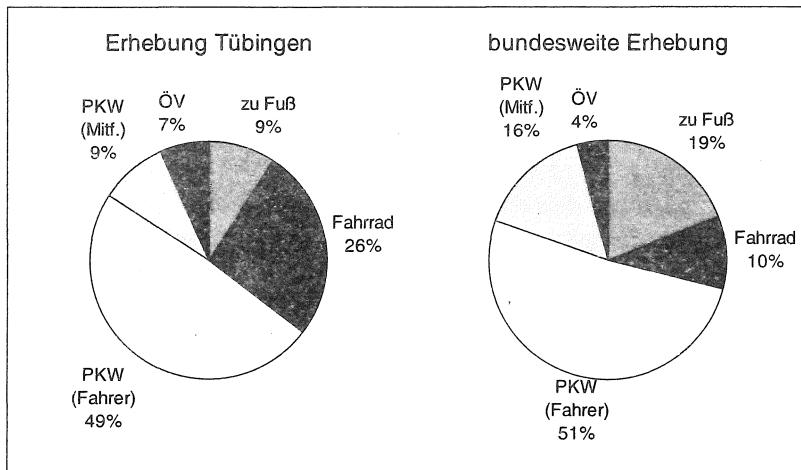


Abbildung 6-10: Modal Split Pkw-besitzender Haushalte im Vergleich [eigene Darstellung, Daten: Tübingen und deutsches Mobilitätspanel]

Der gesamte MIV-Anteil liegt bei den Tübinger Autobesitzern bei 58% im Gegensatz zu 67% in Deutschland.

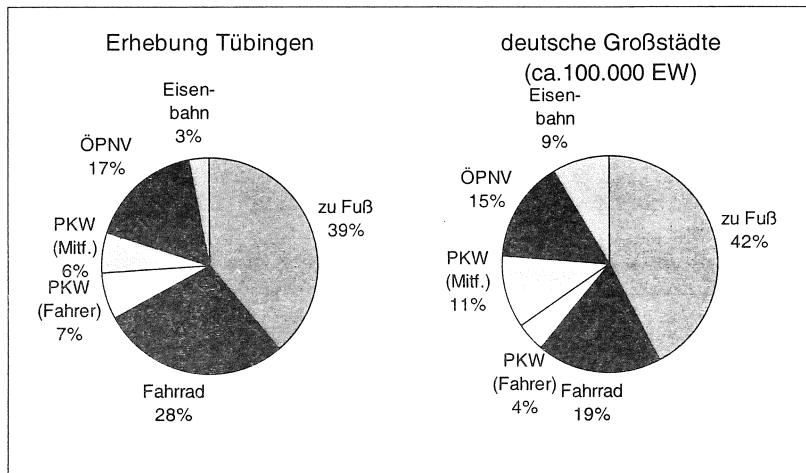


Abbildung 6-11: Modal Split Pkw-loser Haushalte im Vergleich [eigene Darstellung, Daten: Tübingen Erhebung und nach REUTTER; REUTTER 1996]

Der Modal Split von autolosen Haushalten ist in Abbildung 6-11 dargestellt. Die Werte aus der Tübingen-Erhebung sind in diesem Fall den Werten gegenübergestellt, die REUTTER, REUTTER [1996] für autolose Haushalte in Städten vergleichbarer Größe ermittelt haben. Hier zeigt sich eine relativ ähnliche Verteilung, bei der wiederum die Fahrrad-Unterschiede am prägnantesten sind. Die Differenz bezüglich des Verkehrsmittels „Eisenbahn“ kann auf die relative Randlage Tübingens, bezogen auf das Fernverkehrsnetz der Deutschen Bahn AG, zurückzuführen sein. Auch wenn die MIV-Anteile mit 13% bzw. 15% recht ähnlich erscheinen, differenzieren die Werte bei Unterteilung nach Fahrer und Mitfahrer deutlich. In Tübingen sind mit 7% deutlich mehr Pkw-Fahrer-Wege zu beobachten. Diese 7% setzen sich zusammen aus 5% CarSharing-Nutzung und 2% Nutzung sonstiger Pkw. Da CarSharing zum Zeitpunkt der Untersuchung von REUTTER, REUTTER [1996] noch nicht so weit verbreitet war, sind die Unterschiede im Modal Split auf die CarSharing-Verfügbarkeit zurückzuführen.

Auch wenn die Modal-Split-Werte der autolosen Haushalte ähnlich erscheinen, differenzieren die autolosen Haushalte der Tübingen-Erhebung stark von der Mehrzahl der autolosen Haushalte. So sind die autolosen Haushalte, die in relativ hoher Zahl in deutschen Städten zu finden sind, hauptsächlich Studenten, Rentner oder Haushalte von arbeitslosen Personen. Diese Personen sind in der Regel nicht als Käuferklientel für Neubauten anzusehen. Die Besonderheit der autolosen Haushalte, die eine Wohnung in dem autoarmen Gebiet in Tübingen erworben haben, zeigt sich besonders deutlich in dem wesentlich größeren Anteil an Führerscheinbesitzern (93%) im Vergleich zu autolosen Haushalten im Bundesschnitt (nach REUTTER, REUTTER [1996] lediglich 23%).

Neben den Aufwendungen für die gesamte Mobilität ist auch die Nutzungsintensität eventueller Pkw von Interesse. Zu diesem Zweck wurden die Fahr- und die Standzeit der in den einzelnen Haushalten vorhandenen Pkw aus den Mobilitätstagebüchern ermittelt. In Abbildung 6-12 ist das Ergebnis dieser Ermittlung im Vergleich zu den Paneldaten dargestellt.

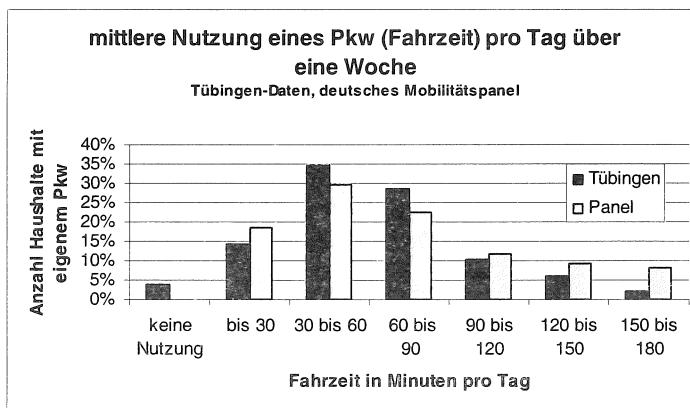


Abbildung 6-12: Mittlere Nutzung eines Pkw im Vergleich Tübingen – Panel [eigene Darstellung, Daten: Tübingen-Erhebung, deutsches Mobilitätspanel]

Im Vergleich zu den Daten aus dem Mobilitätspanel überwiegen die geringeren Nutzungsdauern. Hier sind Ansatzpunkte für eine gemeinsame Pkw-Nutzung im Gebiet gegeben. Das Projekt „CashCar“ in Berlin [CANZLER, FRANKE 2000] zeigt, dass das Prinzip des „Weiterverleihens“ eines eigenen privaten Pkw ein Konzept ist, welches in Zukunft weite Verbreitung erreichen kann (vgl. Kapitel 2). Eine Übertragung dieses Konzeptes auf verkehrsreduzierende Siedlungskonzepte erscheint vielversprechend.

Ein Schlagwort, das einen Forschungsschwerpunkt in der Verkehrswissenschaft einnimmt, ist die sogenannte Multimodalität. Im Unterschied zur Intermodalität wird unter Multimodalität nicht der Wechsel des Verkehrsmittels innerhalb eines Weges (z.B. P+R), sondern die Nutzung verschiedener Verkehrsmittel für unterschiedliche Wege verstanden. Die Multimodalität kann nur in Längsschnitterhebungen adäquat erfasst werden. Stehen Daten aus einem Mobilitätstagebuch zur Verfügung, so entspricht die Multimodalität einer Person der Anzahl der innerhalb des Untersuchungszeitraums (hier: eine Woche) genutzten Verkehrsmittel. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden für die Auswertungen die neun denkbaren Verkehrsmittel in vier Gruppen (zu Fuß, Fahrrad, MIV, ÖV) eingeteilt.

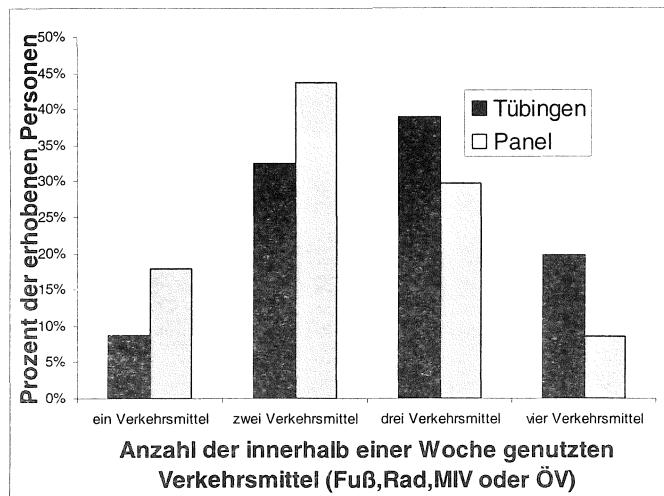


Abbildung 6-13: Multimodalität im Vergleich [eigene Darstellung, Daten: Tübingen-Erhebung, deutsches Mobilitätspanel]

Abbildung 6-13 zeigt einen Vergleich der Multimodalität der befragten Personen in Tübingen und im Mobilitätspanel. Die Befragten in Tübingen verhalten sich deutlich „multimodaler“. Während das Panel ergibt, dass 38% der befragten Personen in Deutschland innerhalb einer Woche mehr als zwei unterschiedliche Verkehrsmittel nutzen, liegt dieser Wert bei der Tübingen-Befragung bei 59%. Dies deutet darauf hin, dass die zukünftigen Bewohner des autoarmen Gebietes nicht auf ein Verkehrsmittel fixiert sind, sondern vielmehr für die jeweilige Situation das entsprechend dem Zweck und dem Ziel angemessene Verkehrsmittel wählen.

In Abbildung 6-14 (Tübingen-Daten) und in Abbildung 6-15 (Panel-Daten) sind diese Untersuchungen noch hinsichtlich des Modal Split in den einzelnen Multimodalitätsklassen aufgeteilt.

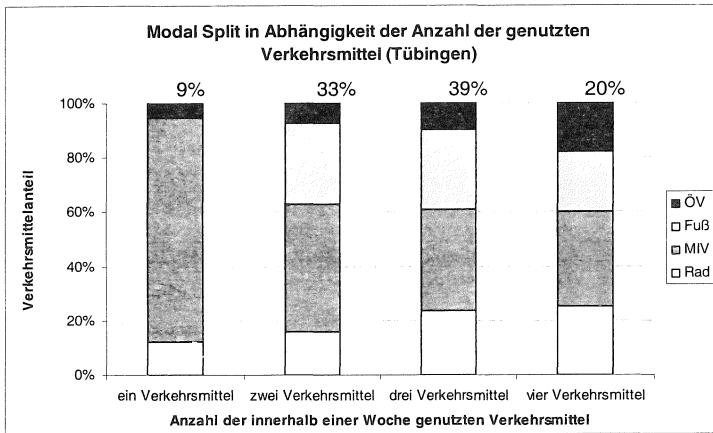


Abbildung 6-14: Modal Split in Abhängigkeit der Multimodalität [eigene Berechnung, Daten: Tübingen-Erhebung]

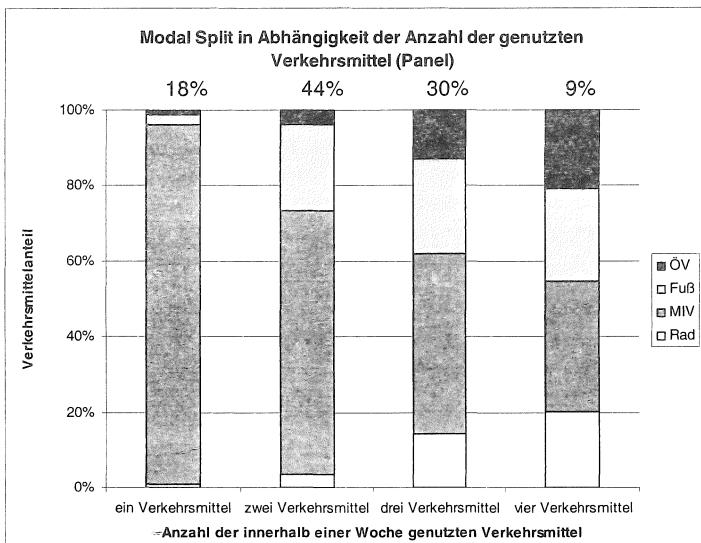


Abbildung 6-15: Modal Split in Abhängigkeit der Multimodalität [eigene Berechnung, Daten: deutsches Mobilitätspanel]

Die Abbildungen bestätigen die Überlegungen, dass mit zunehmender Multimodalität die Bedeutung des Verkehrsmittels „MIV“ abnimmt. Angegeben ist über den jeweiligen Säulen nochmals die Größe der einzelnen Multimodalitätsklassen aus Abbildung 6-13.

Da die Nutzung des MIV durch das autoarme Wohnen vermindert werden soll, führen die obigen Untersuchungen zu der Überlegung, ob nicht die Ausweisung eines individuellen MIV-Anteils eine geeignete Kenngröße ist, um das Verhalten einer Person bzw. eines Kollektivs adäquat zu beschreiben. Aus diesem Grund wurde für jede Person aus der Tübingen-Erhebung und für die Personen aus dem Mobilitätspanel die intrapersonelle Kenngröße „individueller MIV-Anteil“ errechnet.

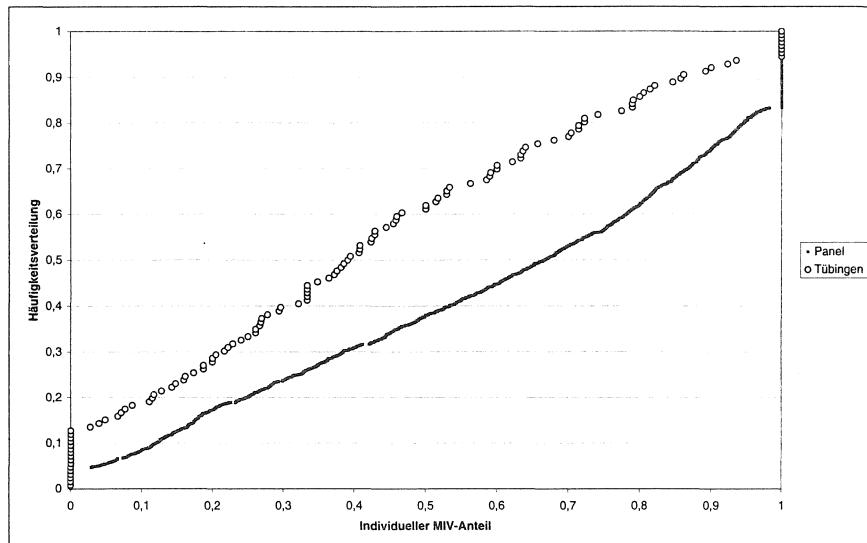


Abbildung 6-16: Häufigkeitsverteilung des individuellen MIV-Anteils im Vergleich [eigene Darstellung, Daten: Tübingen-Erhebung, deutsches Mobilitätspanel]

In der Abbildung 6-16 ist dieser individuelle MIV-Anteil als Häufigkeitsverteilung im Vergleich Tübingen / Panel eingetragen. Personen mit einem MIV-Anteil von 0 nutzen während der Woche keinen MIV, während Personen mit einem MIV-Anteil von 1 ausschließlich motorisierte Individualverkehrsmittel nutzen. In Tübingen weisen mehr Personen einen MIV-Anteil von 0 und weniger Personen einen MIV-Anteil von 1 auf. Das bestätigt den bereits am alten Wohnort vorhandenen Verzicht auf einen Pkw und das multimodale Verhalten. Die Percentile zum Anteilswert 0,5 (50% aller Wege mit dem MIV) liegen für die Tübingen-Erhebung bei 0,63 und für das Panel bei 0,38. Im Panel weisen 62% aller Personen mehr MIV Wege als Wege mit Verkehrsmitteln des Umweltverbundes auf, in Tübingen sind dies lediglich 37%.

Die gezeigten Ergebnisse vermitteln einen Eindruck des Verkehrsverhaltens von zukünftigen Anwohnern eines autoarmen Gebietes. Das spezifische Verkehrsverhalten ist Ausdruck der soziodemografischen Besonderheiten sowie der persönlichen Einstellungen, die sich im

Interesse für ein autoarmes Quartier äußern. Auf Basis dieser Daten soll das in Kapitel 5 entwickelte Reorganisationsmodell angewendet werden. Da die zur Verfügung stehende Stichprobe jedoch relativ gering ist, muss der Datensatz um „ähnliche“ Haushalte aus dem deutschen Mobilitätspanel erweitert werden. Vor dieser Erweiterung ist das Reorganisationsmodell entsprechend den örtlichen Gegebenheiten anzupassen und zu kalibrieren.

Zur Durchführung einer Analyse muss das Untersuchungsgebiet (Stadt Tübingen) in Verkehrszellen eingeteilt werden. In Analogie zur Einteilung der Gemeinde [STADT TÜBINGEN 1997] wurden 25 Verkehrszellen gewählt. Es ist dabei sinnvoll, sich an vorhandenen Zelleinteilungen zu orientieren, damit Informationen zu den einzelnen Zellen (Strukturdaten) übernommen werden können. Für jede Zelle wurden für die 24 Aktivitätsuntergruppen die Gelegenheiten zur Durchführung einer Aktivität ermittelt. Als Datenquelle dienten Informationen des Statistischen Amts der Stadt Tübingen, des Arbeitsamtes, der Industrie- und Handelskammer, sowie verschiedene Informationsquellen aus dem Internet. Die Unterteilung der Aktivitätsgruppen in Aktivitätsuntergruppen führte dabei zu einer deutlichen Erleichterung bei der Definition der Kriterien, wenn z.B. das große Feld der Freizeitaktivitäten repräsentiert wird durch z.B. Kirche und Friedhöfe (beschrieben durch die Anzahl), soziale Kontakte (beschrieben durch Einwohner) oder Kultureinrichtungen (beschrieben durch die zur Verfügung stehenden Plätze).

Auf Basis der Zelleinteilungen wurden verkehrsmittelspezifische Widerstandsmatrizen ermittelt. Für den ÖPNV (in Tübingen existiert ausschließlich Busverkehr) wurde die Matrix anhand der Fahrpläne des Tübinger Verkehrunternehmens inklusive der Umsteigezeiten aufgestellt. Für die Matrizen der Individualverkehrsmittel wurden die Entferungen zwischen den Zellen aus einem Stadtplan herausgelesen und mit Hilfe der in der empirischen Erhebung ermittelten Geschwindigkeiten im Stadtverkehr von Tübingen in Reisezeiten umgerechnet. Für jede Verkehrszelle wurden verkehrsmittelspezifische Zu- und Abgangszeiten hinzugefügt.

6.4 Modellanpassung

Vor der Durchführung der eigentlichen Simulation steht die Bestimmung der Aktivitätspole. Während der Wohnstandort bekannt ist, müssen die Arbeits- und Ausbildungsplätze aufgrund der fehlenden Adresserfassung in der Erhebung in einer Kombination aus Analyse und Simulation ermittelt werden. Zu diesem Zweck können die Angaben aus den Wegetagebüchern verwendet werden. Für jede Person, die einen Aktivitätspol (Arbeitsplatz und / oder Ausbildungsplatz) aufweist, lassen sich aus der berichteten Entfernung von der Wohnung zum Aktivitätspol, der relativen Lage des Wohnortes zum Zellschwerpunkt und der Verhältnisse der Zellen untereinander mit Hilfe trigonometrischer Funktionen die möglichen Bereiche der Aktivitätspole bestimmen. Aus dieser Reduktion der potenziellen Zielzellen lässt sich mit Hilfe eines reduzierten Gelegenheitsmodells (der Widerstand braucht nicht berücksichtigt zu werden) der Aktivitätspol ermitteln. Durch dieses Vorgehen wird die Zielwahl der Aktivitätspole verbessert.

Liegen für die Haushalte keine Informationen über die Wohnorte bzw. die sonstigen Aktivitätspole vor, muss eine Auswahl der Wohnorte über eine Zufallsziehung und die Auswahl der sonstigen Aktivitätspole mit Hilfe eines Gelegenheitsmodells einmalig im Vorfeld der Simulation ermittelt werden. Für andere Städte besteht teilweise die Möglichkeit auf vorhandene Wohnstandort - Arbeitsplatzverteilungen zurückzugreifen.

6.4.1 Kalibrierung der Zielwahl

Die Kalibrierung der Zielwahl erfolgt mit Hilfe der Entfernungsangaben aus den empirischen Daten. In einem iterativen Prozess muss der Eichungsparameter α der Widerstandsfunktion (Formel 5-3) für die einzelnen Aktivitätsgruppen so angepasst werden, dass die simulierten Entfernungsverteilungen den empirischen Entfernungsverteilungen entsprechen. Dabei wird für jede Aktivitätsgruppe ein spezifischer Gewichtungsfaktor ermittelt, um die Bereitschaft der betrachteten Personen zur Überwindung des Raumes in Abhängigkeit vom Wegezweck darzustellen. Mit der Methode der kleinsten Fehlerquadratsumme (vgl. Kapitel 5) wurden folgende Widerstandswerte ermittelt:

Aktivität	Gewichtungsfaktor
dienstliche Erledigung	0,16
Einkaufen	0,13
Freizeit	0,06
Service	0,17

Tabelle 6-3: Widerstandswerte in Abhängigkeit vom Wegezweck [eigene Berechnung; Daten: Tübingen-Erhebung; 3887 Wege]

Eine Unterteilung der Aktivitätsgruppen in die Aktivitätsuntergruppen wurde an dieser Stelle aufgrund der dadurch entstehenden geringen Stichprobengröße nicht durchgeführt.

Zu erkennen ist der Einfluss des Widerstandes im Verhältnis zu der Zahl der Gelegenheiten in Abhängigkeit vom Wegezweck. Der geringe Wert der Aktivität Freizeit ist z.B. darauf zurückzuführen, dass bei Freizeitwegen der Widerstand im Verhältnis zu der Zahl der Gelegenheiten für die Wahl des Aktivitätssortes eine untergeordnete Rolle spielt. Aufgrund der Besonderheiten der hier durchgeführten Zielwahlsimulation (Ballung von Aktivitäten, Berücksichtigung der Bindung zum nächsten Aktivitätspol) sind die ermittelten Werte nicht mit Werten aus der Literatur vergleichbar, die zwar mit Hilfe der gleichen Methode, aber unterschiedlichem Simulationsansatz bestimmt wurden.

Mit diesen Widerstandswerten kann sowohl der Ohne-Fall als auch der Mit-Fall simuliert werden. Voraussetzung dafür ist die Konstanz im entfernungsensitiven Verhalten der Bevölkerung unter veränderten Rahmenbedingungen.

Für die Simulation der Zielwahländerung wurde ein variabler Grundwiderstand für Aktivitäten im Gebiet festgelegt. Für die Attraktivität des Untersuchungsgebietes wurden die Gelegenheiten, die sich aufgrund der Nutzungsmischung (vgl. Abbildung 6-6) ergeben, in den analogen Einheiten der übrigen Verkehrszellen festgelegt.

6.4.2 Kalibrierung der Verkehrsmittelwahl

Zur Kalibrierung der Verkehrsmittelwahl wurde das in Kapitel 5 beschriebene Vorgehen verwendet. Die Maximum-Likelihood-Methode zur Annäherung der simulierten Daten an die empirischen Daten wurde mit Hilfe der Prozedur PHRAG des Programmsystems SAS durchgeführt.

Zur Bestimmung der relevanten Beschreibungsgrößen der Verkehrsmittelwahl wurden verschiedene Variablenkombinationen getestet. Dazu wurde die statistische Aussagekraft (χ^2 -Wert) und die Plausibilität der ermittelten Parameterwerte verglichen. Als geeignete Variablenkombination zur Beschreibung des berichteten Verhaltens und der untersuchten Maßnahme erwiesen sich folgende Variablen:

Variable	Einheit	geschätzter Wert	χ^2 -Wert
Reisezeit	Minuten	- 0,00975	129,91
Kosten	DM	- 0,04791	6,45
Pkw-Besitz bei Fahrrad	-	+0,04597	1,26
Pkw-Besitz bei MIV	-	+0,45173	4,73
Pkw-Besitz bei ÖPNV	-	+0,09052	30,15
Fahrrad-Konstante	-	- 0,29558	34,5
MIV-Konstante	-	- 0,43707	43,18
ÖPNV-Konstante	-	- 0,34163	106,43

Tabelle 6-4: Parameter der Verkehrsmittelwahl [eigene Berechnung; Daten: Tübingen-Erhebung; 3887 Wege]

Die verkehrsmittelspezifische Reisezeit setzt sich zusammen aus den Zu- und Abgangszeiten sowie den Verbindungszeiten, die in den Reisezeitmatrizen für die einzelnen Verkehrsmittel gegeben sind. Die Kostenermittlung erfolgt über die tatsächlich dem Nutzer sichtbaren (und damit für die Verkehrsmittelwahl relevanten) Kosten. Für die Fahrten mit dem Pkw wurde dies in einer Kilometerkonstanten und den Parkgebühren in Abhängigkeit von der Zielzelle umgesetzt. Die Kosten für jede Fahrt mit dem Pkw wurden dabei durch die Zahl der Insassen dividiert, um die Vergleichbarkeit der Kosten (z.B. in Konkurrenz zum ÖV)

herstellen zu können. Für die Kosten im ÖPNV wurden die Tarife der Tübinger Verkehrsunternehmens angesetzt. Wenn eine Person eine Zeitkarte (Monatskarte / Jahreskarte) für öffentliche Verkehrsmittel besitzt, so wurde dies entsprechend bei der Feststellung der Kosten berücksichtigt. Aus der Betrachtung der Mitfahrer und der Betrachtung der Zeitkartenbesitzer entsteht eine realitätsnahe Berücksichtigung der Zusammenhänge, so dass z.B. mehrere Personen eines Haushalts für eine gemeinsame Aktivität eher den Pkw nutzen, während eine Person die eine Zeitkarte besitzt, den öffentlichen Verkehr bevorzugt.

Die verkehrsmittelspezifischen Faktoren für den Pkw-Besitz werden mit der jeweiligen Anzahl der Pkw im Haushalt multipliziert und spiegeln somit den Einfluss des Pkw-Besitzes auf die Verkehrsmittelwahl wider. Dadurch wird berücksichtigt, dass Personen die einen Pkw zur Verfügung haben, diesen vermehrt nutzen. Die verkehrsmittelspezifischen Konstanten bilden die Basis der Nutzenfunktion und repräsentieren die subjektiven Verkehrsmittelvorlieben im Kollektiv. Aus der mathematischen Herleitung der Logit-Funktion ergibt sich, dass die Konstanten für das Verkehrsmittel „zu Fuß gehen“ jeweils Null sind, d.h. die verkehrsmittelspezifischen Konstanten stellen das Verhältnis der einzelnen Verkehrsmittel zu dem Verkehrsmittel „zu Fuß gehen“ dar.

Die ermittelten Parameter beschreiben die Einflüsse auf das Verkehrsmittelwahlverhalten der untersuchten Haushalte. Der Chi²-Wert zeigt für alle Parameter die statistische Signifikanz. Lediglich die Einflüsse des Pkw-Besitzes auf die Verkehrsmittel Fahrrad und ÖPNV sind nur bedingt aussagekräftig.

Mit diesen Parametern wäre es möglich, die Verkehrsmittelwahl im Ohne-Fall simulativ zu ermitteln. Aufgrund der bereits beschriebenen Komplexität der Verkehrsmittelwahl und deren Vorteil für die Beurteilung der Maßnahmewirkung wird auf eine Simulation des Ohne-Falls verzichtet und statt dessen das Verkehrsmittelwahlmodell ausschließlich für die Beschreibung der Verhaltensänderungen im Mit-Fall verwendet. Der dafür erforderliche erhöhte Zugangswiderstand zum privaten Pkw kann in der Simulation durch eine Erhöhung der Reisezeit berücksichtigt werden.

6.5 Erweiterung des Datenbestandes

Zur Erweiterung des geringen Datenbestandes soll die Stichprobe durch geeignete Daten aus dem deutschen Mobilitätspanel erweitert werden. Damit wird gleichzeitig sichergestellt, dass das entwickelte Reorganisationsmodell nicht ausschließlich für einen speziellen Anwendungsfall und einen speziellen Datensatz entwickelt wurde.

Eine Analyse der Soziodemografie der befragten Haushalte in Tübingen (vgl. Kapitel 6.3) zeigt ein spezielles Klientel, so dass keine Zufallsauswahl aus dem repräsentativen Datensatz des Panels erfolgen kann. Um ähnliche Haushalte zu identifizieren, wurden in einer Clusteranalyse drei verhaltenshomogene Haushaltstypen aus der Soziodemografie und dem berichteten Verkehrsverhalten in Tübingen ermittelt.

In Abbildung 6-17 sind die Anteile dieser Gruppen dargestellt.

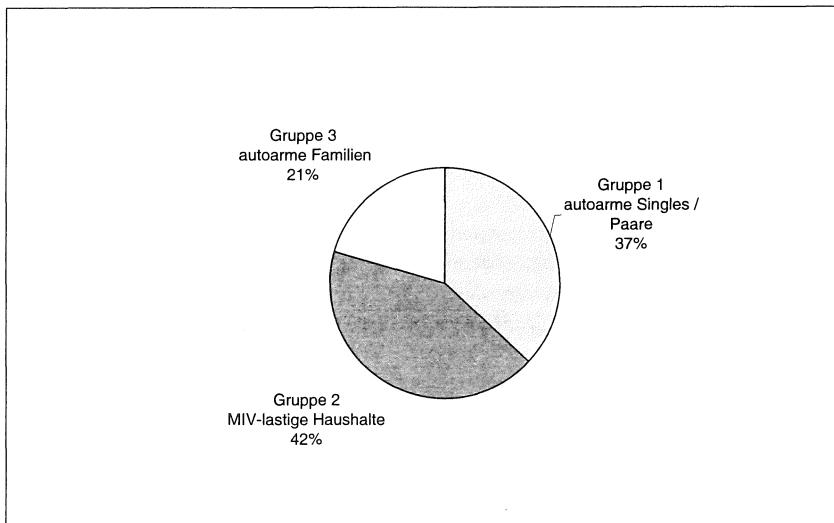


Abbildung 6-17: Einteilung der befragten Haushalte in homogene Haushaltstypen [eigene Darstellung]

Um die Einteilung der Haushalte zu überprüfen und die Aussagegüte der eingesetzten Variablen zu kontrollieren wurden die gesamten Erhebungsunterlagen aller Haushalte von verschiedenen Auswertepersonen für eine Einteilung der Haushalte analysiert. Dabei spielte vor allem der Vergleich des realisierten Verhaltens mit den im Personenbogen abgefragten subjektiven Einschätzungen eine große Rolle. Der Vergleich der auf einer Clusteranalyse beruhenden objektiven Einteilung mit den subjektiven Einteilungen aufgrund des Gesamteindrucks ergab eine hohe Übereinstimmungsquote, so dass die vorliegende Clustereinteilung als geeignete Identifikation der Haushaltstypen verwendet werden kann.

Die Haushaltsauswahl aus dem Mobilitätspanel erfolgte mit Hilfe der Kenngrößen des Verkehrsverhaltens (der individuelle MIV-Anteil – vgl. Abbildung 6-16), der Haushaltsgröße, des Pkw-Besitzes und der Ortsgrößenklasse. Um siedlungsstrukturelle Einflüsse zu minimieren, wurden die relevanten Haushalte aus Gemeinden rekrutiert, die der Größe Tübingens entsprechen (20.000 – 100.000 Einwohner). Zudem wurde ein Abgleich mit der Soziodemografie durchgeführt, so dass z.B. bei der Gruppe 1 (autoarme Singles und Paare) keine Überrepräsentierung von Rentnern erfolgt. Bei der Auswahl der Haushalte wurde als Zielseitung die Verteilung der Haushalte in Abbildung 6-17 vorgegeben. Wenn für eine Haushaltsgruppe zu viele Haushalte im Panel zur Verfügung standen, wurden zunächst die Haushalte aus den Neuen Bundesländern und anschließend die überschüssigen Haushalte in einer Zufallsauswahl ausgeschlossen.

Die neue Verteilung der Haushalte hat nach der Datenerweiterung folgendes Aussehen:

Gruppe	Beschreibung	Ausgangsdaten	Ergänzung (MOP)	Summe	Anteil
1	autoarme Singles und Paare	27 HH	39 HH	66 HH	37%
2	MIV-lastige Haushalte	31 HH	45 HH	76 HH	42%
3	autoarme Familien	15 HH	23 HH	38 HH	21%

Tabelle 6-5: Verteilung der Haushaltstypen nach der Datenerweiterung

Die Gesamtzahl der ergänzten Haushalte richtete sich dabei nach der im Mobilitätspanel am schwächsten besetzten Gruppe, den autoarmen Familien. Die geringe Anzahl an Haushalten, die ergänzt werden konnte zeigt, dass das Klientel der autoarmen Haushalte im deutschen Mobilitätspanel nur sehr begrenzt vorhanden ist. Von den insgesamt 3270 Haushalten, die im deutschen Mobilitätspanel enthalten sind, entsprechen lediglich 23 Haushalte (0,7 %) den Kriterien der autoarmen Familien in mittelgroßen Städten.

Zum Test der statistischen Aussagekraft der erweiterten Stichprobe wird das Konfidenzintervall auf Haushaltsebene aus Formel 6-1 bestimmt.

$$t = \frac{e_r \times \bar{x} \times \sqrt{n}}{s} \quad (6-1)$$

mit: e_r = relative Abweichung

\bar{x} = Mittelwert der untersuchten Variable

s = Standardabweichung der untersuchten Variable

n = erreichter Stichprobenumfang

Unter Verwendung der Variable des MIV-Anteils im Haushalt ergibt sich ein t-Wert von 2,27, der einem Konfidenzintervall von 0,977 entspricht. Die Stichprobengröße ist demnach mit Hilfe der Erweiterung des Datensatzes um Panel-Haushalte ausreichend das Verkehrsverhalten zu beschreiben.

6.6 Simulationsdurchführung

Mit der erweiterten Datenbasis und der Kalibrierung der Eichungsparameter können in verschiedenen Simulationsdurchläufen die Auswirkungen der Projektplanung auf das Verkehrsverhalten ermittelt werden. Neben der Darstellung der endgültigen Simulationsergebnisse können an dieser Stelle auch die Zwischenergebnisse des Reorganisationsmodells vorgestellt werden, die für die Einteilung der Aktivitäten und Wege in verschiedene Gruppen erforderlich sind.

Wegetyp	Anzahl	Anteil
Wege in einem Basis-Segment	2127	23 %
Wege in einem α -Segment	5911	65 %
Wege in einem β -Segment	1026	11 %
Gesamtanzahl der Wege	9064	100 %

Tabelle 6-6: Wege- und Segmentanzahl

Tabelle 6-6 zeigt die Einteilung aller untersuchten Wege in die einzelnen Segmenttypen. Knapp ein Viertel aller Wege sind direkte Wege zwischen zwei Aktivitätspolen ohne eine zusätzliche Nebenaktivität. Dies bekräftigt die besondere Berücksichtigung der Aktivitätspole.

In Tabelle 6-7 sind die Ergebnisse der Einteilung der Wege vor der Simulation der Zielwahl eingetragen.

Wegetyp	Anzahl	Anteil
Wege zur Wohnung	3664	40,4%
Wege zu Arbeits- /Ausbildungsplatz	1141	12,6%
Wege im Außerortsverkehr	818	9,0%
nachgeordnete Wege	467	5,2%
wiederholte Nebenaktivität	624	6,9%
Wege als identifizierter Mitfahrer	218	2,4%
zu simulierende Nebenaktivitäten	2273	25,1%

Tabelle 6-7: Einteilung der Wege für die Zielwahlsimulation im Ohne-Fall

Von den insgesamt im Simulationsumfang enthaltenen Wegen ist nur bei 25% die Durchführung einer Zielwahl mit dem Gelegenheitsmodell erforderlich; die Ziele der anderen Wege sind entweder durch die im Vorfeld bestimmten Aktivitätspole, durch die Zusammenfassung zu Aktivitätsballungen (nachgeordnete Aktivität), durch identifizierte Wiederholung einer Aktivität oder durch die Verbindung mehrerer Personen im Haushalt (Mitfahrer-Betrachtung) vorgegeben.

Von den insgesamt 1041 Wegen bei denen das Verkehrsmittel „Pkw als Mitfahrer“ angegeben wurde, konnte bei 504 Wegen (48%) ein Fahrer im Haushalt identifiziert werden (gemeinsame Aktivität). Bei den übrigen 52% der Wege handelt es sich bei dem Fahrer um eine Person außerhalb des Haushaltes (Freunde / Verwandte).

Nutzung der Pkw	Anzahl	Anteil
Alleinfahrer	3081	86 %
ein Mitfahrer	463	13 %
zwei Mitfahrer	20	1 %
drei Mitfahrer	1	0 %

Tabelle 6-8: Anzahl der Insassen aus dem Haushalt

Aus der Analyse der gemeinsamen Aktivitäten lässt sich die Zahl der Insassen pro Pkw-Fahrt ermitteln. Dabei sind jedoch nur die Insassen berücksichtigt, die aus dem gleichen Haushalt stammen und ein Wegetagebuch ausgefüllt haben. Bei 14% aller Pkw-Wege konnten Mitfahrer identifiziert werden (Tabelle 6-8).

Vor der Simulation der Zielwahländerung steht die Einteilung der Wege in disponibile und indisponibile Wege. Lediglich bei den disponiblen Wegen ist eine Zielwahländerung aufgrund der Maßnahmewirkung möglich. Die Möglichkeit der Zielwahländerung ist von dem Angebot an Gelegenheiten im Untersuchungsgebiet abhängig. Bei der Abbildung der Planungen in Tübingen ergeben sich die in Tabelle 6-9 dargestellten Ergebnisse.

	Anzahl	Anteil
indisponibler Weg	7976	88 %
disponibler Weg	1088	12 %

Tabelle 6-9: Einteilung in disponibile und indisponibile Wege

Bei lediglich 12% der Wege ist eine Veränderung der Zielwahl aufgrund der Maßnahmewirkung möglich. Die restlichen Wege sind wegen der durchgeführten Aktivitäten oder der Anordnung der Wege nicht von der Maßnahme betroffen. Die Simulation der Zielwahländerung mit Hilfe des Gelegenheitsmodells ergibt, dass von den betrachteten 1088 Wegen 645 Wege (59,2%) aufgrund der untersuchten Maßnahme verlagert werden.

	Anzahl	Anteil
keine Änderung der Zielwahl	8419	93 %
Änderung in der Zielwahl	645	7 %

Tabelle 6-10: Ergebnis der Simulation der Zielwahländerung

Als erstes Ergebnis der Simulation ist festzuhalten, dass bei ca. 7% aller Wege aufgrund der Maßnahmewirkung eine Zielwahländerung in der Simulation zu erwarten ist (Tabelle 6-10). Dabei reduziert sich die Verkehrsleistung des Kollektivs um 4% oder insgesamt ca. 3.000 Kilometer. Abbildung 6-18 zeigt den Vergleich der Weglängenverteilungen im Ohne-Fall und im maßnahmenbeeinflussten Mit-Fall.

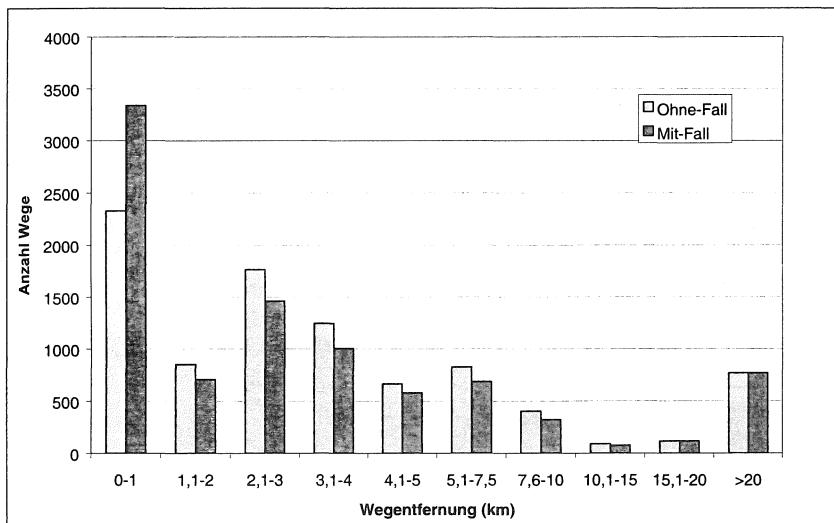


Abbildung 6-18: Vergleich der Weglängen im Ohne-Fall und im Mit-Fall [eigene Darstellung; Daten: erweiterter Tübingen-Datensatz; 9064 Wege]

Zu erkennen ist der deutliche Zuwachs der Aktivitäten im Umfeld der Wohnung aufgrund der Nutzungsmischung.

Das Vorgehen zur Beschreibung der Änderungen in der Verkehrsmittelwahl liefert die in Tabelle 6-11 dargestellte Einteilung der Wege.

	Anzahl	Anteil
keine Änderung der Verkehrsmittelwahl möglich	6368	70 %
Änderung der Verkehrsmittelwahl möglich	2696	30 %

Tabelle 6-11: Einteilung der Wege hinsichtlich einer möglichen Verkehrsmittelwahländerung

Bei 70% aller Wege ist aufgrund der Rahmenbedingungen keine Verkehrsmittelwahländerung zu erwarten. Unter diesen Wegen sind jedoch auch die Wege, bei denen durch die Änderung der Zielwahl bereits eine Änderung der Verkehrsmittelwahl vorgenommen wurde (7 Prozent). Die durch den erhöhten Zugangswiderstand resultierende Änderung der Verkehrsmittelwahl ergibt sich für die spezifische Stichprobe aus der folgenden Tabelle.

Verkehrsmittel	Ohne – Fall		Mit - Fall	
	Anzahl Wege	Anteil	Anzahl Wege	Anteil
Fuß	2173	24 %	2751	30 %
Fahrrad	1410	15 %	1364	15 %
MIV	4690	52 %	4167	46 %
ÖV	781	9 %	772	9 %

Tabelle 6-12: Verkehrsmittelanteile in beiden Zuständen

Der Verkehrsmittelanteil des MIV reduziert sich durch die Maßnahmewirkungen und als Ergebnis der Ziel- und der Verkehrsmittelwahl um 6 Prozent-Punkte von 52% auf 46%.

Die Simulation auf Wegeebene als Form der intrapersonellen Analyse ermöglicht die Auswertung der Ergebnisse in einer Übergangsmatrix.

Verkehrsmittel (ohne)	Verkehrsmittel (mit)				
	Fuß	Rad	MIV	ÖV	Summe
- Fuß	2173	0	0	0	2173
- Rad	78	1332	0	0	1410
- MIV	446	32	4167	45	4690
- ÖV	54	0	0	727	781
Summe	2751	1364	4167	772	9054

Tabelle 6-13: Übergangsmatrix der Verkehrsmittel

Zu erkennen ist die Überlagerung der Wirkungen der Nutzungsmischung (Erhöhung des Zu-Fuß-Anteils) und der Erhöhung des Zugangs zum MIV (Verringerung des MIV-Anteils).

Die hier dargestellten Ergebnisse ergeben sich bei der Durchführung der Simulation mit spezifischen Parametern, die an die konkreten Projektplanungen in Tübingen angelehnt sind. Neben diesen Einstellungen sind verschiedene Kombinations- und Variationsmöglichkeiten denkbar, mit denen Ausgestaltungsformen eines autoarmen Wohngebietes simuliert werden können.

6.7 Variation der Eingangsparameter

Für die Analyse der Ausgestaltungsmöglichkeiten wurden verschiedene Einstellungsparameter ausgewählt. Zur Ergebnisbeurteilung wurden Variationen bezüglich des erhöhten Zugangs zum privaten Pkw im Untersuchungsgebiet und des Widerstands für die Durchführung von Aktivitäten im Untersuchungsgebiet durchgeführt. Zudem wurde die Zusammensetzung der Gelegenheiten im Untersuchungsgebiet als Ergebnis der Nutzungsmischung analysiert.

Dabei muss jedoch beachtet werden, dass eine Simulation von Rahmenbedingungen nur für Situationen möglich ist, die grundsätzlich durch die Empirie repräsentiert werden.

Simulationen von unrealistischen Rahmenbedingungen (z.B. Zugang zum MIV von mehreren Stunden) liefern keine validen Ergebnisse.

Zudem müssen Wechselwirkungen zwischen den Maßnahmenkonzeptionen und der untersuchten Stichprobe berücksichtigt werden. Die Zusammensetzung der Bevölkerung ergibt sich aus der Gestaltung des Untersuchungsgebietes. Bei anderen Rahmenbedingungen ist von einer anderen Zusammensetzung der Bevölkerung auszugehen. Da es aufgrund der fehlenden Umsetzung autofreier und anderer autoarmer Gebiete noch keine Anhaltswerte über das Käuferverhalten in Abhängigkeit der Projektkonzeption gibt, sind Rückschlüsse auf die Veränderung der soziodemografischen Zusammensetzung des Käuferklientels nicht möglich. Dafür sind die Auswirkungen der Maßnahme auf die einzelnen Haushaltsgruppen darstellbar. Somit lässt sich erkennen, welche Maßnahmenteile Auswirkungen auf die einzelnen im Gebiet anzurendenden Haushaltstypen haben.

In Abbildung 6-19 sind die Auswirkungen unterschiedlicher Zugangswiderstände zu Aktivitäten innerhalb des Gebietes dargestellt.

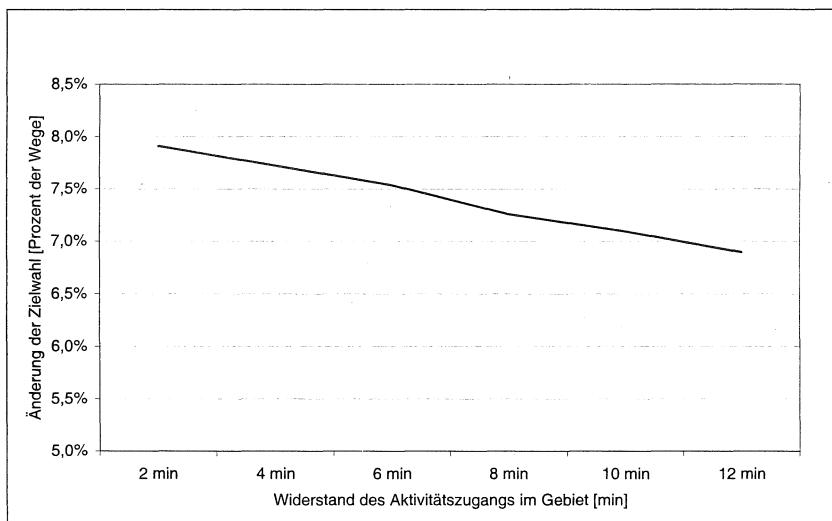


Abbildung 6-19: Auswirkungen des Zugangs zu Aktivitäten im Gebiet auf die Zielwahl [eigene Berechnung]

Der hier untersuchte Widerstand im Gebiet entsteht aus der baulichen Dichte sowie der Größe des Gebiets. Je größer das autoarme Quartier ist, um so größer wird der Widerstand, der zum Erreichen der einzelnen Gelegenheit entsteht. Es ist plausibel, dass die Attraktivität des Wohngebietes mit zunehmenden Widerstand im Zugang zu den Aktivitätsorten abnimmt. Bei nahezu direktem Zugang zu den Aktivitätsorten (2 Minuten) ist aufgrund der

Reisezeitvorteile eine Änderung bei 8 Prozent aller Wege zu erwarten. Dieser Wert sinkt auf unter 7 Prozent bei einem erhöhten Zugang innerhalb des Gebietes. Die relativ geringe Abnahme der Zielwahländerungen ist auf die hohe Zahl der indisponiblen Wege zurückzuführen (vgl. Kapitel 6.6).

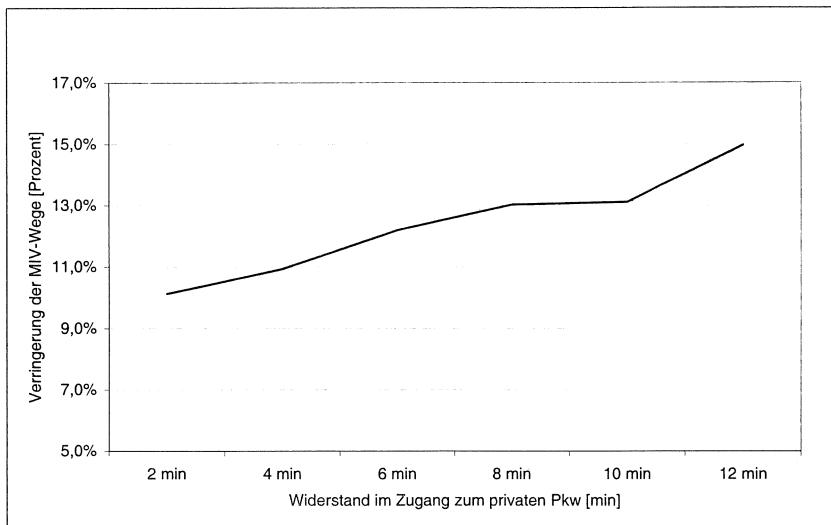


Abbildung 6-20: Verringerung des MIV-Anteils aufgrund des erhöhten Zugangswiderstands [eigene Berechnung]

Abbildung 6-20 zeigt die Reduktion des MIV aufgrund des erhöhten Zugangswiderstandes zum privaten Pkw durch die Verlagerung der Stellplätze an den Rand des Gebietes. Die Verringerung der Anzahl der MIV-Wege steigt dabei proportional zu dem Zugangswiderstand. Bei Umsetzung der Maßnahme (Nutzungsmischung usw.) und einem um 2 Minuten erhöhten Widerstand zum Pkw verringert sich die Zahl der MIV-Wege um 10 Prozent. Beträgt die Zugangszeit über 10 Minuten, verringert sich der MIV-Anteil um 15 Prozent.

Dieser Effekt der Maßnahme wirkt entgegengesetzt zu der Attraktivität des Gebietes; je höher der Widerstand im Zugang zum Pkw ist, um so kleiner ist der Personenkreis, der sich für dieses Wohngebiet interessiert. Das Extrem dieser Entwicklung ist ein autofreies Gebiet, bei dem sich der relevante Personenkreis auf autolose Haushalte beschränkt. Die Zugangszeit ist dabei von der baulichen Gestaltung und der Anordnung der Parkierungsanlagen abhängig. Ist das Gebiet groß und die Parkierungsanlagen sind am Rand angeordnet, entstehen große Zugangszeiten.

Die Variation der Nutzungsmischung ist in den Auswirkungen auf die disponiblen Wege beschränkt, so dass keine großen Wirkungsschwankungen auftreten. Eine deutliche

Erhöhung des Angebots an Einkaufsgelegenheiten bewirkt eine Erhöhung des Anteils der verlagerten Aktivitäten von 7 Prozent auf 11 Prozent. Das Problem dieser Untersuchungen ist jedoch, dass die Nutzungsmischung im Einklang mit der städtebaulichen Gestaltung stehen muss, d.h. ein zu großes Angebot an Einkaufsgelegenheiten bewirkt eine Erhöhung der Anziehungskraft des Gebietes. Je höher jedoch die Anziehungskraft des Gebietes ist, um so mehr sind die Unternehmen auf einströmenden Verkehr angewiesen, der von den autoarmen Anwohnern vermieden werden wollte. Dieses Gleichgewicht von Angebot und Nachfrage muss bei den Planungen berücksichtigt werden, zumal die Planung für die Einrichtung von Gelegenheiten zwar die Vorgaben schaffen kann, die Ansiedlung von Unternehmen jedoch durch das marktwirtschaftliche Interesse von Unternehmern umgesetzt wird. Aus Sicht der Verkehrsplanung kann festgehalten werden, dass durch die Nutzungsmischung die Möglichkeit zur Verkehrsverhaltensänderung gegeben ist. Vorgaben für eine „optimale“ Nutzungsmischung kann es jedoch aufgrund dieser Analyse nicht geben, da die städtebaulichen Einflüsse überwiegen.

Eine weitere Analysemöglichkeit ist die Betrachtung der einzelnen homogenen Haushaltstypen, um zu erkennen, bei welchen Haushalten sich unterschiedliche Verhaltensänderungen zeigen.

Die Gruppen 1 und 3 wurden als autoarme Haushalte bezeichnet, da sie einen geringen MIV-Anteil im Haushalt aufweisen. Unterschieden werden die Gruppen hinsichtlich der Haushaltsgröße. Während in der Gruppe 1 Singles und Paare zusammengefasst sind, besteht die Gruppe 3 aus Haushalten mit mehr als zwei Personen, in der Regel also Familien mit Kindern. Die Gruppe 2 repräsentiert die Haushalte, die im Ohne-Fall eine verstärkte Nutzung des Pkw zeigen.

In Abbildung 6-21 sind die Modal Split-Verhältnisse der einzelnen Haushaltsguppen sowohl im Ohne-Fall als auch im Mit-Fall grafisch dargestellt. Die größten Reduktionen aufgrund der Maßnahmewirkung sind bei der Gruppe der MIV-lastigen Haushalte festzustellen. Dies beruht auf der größeren Anzahl der MIV-Wege im Ausgangszustand und der dadurch größeren Anzahl an Wegen, die im Sinne der hier angesetzten Bedingungen eher verlagert werden können, als bei den anderen Haushaltstypen. Die geringere Reduktion bei den autoarmen Haushaltstypen zeigt, dass diese Personen den Pkw einsetzen, wenn der Einsatz erforderlich ist, weil die anderen Verkehrsmittel große Nachteile haben.

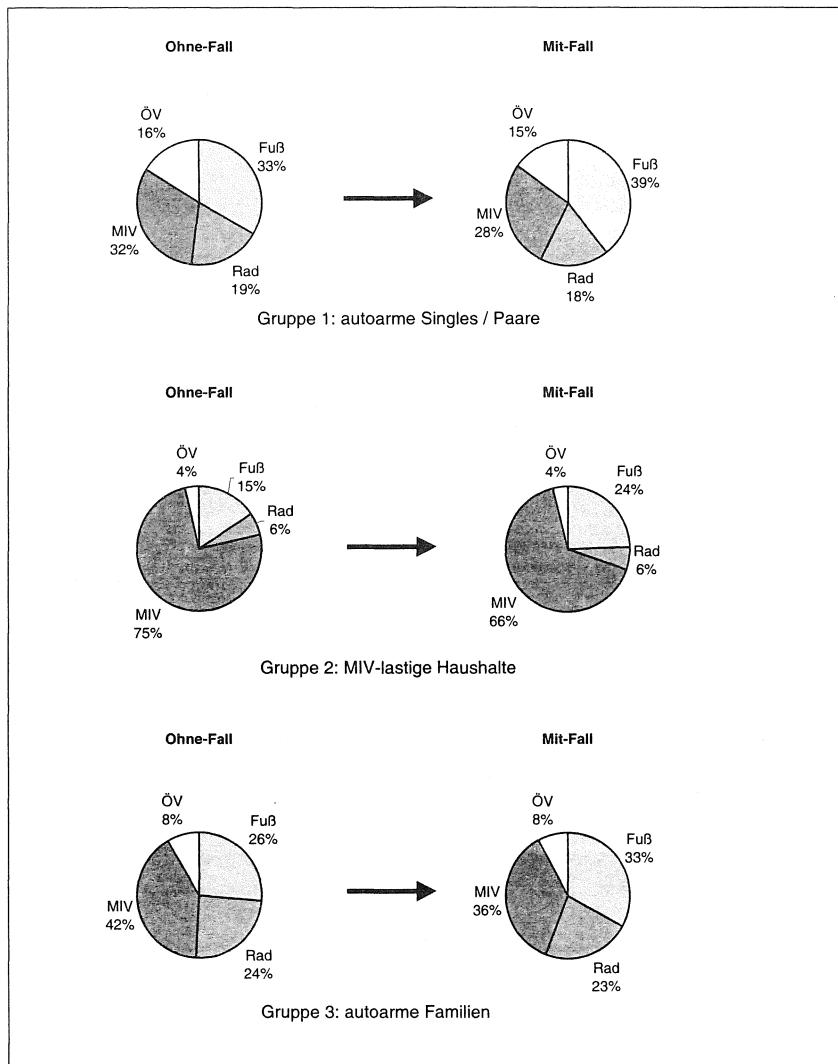


Abbildung 6-21: Änderung im Modal Split der einzelnen Haushaltstypen

Die Betrachtung der möglichen Pkw-Abschaffung aufgrund der Projektplanungen (in Verbindung mit einer CarSharing-Teilnahme (Abbildung 6-22)) zeigt die hohe Bindung von Familien an einen privaten Pkw. In der Kategorie der autoarmen Familien findet sich der geringste Anteil der Pkw-Abschaffer.

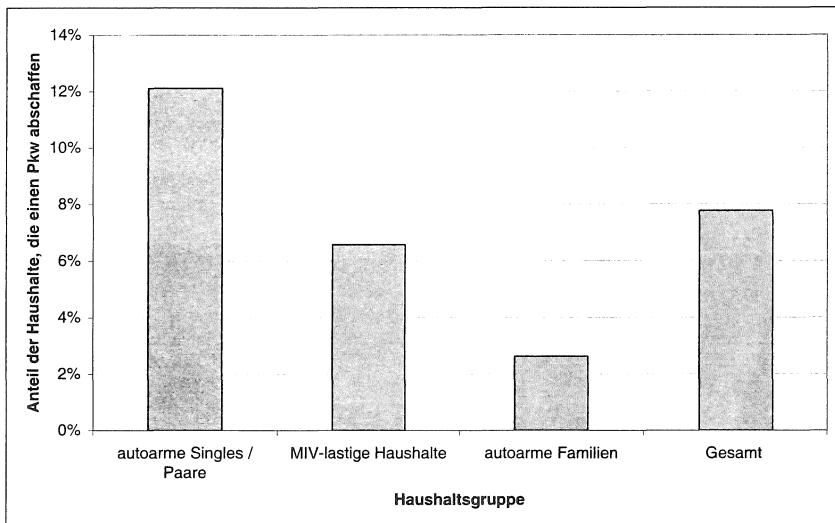


Abbildung 6-22: Pkw-abschaffende Haushalte nach Haushaltsgruppe

Den größten Anteil der möglichen Pkw-Abschaffung findet sich bei der Gruppe der autoarmen Singles und Paare, die zwar häufig einen Pkw besitzen, diesen jedoch nur wenig nutzen. MIV-lastige Haushalte sind häufig an den Pkw gebunden, so dass die Rate der Abschaffer geringer als bei autoarmen Singles und Paaren ausfällt.

6.8 Beurteilung der Simulationsergebnisse

Die vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass aufgrund der großen Anzahl an festen Aktivitäten und Verhaltensmustern nur bei einer geringen Anzahl an Wegen eine Verkehrsverhaltensänderung möglich ist. Extreme Verhaltensänderungen, wie dies teilweise in der Öffentlichkeit propagiert wird, sind nicht zu erwarten. Vielmehr bietet der hier nicht explizit betrachtete Umzug die Möglichkeit, habitualisiertes Verhalten durch neue Rahmenbedingungen zu lockern. Während bei konstanten Rahmenbedingungen Maßnahmen wegen des teilweise über Jahre hinaus eingespielten Verhaltens trotz objektiver Situationsänderung nur geringe Erfolgsaussichten haben, bietet sich die Möglichkeit, bei einem Umzug unter neuen Rahmenbedingungen bei der erforderlichen Neuorientierung eine Verhaltensänderung zu bewirken. Die Simulationsergebnisse haben ergeben, dass bei einer Konfrontation mit autoarmen Bedingungen durch Nutzungsmischung und des erschweren Zugangs zum MIV mit einer Reduktion der Pkw-Fahrten um insgesamt 6 Prozentpunkte zu rechnen ist. Da die Bevölkerungszusammensetzung durch die Maßnahmenstruktur beeinflusst ist, konnte im Vorfeld von einer Reduktion in dieser Größenordnung ausgegangen werden. Die größten Änderungen ergeben sich dabei bei den Haushalten, die im Vorfeld auf einen Pkw fixiert waren, also nicht als Zielgruppe für autoarmes Wohnen

angesehen werden können. Eine qualitative Untersuchung der langfristigen Entwicklung muss zeigen, inwieweit diese Bevölkerungszusammensetzung auch in Zukunft Bestand hat und wie sich darauf aufbauend das Verkehrsverhalten entwickeln wird.

7 Gesamtbeurteilung verkehrsreduzierender Siedlungskonzepte

Mit Hilfe des entwickelten Simulationsmodells ist es möglich, das Verkehrsverhalten von Bewohnern eines autoarmen Quartiers unter geänderter Wohnumfeldsituation zu ermitteln und so die eingangs gestellte und in der Fachwelt diskutierte Frage nach der Quantität der Änderungen zu beantworten. Für die Beurteilung des Maßnahmenbündels zur Gestaltung städtebaulicher Konzepte sind jedoch in erster Linie Fragstellungen der städtebaulichen Umsetzbarkeit, der Marktchancen, der Bevölkerungsentwicklung und der Finanzierung von besonderer Relevanz. Sollen Verkehrsverhaltensänderungen der Bevölkerung in die Beurteilung bzw. Bewertung der Konzeption einbezogen werden, sind langfristige Entwicklungen von Mobilitätsverhalten unter verschiedenen Rahmenbedingungen von Bedeutung.

Obwohl diese Fragen mit mikroskopischen Verkehrsverhaltensmodellen nicht zu beantworten sind, sollen aufbauend auf den Erkenntnissen der detaillierten Simulation auf der Wegeebene mögliche Entwicklungstendenzen abgeleitet werden.

7.1 Vergleich zwischen autoarmen und autofreien Planungen

In diesem Kapitel sollen neben autoarmen Planungen, wie sie in Tübingen umgesetzt werden, auch autofreie Gebiete analysiert werden, die zur Zeit in vielen Städten Deutschlands geplant werden (vgl. Kapitel 2).

Die Ergebnisse der Simulation beschreiben die Verkehrsverhaltensänderungen durch ein autoarmes Wohnumfeld. Die Veränderungen in der Verkehrsmittelwahl aufgrund autofreier Planungen können wie folgt beschrieben werden: Aufgrund der Voraussetzungen des autolosen Lebens (in den meisten Fällen durch eine vertragliche Verpflichtung geregelt) kann von Bewohnern autofreier Gebiete nur sehr geringe Reduktion des motorisierten Individualverkehrs erwartet werden, da die Haushalte vorher meist auch ohne Auto leben. Die Reduktion des MIV aufgrund autofreier Gebiete kann dann eintreten, wenn Pkw-nutzende Haushalte sich für eine Wohnung in einem autofreien Gebiet interessieren und als Folge dessen auf die Nutzung eines Pkw verzichten. Diese Konstellation kann als Ausnahme bezeichnet werden. Ebenso wie bei autoarmen Gebieten ist auch bei autofreien Gebieten nicht das primäre Planungsziel Verkehrsverhaltensänderungen herbeizuführen. Vielmehr soll durch konkrete Planungen autolosen Haushalten die Möglichkeit gegeben werden, von ihrer Autolosigkeit profitieren zu können.

Der Unterschied in dem Grad der MIV-Verdrängung (autofrei: kein Pkw-Besitz bzw. dauerhafte Pkw-Nutzung möglich, autoarm: Pkw-Besitz uneingeschränkt möglich) führt zu Unterschieden bezüglich des Marktpotenzials der unterschiedlichen Maßnahmenkonzepte. Das Potenzial für autofreies Wohnen ist aufgrund der geforderten Autolosigkeit auf

Haushalte begrenzt, die keinen Pkw besitzen oder bereit sind auf einen Pkw zu verzichten. Die in der Literatur häufig erwähnte Zahl von ca. 30% autoloser Haushalte in Deutschland kann nur begrenzt als Käuferklientel herangezogen werden, da diese Haushalte in erster Linie junge Haushalte (Studenten) oder alte Haushalte (Rentner) sind, die entweder „noch nicht“ oder „nicht mehr“ Pkw-Besitzer sind (vgl. Kapitel 2). Zudem verringert sich der Wiederverkaufswert mit zunehmenden restriktiven Maßnahmen gegenüber dem MIV, so dass es selbst bei temporär autlosem Leben ein hohes finanzielles Risiko darstellt, wenn die Wohnung aufgrund einer Änderung in der Lebenssituation verkauft werden muss. Zudem ist die Errichtung eines autofreien Gebietes für die Gemeinde ein Risiko, wenn durch eine Veränderung der soziodemografischen Zusammensetzung der Bevölkerung die autolosen Wohnumfeldbedingungen abgelehnt werden. Aus diesem Grund werden in den meisten autofreien Planungen (z.B. Freiburg – Rieselfeld) Vorhalteflächen für eine spätere Einrichtung von Parkierungsanlagen schon zu Projektbeginn einkalkuliert.

Durch das Konzept der autoarmen Planungen in Tübingen ist es möglich, bei der Errichtung der Parkierungsanlagen die Erfahrungen der ersten Bauabschnitte zu berücksichtigen und die Zahl der zu errichtenden Stellplätze entsprechend anzupassen. Wegen der geringeren Restriktionen sind die Marktpotenziale wesentlich größer, wie die aktuellen Nachfragezahlen in Tübingen belegen. Dabei ist das Bevölkerungsklientel wesentlich heterogener, als dies bei autofreien Gebieten der Fall ist (vgl. Personengruppen in Kapitel 6).

Aufbauend auf den Simulationserkenntnissen, dem Studium der Literatur, der Auswertung der Haushaltsbefragung in Tübingen und der Marktanalysen für autofreie Projekte (vgl. Kapitel 2), sowie den Erfahrungen, die in den letzten Jahren bei der Beobachtung der relevanten Projekte gemachten werden konnten, sollen im Folgenden mögliche Szenarien entwickelt und deren Auswirkungen auf die autofreien und autoarmen Planungen abgeschätzt werden.

Bei der Entwicklung von Szenarien muss zwischen den endogenen und exogenen Entwicklungen unterschieden werden. Endogene Entwicklungen betreffen das Verhalten der Personen in dem jeweiligen Gebiet, exogene Entwicklungen beschreiben allgemeine gesellschaftliche Tendenzen die von außen auf das Gebiet und seine Bewohner einwirken. Es werden jeweils drei unterschiedliche Szenarien entwickelt, die in verschiedenen Kombinationen hinsichtlich verschiedener Zeitpunkte (kurzfristig – 5-10 Jahre, langfristig – 30-50 Jahre) analysiert werden.

7.2 Szenarienanalyse

Die allgemeinen gesellschaftlichen Entwicklungen können durch folgende drei Zukunftsszenarien beschrieben werden:

- a) Trendszenario
- b) Ökologisches Szenario (Alternativszenario I)
- c) Antiökologisches Szenario (Alternativszenario II)

Im Trendszenario (0-Fall) verbleibt die gesellschaftliche Struktur auf dem aktuellen Stand, d.h. der Anteil der autolosen Haushalte bleibt konstant, bzw. nimmt durch hohe Motorisierung im Alter und in der Jugend leicht ab. Die geringe Zahl der freiwillig autolosen Haushalte bleibt auf dem gleichen Niveau des Jahres 2000. Das Potenzial für autoarmer Wohnen bleibt auf einem konstanten Niveau und setzt sich aus den freiwillig autolosen Haushalten und den Haushalten zusammen, die einen multimodalen und autoarmen Lebensstil pflegen. Diese Haushalte machen ca. 5 – 10 Prozent der Gesamtbevölkerung aus.

Im Ökologischen Szenario nimmt der Anteil dieser autoarmen Haushalte stark zu. Aufgrund von Umweltverschmutzung und Ölkrisen werden die negativen Auswirkungen des MIV von einer Großzahl der Bevölkerung nicht mehr akzeptiert. Dabei ist eine ökologische Grundeinstellung kein besonderes Merkmal mehr, sondern in weiten Teilen der Bevölkerung normaler Bestandteil eines verantwortungsvollen Lebens. Der Anteil der freiwillig autofreien Haushalte wächst auch bei den sonst eher autobesitzenden Haushaltstypen der Familien mit Kindern, die für den Erwerb von Wohneigentum in Frage kommen. Die flächendeckende Versorgung mit CarSharing, die Einrichtung von Mobilitätsdienstleistungen und die nachhaltige Förderung ökologischer Verkehrsmittel ermöglichen ein Anwachsen der Gruppe des autoarmen Lebensstils auf 15 - 20 Prozent.

Das dritte Szenario (Antiökologisches Szenario) beinhaltet die umgekehrte Entwicklung, in der die autoarmen Lebensstile, die bewusst auf eine Nutzung des MIV verzichten, an Bedeutung verlieren und für die Planungen keine Relevanz mehr haben. Durch wirtschaftliche Rezession sind ökologische Aspekte im Blickfeld der Öffentlichkeit weiter in den Hintergrund getreten. Aufgrund von Forderungen nach wirtschaftlichem Betrieb öffentlicher Verkehrsmittel ist das Angebot auf wenige stark frequentierte Hauptstrecken beschränkt, so dass das Versorgungsangebot nicht mehr flächendeckend ist und daher ein autoloses Leben die Mobilitätsbedürfnisse stark behindert. Die Zahl der autolosen Familien ist zurückgegangen, die Motorisierung und die Verkehrsleistung weiter stark angestiegen. Weniger als 5 Prozent der Bevölkerung können als autoarm bezeichnet werden.

Beeinflusst von diesen möglichen exogenen Prozessen können sich innerhalb eines autoarmen Gebiets Entwicklungen ergeben, die Lebensumstände innerhalb des Gebiets beeinflussen. Dies betrifft besonders das Verhältnis zwischen den Befürwortern der Planungen und den Haushalten, die zwar eine Wohnung in dem Gebiet erworben haben, die Ursachen dafür aber in den allgemeinen Rahmenbedingungen liegen (Preis, Angebot, Lage usw.). Mögliche Szenarien für diese endogenen Entwicklungen sind:

- A) Gleichgewichtssituation
- B) Übergewicht der Befürworter
- C) Übergewicht der Ablehner

Während bei einer Situation im Gleichgewicht die Bedingungen der Anfangssituation in etwa konstant bleiben, haben die Szenarien des Übergewichts einer Gruppe Auswirkungen auf die Weiterentwicklung, die bereits im Planungsstadium eines autoarmen Gebietes berücksichtigt werden müssen.

Die exogenen Entwicklungen stellen die Rahmenbedingungen dar, die vor allen Dingen für die Neukonzeptionierung bzw. Erweiterung bestehender Quartiere, die Zusammensetzung der hinzuziehenden Haushalte in das Gebiet und den Marktwert der Wohneinheiten eine Rolle spielen. Die endogenen Entwicklungen, die besonders bei autoarmen Gebieten aufgrund der heterogenen Bevölkerungszusammensetzung von Bedeutung sind, haben einen Einfluss auf das tägliche Leben und die innere Entwicklung der Nachbarschaften.

Bei der Betrachtung der Kombination der verschiedenen Szenarien scheiden einige Kombinationen aufgrund der Wechselwirkungen zwischen den Betrachtungsebenen aus, andere sind von größerer Relevanz. In Tabelle 7-1 sind die Kombinationsmöglichkeiten dargestellt.

		endogenes Szenario		
		A Gleichgew.	B Befürw.	C Ablehner
exogenes Szenario	a Trend	xx	xx	xx
	b ökologisch	x	xx	-
	c antiökolog.	x	-	xx

xx = mögliche Kombination
x = bedingt mögliche Kombination

Tabelle 7-1: Kombinationsmöglichkeiten der Szenarien

Die Kombinationen cA (Gleichgewicht im Gebiet trotz einer gesellschaftlichen Abkehr von ökologischen Idealen) und bA (Gleichgewicht im Gebiet trotz einer gesellschaftlichen Entwicklung zum ökologischen Umdenken) sind zwar prinzipiell möglich, aufgrund der Empfindlichkeit eines Gleichgewichts im Gebiet jedoch nicht zu erwarten. Vielmehr kann davon ausgegangen werden, dass bei einer entsprechenden gesellschaftlichen Entwicklung sich auch die Situation innerhalb des Gebiets anpassen wird. Demnach wird sich bei einer ökologischen Entwicklung der Gesellschaft auch innerhalb des Gebietes ein Übergewicht der Befürworter einstellen und bei einer gesellschaftlichen Abkehr auch ein Übergewicht der Ablehner ergeben. Aus diesem Grund beschränken sich die folgenden Ausführungen auf die fünf in Tabelle 7-1 mit „xx“ gekennzeichneten Kombinationsmöglichkeiten.

In Tabelle 7-2 sind die Ergebnisse der Szenarienbetrachtung zu zwei Zeitpunkten (kurzfristig – ca. 5 Jahre, langfristig – 30-50 Jahre) dargestellt.

Szenario	Verkehrsverhalten und Wohnsituation	planerische Reaktion
Aa	<p><i>kurzfristig:</i> Beibehaltung der konzipierten Lebensbedingungen, Nebeneinander der Nutzergruppen ohne großen Einfluss (keine Vorbildfunktion). Straßenraum nicht MIV-frei, aber gering belastet, Parkierungsanlagen gut ausgelastet.</p> <p><i>langfristig:</i> Der besondere Stellenwert des Gebietes reduziert sich, der Modellcharakter geht trotz konstanter Bedingungen verloren. Das Gebiet stellt eine attraktive Wohnalternative für viele Bevölkerungsschichten dar.</p>	<p><i>kurzfristig:</i> keine planerische Reaktion erforderlich, Förderung von Gewerbeansiedlung.</p> <p><i>langfristig:</i> Wahrung und Erneuerung des Zustandes, Kontrolle der Parkmoral.</p>
Ab	<p><i>kurzfristig:</i> durch Vorbildfunktion weitergehende MIV-Reduktion im Gebiet, eventuell wirtschaftliche Probleme für die Parkierungsanlagen, Modellstatus wird ausgebaut.</p> <p><i>langfristig:</i> Verdrängung der Ablehner, dadurch Potenzialprobleme. Entwicklungstendenzen zu einer weiteren Verdrängung des MIV, dadurch Probleme für die Nutzungsmischung, weitere Stellplatzreduktion.</p>	<p><i>kurzfristig:</i> Neureglung der Parkierungsordnung.</p> <p><i>langfristig:</i> zur Erhaltung des Gebietes Förderung der Bevölkerungsmischung.</p>
Ac	<p><i>kurzfristig:</i> Aufweichen der Parkdisziplin durch fehlende soziale Kontrolle, Frustrierung der autoarmen Bevölkerung, lebhafter MIV-Verkehr auf den Straßen.</p> <p><i>langfristig:</i> Entwicklungstendenzen zu einem „normalen“ nutzungsgemischten Gebiet mit MIV-Restriktionen, dadurch Marktrisiko in Abhängigkeit der Erweiterungsmöglichkeiten der Stellplätze.</p>	<p><i>kurzfristig:</i> Kontrolle der Parkierungsordnung, Aufklärungsarbeit.</p> <p><i>langfristig:</i> Erweiterung der Parkierungsanlagen, Öffnung des Straßenraums.</p>

Tabelle 7-2: Auswirkungen der Szenarien auf ein autoarmes Gebiet (Anfang)

Bb	<p><i>kurzfristig:</i> weitergehende Verdrängung des MIV, Überzeugung der Ablehner, Finanzierungsproblem der Parkierungsanlage.</p> <p><i>langfristig:</i> Weiterentwicklung der Restriktionen, keine Potenzialprobleme, hoher Marktwert. Problem der Überdimensionierung der Parkierungsanlagen, Verdrängung der Gewerbebetriebe. Pkw-loses Leben auf der Straße.</p>	<p><i>kurzfristig:</i> Anreize für Gewerbebetriebe.</p> <p><i>langfristig:</i> Umwidmung der Parkierungsanlagen, Erhalt und Erweiterung baulicher Restriktionen.</p>
Cc	<p><i>kurzfristig:</i> Unterlaufen der Parkdisziplin, Meidung der Parkierungsanlagen, Frustration der autoarmen Haushalte.</p> <p><i>langfristig:</i> Verdrängung des autoarmen Charakters, Entwicklung zu einem innerstädtischen Mischgebiet ohne Modellcharakter. Wenn keine Möglichkeit zur Nachrüstung von Stellplätzen -> geringes Bevölkerungspotenzial.</p>	<p><i>kurzfristig:</i> Kontrolle der Parkdisziplin, größere Dimensionen neuer Parkierungsanlagen.</p> <p><i>langfristig:</i> Öffnung der Beschränkung, Nachrüstung mit Stellplätzen in Wohnungsnahe.</p>

Tabelle 7-2: Auswirkungen der Szenarien auf ein autoarmes Gebiet (Fortsetzung)

Aus diesen Entwicklungsbetrachtungen ist zu erkennen, dass die Risiken für autoarme Strukturen in Abhängigkeit von der Bevölkerungsentwicklung hoch sind. Bei der Planung eines solchen Gebietes sollten daher die möglichen Entwicklungen berücksichtigt werden. Besonders problematisch ist der Konflikt zwischen den autoarmen Planungen und den dazugehörigen Parkierungsanlagen. Wenn, wie in Tübingen geschehen, mechanische Parkierungsanlagen erstellt werden, dann ist für die Deckung der Betriebskosten ein Mindestumsatz erforderlich. Wenn die autoarmen Planungen zu einem Erfolg führen, d.h. möglichst viele Anwohner ihren Pkw verkaufen und die Kunden und Besucher nicht mit dem Pkw in das Gebiet kommen, entsteht ein wirtschaftliches Defizit, das im Endeffekt auf die Bewohner zurückfällt. Für eine langfristige Konstanz des Modellcharakters ist der MIV unverzichtbar. Das Gleiche gilt zudem für die Nutzungsmischung, die in der Form von betrieblicher Mobilität den Wünschen der autoarmen Bevölkerung entgegensteht. Andererseits müssen im Hinblick auf die Stellplatzfrage Konzepte zur Erweiterung des Stellplatzangebotes (auch und im Besonderen in Wohnungsnahe) vorgesehen werden, wenn die Zahl der autoarmen Personen durch gesellschaftlichen Wandel oder einen Generationenwechsel reduziert wird.

Bei der Betrachtung der möglichen Entwicklung autofreier Gebiete sind aufgrund der fehlenden Durchmischung der Bevölkerung nur exogene Entwicklungen zu berücksichtigen.

Bei autofreien Konzepten sind im Vergleich zu autoarmen Planungen die Risiken für einen Fehlschlag noch höher. Selbst wenn der Anteil der autolosen Haushalte in Deutschland konstant bleibt (Trendszenario) sind die Marktpotenziale begrenzt, zumal aufgrund von Änderungen im Lebenszyklus oder eines berufsbedingten Bedarfs an einem Pkw mit hohen Fluktuationen in einem autofreien Gebiet zu rechnen sind. Eine Aufrechterhaltung des Konzeptes ist nur möglich, wenn das Szenario b) (ökologisches Szenario) eintritt. Aus diesem Grund ist bei Planungen autofreier Gebiete die Vorhaltung von Reserveflächen für die nachträgliche Einrichtung von Stellplätzen unabdingbar. Selbst autolose Haushalte sollten diesen Aspekt aus Gründen des Widerverkaufswertes befürworten. Ein Nachteil dieser Vorhalteflächen ist jedoch, dass dadurch die Kosten für die Errichtung einer Wohnung in einem autofreien Gebiet ansteigen.

7.3 Rahmenbedingungen der Planungen

Für die Umsetzung konkreter Planungen sind die örtlichen Gegebenheiten von Bedeutung. Das Beispiel Bremen-Hollerland [LEMMEN, VIETS 1996] hat gezeigt, dass eine ungünstige Lage von autofreien / autoarmen Gebieten einen großen Nachteil darstellen kann. Ein Leben mit geringer Pkw-Nutzung ist nur dann möglich, wenn das Angebot an alternativen Verkehrsmöglichkeiten ausreichend ist. Diese Bedingungen sind in der Regel nur in der Innenstadtnähe gegeben, da dort einerseits der öffentliche Verkehr von besserer Qualität ist und andererseits die Gelegenheiten näher liegen, also auch zu Fuß oder mit dem Fahrrad aufgesucht werden können. Zudem widerspricht es der gesetzlichen Forderung des haushälterischen Umgangs mit Grund und Boden, wenn verkehrsreduzierende Siedlungskonzepte auf der „grünen Wiese“ umgesetzt werden. Aus diesem Grund bieten sich Industriebrachen und ehemals militärische Areale in Innenstadtnähe an. Dabei entsteht jedoch der Konflikt, dass das Gebiet groß sein muss, um die Belästigung durch den städtischen Pkw-Verkehr abzuschirmen, gleichzeitig aber auch mit zunehmender Größe die Nutzungsmischung und die Umsetzungswahrscheinlichkeit reduziert wird. Dadurch wird die Auswahl der zur Verfügung stehenden Areale weiter eingegrenzt. Eine Umgestaltung im Bestand scheitert meistens am Widerstand der Anwohner, die nicht bereit sind umzuziehen oder sich den neuen Bedingungen anzupassen (vgl. Johannesplatz in Halle/Saale, REUTTER [2000]). Daher sind, zumindest bei der aktuellen Gesellschaftsstruktur, die möglichen Orte für verkehrsreduzierende Siedlungskonzepte begrenzt.

In Abhängigkeit der gesellschaftlichen Entwicklung stellt sich zudem die Frage nach der Anzahl der erforderlichen bzw. möglichen autoarmen / autofreien Gebiete. Der Versuch der Identifikation autoarmer Haushalte im deutschen Mobilitätspanel (Kapitel 6) zeigt, dass die Personen, die aufgrund der Planungsideologie von diesen Maßnahmen angesprochen werden, relativ selten sind. Dies deckt sich mit den Erfahrungen autofreier Planungen, dass die Zahl der Interessenten zwar häufig groß, die Zahl der Kaufwilligen jedoch eher klein ist. Der überwiegende Anteil dieser Wohneinheiten muss jedoch als Eigentumswohnungen erstellt werden, da bis heute kein Bauträger bereit ist, das hohe wirtschaftliche Risiko der Errichtung eines Mietobjektes zu tragen.

Um die Vorteile autofreien Wohnens mit autoarmen Stadtquartieren zu verbinden, bietet es sich an, eine kombinierte Lösung zu entwerfen. Dabei wird im Inneren des Gebietes ein autofreier Teillabschnitt errichtet, der von einem autoarmen Areal umgeben ist. Diese Planung hätte den Vorteil, dass die autofreien Haushalte durch das autoarme Gebiet von den Belästigungen des städtischen Verkehrs weitestgehend abgeschirmt wären. Zudem könnten die autolosen Haushalte von der Nutzungsmischung im autoarmen Gebiet profitieren.

Bei allen betrachteten Aspekten zeigt sich, dass autofreie Planungen aufgrund der Begrenztheit des Potenzials, der höheren Anforderungen an die Rahmenbedingungen und der Anfälligkeit gegenüber Störungen schwieriger umzusetzen sind als autoarme Planungen. Zudem sind die Definitionen des Begriffes „autoarm“ (vgl. Kapitel 2) so fließend, dass verschiedenste Ansätze mit mehr oder weniger strengen Restriktionen gegenüber dem privaten Pkw als autoarm bezeichnet werden können. Es bleibt abzuwarten, wie die Entwicklungsstufen des autoarmen Gebietes in Tübingen, sowie anderer autoarmer und autofreier Planungen verlaufen werden.

8 Einsatzmöglichkeiten des Simulationsmodells

In diesem abschließenden Kapitel sollen die Verwendungsmöglichkeiten des entwickelten Simulationsmodells im Ganzen und in Teilmustern dargestellt werden. Zunächst wird die konkrete Anwendung, die Beschreibung der kurzfristigen Verkehrsverhaltensänderungen autoarmer Planungen diskutiert. Anschließend soll das grundsätzliche Konzept der Reorganisation berichteten Verhaltens analysiert werden, bevor abschließend die abzuleitenden Verbesserungsmöglichkeiten gängiger Verkehrsverhaltensmodelle vorgestellt werden sollen.

8.1 Nutzung für die Beurteilung autoarmer Quartiere

Der Anlass zur Entwicklung des Simulationsmodells war die Beantwortung der Frage nach den direkten Auswirkungen autoarmer Planungen auf die Verkehrsverhältnisse. Diese Frage konnte mit den herkömmlichen Methoden (Befragung, Modellrechnung) nicht beantwortet werden. Das entwickelte Reorganisationsmodell ist in der Lage, für einen festen Zeitpunkt und ein vorliegendes Mobilitätsprogramm die Auswirkungen der Maßnahme auf Wegeebene zu quantifizieren. Damit ist eine Beantwortung der Fragestellung möglich.

Für die Gesamtbeurteilung der Maßnahme müssen jedoch weitere Modelle entwickelt werden. Die für die Beurteilung relevanten Faktoren (z.B. die langfristige Entwicklung der Bevölkerungsstruktur und des Verkehrsverhaltens, die Entwicklung der Nutzungsmischung usw.) sind mit Hilfe eines mikroskopischen Verkehrsverhaltensmodells nicht zu beantworten. Dennoch können die Simulationsergebnisse als Basis für weitere, weniger detaillierte, aber dafür zukunftsbezogene Modellansätze verwendet werden. Variationen der Eingangsgrößen sind aufgrund der vorgegebenen Stichprobe nur begrenzt möglich, da die Zusammensetzung der Bevölkerung von der Konzeption der Maßnahme abhängt. Ebenso sind bei einer Verallgemeinerung der Ergebnisse und einer Übertragung der Erkenntnisse auf andere Regionen die Grundlagen der Simulation zu berücksichtigen.

Demnach ist das Einsatzgebiet des Simulationsmodells nicht in der Beurteilung vielschichtiger städtebaulicher Fragestellungen, sondern in der Beantwortung der in der Fachwelt diskutierten Frage nach den direkten Mobilitätsänderungen zu sehen. Die Ergebnisse können, unter Berücksichtigung der speziellen Rahmenbedingungen, Aufschluss über das Ausmaß der Verkehrsverhaltensänderungen geben. Die Kenntnis der Änderungen auf Wegeebene ermöglicht eine Analyse der Wirkungen und der Einflüsse der Bevölkerungszusammensetzung (Betrachtung von Haushaltsgruppen).

8.2 Einsatzmöglichkeiten des Reorganisationsansatzes

Für die Beantwortung der Fragestellung musste ein spezieller Modellansatz zur Beschreibung der Maßnahmewirkung entwickelt werden, der unabhängig von Änderungen in

der Lebenssituation funktioniert. Die Reorganisation berichteten Verhaltens ermöglicht die Beurteilung einer Maßnahme unabhängig von externen Effekten und schätzt somit ausschließlich die vorgegebenen Maßnahmewirkungen.

Der Einsatz des Modells mit Längsschnitterhebungsdaten über eine Woche ermöglicht die Ausnutzung intrapersoneller Zusammenhänge und somit einen Verzicht auf den komplexen Modellabschnitt der Verkehrsentsstehung. Die Modellierung der Aktivitätsfolgen muss wegen der in der Realität äußerst komplexen Mobilitätsmuster immer eine Vereinfachung darstellen, so dass die Bearbeitung der tatsächlich realisierten Muster die Realitätsnähe des Ansatzes fördert. Das Gleiche gilt für die Modellbausteine der Ziel- und der Verkehrsmittelwahl, bei denen bedingt durch die Nähe zum berichteten Verhalten eine hohe Modellstabilität erforderlich und möglich ist.

Die vorliegende Arbeit stellt gleichzeitig einen Versuch dar, mit Hilfe von allgemeinen Daten (z.B. Daten des deutschen Mobilitätspanels) spezifische Maßnahmen zu beurteilen. Durch die Ziehung eines „Sub-Panels“, einer Panelunterstichprobe, die Haushalte mit geforderter Soziodemografie und passendem Verkehrsverhalten enthält, können bestehende Datenbestände ausgenutzt werden. Zur Beschreibung der Stichprobe in einem Untersuchungsgebiet sind daher keine Längsschnitterhebungen zwingend erforderlich. Als praktikables Vorgehen ist denkbar, dass mit Hilfe einer Befragung unter relevanten Personen oder Haushalten die zu untersuchende Soziodemografie und die Verhaltensparameter festgelegt werden, die eigentliche Simulation anschließend auf sekundären Daten aufbaut. Um die Daten aus dem Mobilitätspanel nutzen zu können, wurde das Modell so konzipiert, dass es auch mit rudimentären Dateninput lauffähig ist.

Soll keine Datenerweiterung durch Panel-Daten vorgenommen werden, empfiehlt es sich bei der Erhebung des Verhaltens im Ohne-Fall im Hinblick auf eine Simulation die erfasste Datenmenge zu erweitern. Sinnvoll wäre z.B. eine genaue Erfassung der Aktivitätsorte und eine feinere Unterteilung der Aktivitäten in Aktivitätsuntergruppen. Diese Aspekte mussten in der vorliegenden Simulation durch eigenständige Modellschritte ermittelt werden. Vor allen Dingen eine Geo-Codierung der Aktivitätsorte ermöglicht für die Zielwahl deutliche Vereinfachungen des Simulationsablaufes.

Der Einsatz des Reorganisationsansatzes wird erforderlich, wenn die externen Effekte eine differenzierte Maßnahmenbeurteilung mit anderen Methoden nur sehr schwierig oder gar nicht ermöglichen, obwohl dieses Modell die Gefahr birgt, dass durch die Ausblendung der externen Faktoren durch eine konstante Betrachtung auf der Zeitachse³ ein Artefakt konstruiert wird, welches sich in der Realität nicht einstellen wird. Dabei stellt dieser Ansatz eine Alternative zu Befragungen dar, wenn aufgrund der Maßnahmenstruktur rein empirische Ansätze zu falschen Ergebnissen führen müssen.

³ statt dem Vergleich „vorher“ zu „nachher“ wird eine Analyse von „ohne“ zu „mit“ durchgeführt

Es konnte gezeigt werden, dass der Ansatz der Reorganisation von berichtetem Verhalten in der Lage ist, komplexe Maßnahmen zu beurteilen. Diese Methode stellt eine praktikable Erweiterung des Spektrums der Verfahren zur Maßnahmenbeurteilung dar.

8.3 Empfehlungen für die Modellierung der Verkehrsnachfrage

Über den speziellen Einsatz als Reorganisationsmodell zur Maßnahmenbeurteilung hinaus wurden in dieser Arbeit Methoden entwickelt, mit denen die herkömmlichen Ansätze zur Modellierung der Zielwahl und der Verkehrsmittelwahl verbessert werden können.

Vor Allem für die Modellierung der Zielwahl können aus den hier gewonnenen Erkenntnissen einige praktikable Aspekte in mikroskopische Nachfragemodelle eingebaut werden. Dies betrifft z.B. die simulative Ermittlung einer Aktivitätsuntergruppe aus der Aktivität sowie einige soziodemografische und wegstrukturelle Kenngrößen. Dieses Verfahren ist für alle Erhebungen und Ergebnisse aus Verkehrsentstehungsberechnungen einsetzbar, bei denen die Aktivitätszwecke im Kontiv-Design verwendet werden. Durch eine Hinzuziehung anderer detaillierter Erhebungsdaten kann das Verfahren weiter verbessert und zu einer Vereinfachung von Erhebungen führen.

Die Einteilung in disponible und indisponible Wege führt zu einer Reduzierung des Simulationsumfanges. In Verbindung mit der Bestimmung von Aktivitätspolen und der Einteilung von Ausgängen in Segmente werden zudem die Erklärungen des Verkehrsverhaltens vereinfacht und die Ergebnisse verbessert. Die Beschreibung des Verkehrsverhaltens auf der Segmentebene führt zu einer Vereinfachung der Modellbildung, da durch die mit Hilfe des Mobilitätspanels nachgewiesenen Wechselwirkungen innerhalb und zwischen Segmenten die tatsächlichen Abläufe realistischer nachgebildet werden können.

Auf Basis der Einteilung der Ausgänge in Segmente konnten für die Zielwahlsimulation mit der Einführung des simulationsrelevanten Widerstandes, der neben der nächsten Aktivität das Ziel des Segmentes berücksichtigt, die Zusammenhänge und Abhängigkeiten der gewählten Aktivitätsziele innerhalb eines Ausgangs besser berücksichtigt werden, als dies bei bisherigen Zielwahlansätzen der Fall ist. Der simulationsrelevante Widerstand konnte mit Hilfe theoretischer Überlegungen und einer Auswertung von Paneldaten in den Grundzügen bestätigt werden. Zu einer genauen Kalibrierung der Gewichtungsfaktoren sind weitergehende Datenquellen erforderlich.

Im Modul der Verkehrsmittelwahl wurden die grundsätzlichen Ansätze des Zielwahlmodells wieder aufgegriffen. Auch bei der Verkehrsmittelwahl wurde in einem ersten Schritt analysiert, bei welchen Wegen aufgrund der Maßnahme eine Änderung möglich und bei welchen Wegen keine Änderung zu erwarten ist. Für die Entscheidungssimulation wurde ein multinomiales Logit-Modell gewählt. Für die Beschreibung des Entscheidungskriteriums „Kosten“ wurde durch die Analyse der gemeinsam mit mehreren Haushaltsmitgliedern

durchgeführten Aktivitäten der Zusammenhang innerhalb eines Haushalts adäquat berücksichtigt. Diese Analyse setzt das Vorhandensein einer Längsschnitterhebung voraus.

Mit den beschriebenen Aspekten ist es möglich, unabhängig von dem Reorganisationsansatz und der Simulation der Veränderung durch autoarme Planungen, die herkömmlichen mikroskopischen Aktivitätsfolgemodelle zu verbessern und damit eine realistischere Abbildung der Wirklichkeit zu ermöglichen.

9 Literaturverzeichnis

AXHAUSEN, K. [1989]

„Eine ereignisorientierte Simulation von Aktivitätenketten zur Parkstandswahl“

Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe Heft 40, Karlsruhe 1989

BAUM, H.; PESCH, S. [1994]

„Untersuchung der Eignung von Car-Sharing im Hinblick auf Reduzierung von Stadtverkehrsproblemen“

Forschungsprojekt FE 70421/93 des Bundesministerium für Verkehr, Köln 1994

BEN-AKIVA, M.; LERMAN, S. [1985]

„Discrete Choice Analysis – Theory and Application to Travel Demand“

MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1985

BHAT, C.; KOPPELMANN, F. [2000]

„Activity-Based Travel Demand Alalysis: History, Results und Future Directions“

Paper presented at the 79th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 2000, Washington DC

BOBINGER, R. [2000]

„Theorie und Implementierung eines ökonometrischen Verkehrsmodells“

In: Schriftenreihe SRL - Stadt Region Land, Institut für Stadtbauwesen der RWTH Aachen, Heft 69, Tagungsband zum ersten Aachner Kolloquium "Mobilität und Stadt", Aachen 2000

BONDZIO, L. [1996]

„Modelle für den Zugang von Passagieren zu Flughäfen“

Schriftenreihe Lehrstuhl für Verkehrswesen Ruhr-Universität Bochum Band 18, Bochum 1996

BORK, S.; GONTARD, C.; KREMER, B. [1998]

„Car-Sharing ergänzt ÖPNV sinnvoll“

In: Der Nahverkehr 10/98

BOWMAN, G.; BRADLEY, M.; SHIFTAN, Y.; LAWTON, K.; BEN-AKIVA, M. [1998]

„Demonstration of an Activity-Based Model System for Portland“

In: 8th World Conference on Transport Research, July 12-17, 1998, Antwerpen, Belgien

BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (HRSG.) [1988]

„Ermittlung der Verkehrs nachfrage“

Forschung Stadtverkehr, Reihe Auswertung Heft A4, Köln 1988

BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (HRSG.) [1993a]

Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrswegeinformationen – Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992“

Schriftenreihe Heft 72, Bonn 1993

BUNDESMINISTER FÜR VERKEHR (HRSG.) [1993b]

„Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs“

Bonn 1993

BURWITZ, H.; KOCH, H.; KRÄMER-BADONI, T. [1992]

„Leben ohne Auto“

Reinbek, rororo 1992

CANZLER, W.; FRANKE, S. [2000]

„Autofahren zwischen Alltagsnutzung und Routinebruch“

In: Veröffentlichungen der Abteilung "Organisation und Technikgenese" des Forschungsschwerpunktes Technik-Arbeit-Zmwelt am WZB; Berlin 2000

CHLOND, B.; LIPPS, O.; MANZ, W.; ZUMKELLER, D. [1999]

„Haushaltsbefragung zur Alltagsmobilität in verschiedenen Raumtypen (Auswertung Haushaltspanel 1998/1999)“

Manuskript im Auftrag des BMV, Institut für Verkehrswesen, Universität Karlsruhe, 1999

CHLOND, B.; WASSMUTH, V. [1997]

„Can CarSharing substantially reduce the Problems arising from Car Ownership - Some empirical Findings from Germany“

In: Publications and Conference Proceedings of the 24th European Transport Conference 1997; London 1997

CHLOND, B. [1996]

„Zeitverwendung und Verkehrsgeschehen“

Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe Heft 55, Karlsruhe 1996

DOHERTY, S.; AXHAUSEN, K. [1998]

„The Development of a Unified Modelling Framework for the Household Activity-Travel Scheduling Process“

In: Schriftenreihe SRL - Stadt Region Land, Institut für Stadtbauwesen der RWTH Aachen, Heft 66, Tagungsband zum Ergebnisworkshop "NRW-FVU", Aachen 1998

ENGL, P. [1999]

„"Wohn mobil" bzw. "Mietermobil" - eine neue Variante des CarSharing“

In: European Conference On Mobility Management, Münster 1999

EPP, C. [1997]

„Von der Autofreiheit zu den Vorteilen autofreien Wohnens“

In: Rundbrief „Autoarme Stadtquartiere“ des Instituts für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen; Rundbrief 8, Dortmund 1997

FELDTKELLER, A. [1994]

„Die zweckentfremdete Stadt“

Frankfurt, Campus Verlag 1994

FGSV [1996]

„Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences“

Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsplanung
Köln 1996

FORCHER, R. [1996]

„Entwurf einer Logistik-Dienstleistung zur Personenmobilität“

Dissertation am Institut für Fördertechnik der Universität Stuttgart, Stuttgart 1996

FRANZ, L.; ISNENGI, P. [1990]

„Integrierte Verkehrsplanung unter Umweltgesichtspunkten“

In: Kontakt & Studium Bd. 319; Ehning 1990

FREUDENAU, H.; KANAFA, K. [2000]

„Neue Aufgabenfelder für CarSharing Organisationen“

In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (ILS), Monatsbericht des Forschungsbereichs Verkehr 1/2000; Dortmund 2000

GORR, HARALD [1996]

„Die Logik der individuellen Verkehrsmittelwahl“

Gießen, focus Verlag 1996

GRUND, E. [1997]

„Die Stadt der kurzen Wege - eine Illusion“

In: Straßenverkehrstechnik 2/97

HASTRICH, G. [1997]

„Juristische Ausgestaltung einer Bindung an autofreies Wohnen“

In: Rundbrief „Autoarme Stadtquartiere“ des Instituts für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen; Rundbrief 8; Dortmund 1997

HENNING, A. [1997]

„Autofrei hat Tradition - Nürnberg-Langwasser Nord-Ost“

In: Planung und Realisation autoarmer Stadtquartiere, ILS Schriften 108 des Instituts für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen; Dortmund 1997

HERZ, R.; SCHLICHTER H.; SIEGENER W. [1992]

„Angewandte Statistik für Verkehrs- und Regionalplaner“

Werner-Ingenieur-Texte WIT 42, Düsseldorf 1992

HOLZAPFEL, H. [1980]

„Verkehrsbeziehungen in Städten“

Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Verkehrswesen, TU Berlin, Berlin 1980

HOLZ-RAU, C.; GEIER, S.; KRAFFT-NEUHÄUSER, H. [2001]

„Randwanderung und Verkehr“

In: Internationales Verkehrswesen 1+2, 2001

HOLZ-RAU, C.; KUTTER, E. [1995]

„Verkehrsvermeidung - Siedlungsstrukturelle und organisatorische Konzepte“

In: Materialien zur Raumentwicklung / Bundesanstalt für Landeskunde und Raumordnung Heft 73 ; Bonn 1995

ILS [1995]

„Erschließungsprinzipien verkehrsberuhigt , autoarm, autofrei“

In: Rundbrief „Autoarme Stadtquartiere“ des Instituts für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen; Rundbrief 2, Dortmund 1995

ILS [1996]

„Projektskizze Bremen-Hollerland: Konkretisierung einer Idee“

Rundbrief „Autoarme Stadtquartiere“ des Instituts für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen; Rundbrief 5, Dortmund 1996

ILS [1999]

„Projektdatenbank autofreie Projekte“

Zusammenstellung des Instituts für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen; Dortmund 1999

JONNALAGADDA, N.; FREEDMAN, J.; DAVIDSON, W.; HUNT, J.D. [1998]

„Development of a Microsimulation Activity-Based Model for San Francisco – Destination and Mode Choice Models“

Paper presented at the 80th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 7-11, 2001 Washington DC

JONES, P. [1979]

„HATS: A technique for investigating households decisions“

In: Environment and Planning A, 11, 1979, pp 59-70

KÜCHLER, R. [1985]

„Wegekettenorientierte Verkehrsberechnungsmodelle“

Dissertation, TH Darmstadt, Darmstadt 1985

KUHNIMHOF, T.; WASSMUTH V. [2001]

„Do You Go To The Movies In Your Lunch Break? - Trip- and Trip-Context-Data Based Modeling of Activities“

Paper to be presented at the 81th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 2002 Washington DC (unveröffentlicht)

KRIETEMEYER, H. [1997]

„Auswirkungen von CarSharing auf die Nachfrage nach ÖPNV-Leistungen“

In: Der Nahverkehr 9/97

LAWSON, C. [1999]

„Household Travel / Activity Decisions: Who wants to Travel?“

Paper presented at the 79th Annual Meeting of the Transportation Research Board, January 1999 Washington DC

LEIBRAND, K. [1980]

„Stadt und Verkehr – Theorie und Praxis der städtischen Verkehrsplanung“

Birkhäuser Verlag, Basel 1980

LEMMEN, D.; VIETS, R. [1996]

„Ergebnisse der Befragung zu den Rahmenbedingungen für das Wohnen ohne eigenes Auto“

Bremen 1996

LIPPS, O. [2001]

„Modellierung der individuellen Verhaltensvariation bei der Verkehrsentstehung“

Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe Heft 58, Karlsruhe 2001

LOHSE, D. [2000]

„Verkehrsnachfragemodellierung mit n-linearen Gleichungssystemen“

In: Schriftenreihe SRL - Stadt Region Land, Institut für Städtebauwesen der RWTH Aachen, Heft 69, Tagungsband zum ersten Aachner Kolloquium „Mobilität und Stadt“, Aachen 2000

MÄCKE, P. [1964]

„Das Prognoseverfahren in der Straßenverkehrsplanung“

Bauverlag, Wiesbaden 1964

MANZ, W. [1998]

„Erhebung der Nachfrage nach Parkraum unter Berücksichtigung varierender Einflußgrößen“

Diplomarbeit am Institut für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe, Karlsruhe 1998

MC FADDEN, D. [2000]

„Disaggregate Behavioral Travel Demand's RUM Side“

unpublished manuscript presented at the International Association for Travel Behavior (IATBR) Conference, Gold Coast, Queensland, Australia, July 2-7, 2000

MÖLLERS, J. [1998]

„Modellprojekt Autofreies Wohnen in Köln“

Schriftenreihe "Verkehrsplanung für Köln"; Köln 1998

MUHEIM, P.; INDERBITZIN, J. [1992]

„Das Energiesparpotenzial des gemeinschaftlichen Gebrauchs von Motorfahrzeugen als Alternative zum Besitz eines eigenen Autos“

Forschungsprogramm "Rationelle Energienutzung im Verkehr", Luzern 1992

MÜLLER, H. [1999]

„Determinanten der Mobilität autofreier Haushalte - Konsequenzen für Verkehrsplanung und Verkehrspolitik“

In: Kurzfassung des Projektes A2 im Rahmen des Schweizer NFP 41; 1999

NÜTZEL, M. [1993]

„Nutzung und Bewertung des Wohnumfeldes in Großwohnsiedlungen am Beispiel der Nachbarschaften U und P in Nürnberg-Langwasser“

Arbeitsmaterialien zur Raumordnung und Raumplanung Heft 119; Bayreuth 1993

O'KELLY, M.; MILLER, E. [1986]

„Charakteristics of Multistop Multipurpose Travel: An Empirical Study of Trip Length“

In: Transportation Research Record 976, Transportation Research Board, Washington D.C. 1984

PETERSEN, M. [1995]

„Ökonomische Analyse des Car-Sharing“

Gabler edition Wissenschaften; Wiesbaden 1995

PISCHNER, T.; SCHAAF, B. [1998]

„Untersuchungen über die Wechselwirkungen zwischen Siedlungsstruktur und Verkehrssystem“
Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Bd. 758; Bonn 1998

RAUTERBERG, H. [2000]

„Bauen - auf die Bürger“
In: Die Zeit vom 8.6.2000; Hamburg 2000

RETZKO, H.G. [1995]

„Anspruch und Wirklichkeit des stadtverträglichen Verkehrs“
In: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft e.V. B 187; Bergisch Gladbach 1995

RETZKO, H.G. [1994]

Umdruck 148 zur Vorlesung “Verkehrsplanung und Verkehrstechnik III” des Fachgebietes Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der TH Darmstadt; Darmstadt 1994

REUTTER, O.; REUTTER, U. [1996]

„Autofreies Leben in der Stadt“
Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur; Dortmund 1996

REUTTER, O. [2000]

„Verkehrsversuch "autoarmes Wohnen im Bestand am Johannesplatz in Halle / Saale“
In: Rundbrief 3 zum Modellvorhaben des Umweltbundesamtes "Umweltschonender Einkaufs- und Freizeitverkehr in Halle und Leipzig"; Berlin 2000

SCHLICH, R.; KÖNIG, A.; AXHAUSEN, K. [2000]

„Stabilität und Variabilität im Verkehrsverhalten“
Arbeitsbericht Verkehrs- und Raumplanung der ETH Zürich, Nummer 39; Zürich 2000

SCHMID, C. [1998]

„Konzeption einer verkehrsarmen Stadt“
Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrs- und Stadtplanung der TU München, Heft 7; München 1998

SCHMIEDEL, R. [1984]

„Bestimmung verhaltensähnlicher Personenkreise für die Verkehrsplanung“
Schriftenreihe des Instituts für Städtebau und Landesplanung der Universität Karlsruhe, Band 18; Karlsruhe 1984

SCHNABEL, W.; LOHSE, D. [1997]

„Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Straßenverkehrsplanung“
Verlag für Bauwesen, Berlin 1997

SCHÖNFELDER, S.; AXHAUSEN, K. [2000]

„Mobidrive - Längsschnitterhebungen zum individuellen Verkehrsverhalten: Perspektiven für raum-zeitliche Analysen“

Vortrag bei der CORP 2001, Wien, 14.-16.02.2001

SCHUCHARD-FICHER, C.; BACKHAUS, K.; HUMME, U.; LOHRBERG, W.; PLINKE, W.; SCHREINER, W. [1980]

„Multivariate Analysemethoden“

Berlin, Springer 1980

SIEBER, N. [1992]

„Möglichkeiten zur Verkehrsvermeidung im Personenverkehr durch Änderung der Siedlungsstruktur“

Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung der Universität Karlsruhe; Discussion-Paper 2/92; Karlsruhe 1992

STADT BIELEFELD [1999]

„Wohnen ohne eigenes Auto, Bielefeld“

Schriftenreihe der Stadt Bielefeld, Dokumentation der Marktuntersuchung; Bielefeld 1999

STADT TÜBINGEN [1994]

„Städtebaulicher Rahmenplan "Stuttgarter Straße / Französisches Viertel"“

Tübingen 1994

STATISTISCHES LANDESAMT BADEN WÜRTTEMBERG [1999]

„Baden-Württemberg Atlas 2000“

Stuttgart 1999

TOPP, H. [1998]

„Getrennte Märkte für Wohnung und Stellplatz“

In: Internationales Verkehrswesen 7+8/98

VERKEHR IN ZAHLEN [O.J.]

Bundesministerium für Verkehr, Bonn, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW)
Berlin, Verkehr in Zahlen, verschiedene Jahrgänge

WASSERSTADT [2000]

Internetdarstellung der Wasserstadt GmbH, Berlin

<http://www.wasserstadt.de>

WASSMUTH, V. [2000]

„Verkehrsmittelwahlmodellierung mit Hilfe regelbasierter Algorithmen – am Beispiel von CarSharing“

In: Schriftenreihe SRL - Stadt Region Land, Institut für Städtebauwesen der RWTH Aachen, Heft 69, Tagungsband zum ersten Aachener Kolloquium "Mobilität und Stadt", Aachen 2000

WERMUTH, M. [1986]

„Modellvorstellungen zur Prognose“

In: Steierwald, Kühne ([Hrsg.]) "Stadtverkehrsplanung Grundlagen – Methoden – Ziele", Springer-Verlag Berlin 1986

WERMUTH, M. [1980]

„Ein situationsorientiertes Verhaltensmodell der individuellen Verkehrsmittelwahl“

In: Gesellschaft für Regionalforschung (Hrsg.), Jahrgang 1, Vandenhoeck + Ruprecht, Göttingen 1980

WILSON, A. G. [1967]

„A Statistical Theory of Spatial Distribution Models“

In: Transportation Research, Volume 1, pp. 253-269 Pergamon Press 1967

ZIMMERMANN, A.; DREHER, C. [1996]

„Autofreie Siedlungen“

In: Münchener Forum - Berichte und Protokolle Nr.119; München 1996

ZUMKELLER, D. [2000]

„Eigenschaften von Paneluntersuchungen - Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten im Verkehrsbereich“

In "Dynamische und statische Elemente des Verkehrsverhaltens - Das Deutsche Mobilitätspanel" Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft (DVWG) Band B234; Bonn 2000

ZUMKELLER, D.; SEITZ, H. [1993]

„Aufbereitung vorhandener Daten für Verkehrsplanungszwecke als Ersatz für neue Befragungen“

In: Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Bd. 642; Bonn 1993

ZUMKELLER, D. [1989]

„Ein sozialökologisches Verkehrsmodell zur Simulation von Maßnahmewirkungen“

Veröffentlichungen des Instituts für Städtebauwesen, TU Braunschweig; Braunschweig 1989

Lebens- und Bildungsgang

Geboren am	25. Juli 1971 in Gießen	
Schule	1977 - 1981	Sandfeld-Grundschule in Gießen
	1981 - 1990	Landgraf-Ludwig-Schule in Gießen
	Juni 1990	Abitur
Studium	1990 - 1996	Studium des Bauingenieurwesens an der Technischen Hochschule Darmstadt
	30. 01. 1996	Abschluss als Diplom-Ingenieur
Berufliche Tätigkeit	1995 – 1996	Studentische Hilfskraft am Fachgebiet Verkehrsplanung / -technik der TH Darmstadt
	1996 – 2001	Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe (TH)
	seit 15.5.2001	Projektleiter bei der PTV AG Karlsruhe
Familienstand	seit 11.08. 95	verheiratet mit Britta Waßmuth 2 Kinder (Tabea, geb. 1996; Bjarne, geb. 1999)

Veröffentlichungen aus dem Institut für Verkehrswesen
(Die mit * versehenen Veröffentlichungen sind vergriffen)

Schriftenreihe des Instituts (ISSN 0341-5503)

- Heft 1** **BARON, P.S. (1967): ***
Weglängen als Kriterium zur Beurteilung von Fluggast-Empfangsanlagen
- Heft 2** **STOFFERS, K.E. (1968): ***
Berechnung von optimalen Signalzeitenplänen
- Heft 3** **KOEHLER, R. (1968): ***
Verkehrsablauf auf Binnenwasserstraßen - Untersuchungen zur Leistungsfähigkeitsberechnung und Reisezeitverkürzung
- Heft 4** **BÖTTGER, R. (1970): ***
Die numerische Behandlung des Verkehrsablaufs an signal-gesteuerten Straßenkreuzungen
- Heft 5** **DROSTE, M. (1971):**
Stochastische Methoden der Erfassung und Beschreibung des ruhenden Verkehrs
- Heft 6** **10 JAHRE INSTITUT FÜR VERKEHRSWESEN (1972) ***
- Heft 7** **BEY, I. (1972): ***
Simulationstechnische Analyse der Luftfrachtabfertigung
- Heft 8** **WIEDEMANN, R. (1974): ***
Simulation des Straßenverkehrsflusses
- Heft 9** **KÖHLER, U. (1974):**
Stabilität von Fahrzeugkolonnen
- Heft 10** **THOMAS, W. (1974):**
Sensitivitätsanalyse eines Verkehrsplanungsmodells
- Heft 11** **PAPE, P. (1976):**
Weglängen-Reduzierung in Fluggast-Empfangsanlagen durch flexible Vorfeldpositionierung

- Heft 12** **KOFFLER, TH. (1977):**
Vorausschätzung des Verkehrsablaufs über den Weg
- Heft 13** **HAENICKE, W. (1977): ***
Der Einfluß von Verflechtungen in einem bedarfsorientierten Nahverkehrssystem auf die Reisegeschwindigkeit
- Heft 14** **BAHM, G. (1977): ***
Kabinengröße und Betriebsablauf neuer Nahverkehrssysteme
- Heft 15** **LAUBERT, W. (1977):**
Betriebsablauf und Leistungsfähigkeit von Kleinkabinenbahnstationen
- Heft 16** **SAHLING, B.-M. (1977): ***
Verkehrsablauf in Netzen -
Ein graphentheoretisches Optimierungsverfahren
- Heft 17** **ZAHN, E.M. (1978):**
Berechnung gesamtkostenminimaler außerbetrieblicher Transportnetze
- Heft 18** **HANDSCHMANN, W. (1978): ***
Sicherheit und Leistungsfähigkeit städtischer Straßenkreuzungen unter dem Aspekt der Informationsverarbeitung des Kraftfahrzeugführers
- Heft 19** **WILLMANN, G. (1978): ***
Zustandsformen des Verkehrsablaufs auf Autobahnen
- Heft 20** **SPARMANN, U. (1980): ***
ORIENT - Ein verhaltensorientiertes Simulationsmodell zur Verkehrsprognose
- Heft 21** **ALLSOP, R.E. (1980): ***
Festzeitsteuerung von Lichtsignalanlagen
- Heft 22** **ADOLPH, U.-M. (1981): ***
Systemsimulation des Güterschwerverkehrs auf Straßen

- Heft 23** **JAHNKE, C.-D. (1982): ***
**Kolonnenverhalten von Fahrzeugen mit autarken
Abstandswarnsystemen**
- Heft 24** **LEUTZBACH, W. (1982): ***
Verkehr auf Binnenwasserstraßen
- Heft 25** **20 JAHRE INSTITUT FÜR VERKEHRSWESEN (1982) ***
- Heft 26** **HUBSCHNEIDER, H. (1983): ***
Mikroskopisches Simulationssystem für Individualverkehr und
Öffentlichen Personennahverkehr
- Heft 27** **MOTT, P. (1984): ***
Signalsteuerungsverfahren zur Priorisierung des Öffentlichen
Personennahverkehrs
- Heft 28** **MAY, A.D. (1984):**
Traffic Management Research at the University of California
- Heft 29** **HAAS, M. (1985):**
LAERM - Mikroskopisches Modell zur Berechnung des
Straßenverkehrslärms
- Heft 30** **BOSSERHOFF, D. (1985):**
Statistische Verfahren zur Ermittlung von Quelle-Ziel-Matrizen im
Öffentlichen Personennahverkehr - Ein Vergleich
- Heft 31** **BAASS, K. (1985): ***
Ermittlung eines optimalen Grünbandes auf Hauptverkehrsstraßen
- Heft 32** **BENZ, TH. (1985):**
Mikroskopische Simulation von Energieverbrauch und
Abgasemission im Straßenverkehr (MISEVA)
- Heft 33** **STUCKE, G. (1985):**
Bestimmung der städtischen Fahrtenmatrix durch
Verkehrszählungen
- Heft 34** **YOUNG, W. (1985):**
Modelling the Circulation of Parking Vehicles -
A Feasibility Study

- Heft 35** **GIPPS, P.G. (1986):**
Simulation of Pedestrian Traffic in Buildings
- Heft 36** **25 JAHRE INSTITUT FÜR VERKEHRSWESEN (1987) ***
- Heft 37** **MÖLLER, K. (1986): ***
Signalgruppenorientiertes Modell zur Optimierung von Festzeitprogrammen an Einzelknotenpunkten
- Heft 38** **BLEHER, W.G. (1987):**
Messung des Verkehrsablaufs aus einem fahrenden Fahrzeug - Beurteilung der statistischen Genauigkeit mittels Simulation
- Heft 39** **MAIER, W. (1988):**
Bemessungsverfahren für Befragungszählstellen mit Hilfe eines Warteschlangenmodells
- Heft 40** **AXHAUSEN, K. (1989):**
Eine ereignisorientierte Simulation von Aktivitätenketten zur Parkstandswahl
- Heft 41** **BECKER, U. (1989): ***
Beobachtung des Straßenverkehrs vom Flugzeug aus: Eigenschaften, Berechnung und Verwendung von Verkehrsgrößen
- Heft 42** **HEIDEMANN, D. (1989):**
Ein mathematisches Modell des Verkehrsflusses
- Heft 43** **ALY, M.S. (1989):**
Headway Distribution Model and Interrelationship between Headway and Fundamental Traffic Flow Characteristics
- Heft 44** **ZOELLMER, J. (1991):**
Ein Planungsverfahren für den ÖPNV in der Fläche
- Heft 45** **SCHNITTGER, ST. (1991):**
Einfluß von Sicherheitsanforderungen auf die Leistungsfähigkeit von Schnellstraßen
- Heft 46** **HSU, T.P. (1991):**
Optimierung der Detektorlage bei verkehrsabhängiger Lichtsignalsteuerung

- Heft 47** **GRIGO, R. (1992):**
Zur Addition spektraler Anteile des Verkehrslärms
- Heft 48** **30 JAHRE INSTITUT FÜR VERKEHRSWESEN (1992)**
- Heft 49** **LIU, Y. (1994):**
Eine auf FUZZY basierende Methode zur mehrdimensionalen Beurteilung der Straßenverkehrssicherheit
- Heft 50** **HÖFLER, F. (1994):**
Leistungsfähigkeit von Ortsdurchfahrten bei unterschiedlichen Geschwindigkeitsbeschränkungen - untersucht mit Hilfe der Simulation
- Heft 51** **REKERSBRINK, A. (1994):**
Verkehrsflusssimulation mit Hilfe der Fuzzy-Logic und einem Konzept potentieller Kollisionszeiten
- Heft 52** **NICKEL, F. (1994):**
Stationsmanagement von Luftverkehrsgesellschaften - Eine systemanalytische Betrachtung und empirische Untersuchung der Stationsmanagement-Systeme internationaler Luftverkehrsgesellschaften
- Heft 53** **REITER, U. (1994):**
Simulation des Verkehrsablaufs mit individuellen Fahrbeeinflussungssystemen
- Heft 54** **SCHWARZMANN, R. (1995):**
Der Einfluß von Nutzerinformationssystemen auf die Verkehrsnachfrage
- Heft 55** **CHLOND, B. (1996):**
Zeitverwendung und Verkehrsgeschehen – Zur Abschätzung des Verkehrsumfangs bei Änderungen der Freizeitdauer
- Heft 56** **KICKNER, S. (1998):**
Kognition, Einstellung und Verhalten – Eine Untersuchung des Individuellen Verkehrsverhaltens in Karlsruhe

- Heft 57** **LEE, S. (1999):**
Wechselwirkungen zwischen Verkehr und Telekommunikation
in einer asiatischen Stadtumgebung
- Heft 58** **LIPPS, O. (2001):**
Modellierung der individuellen Verhaltensvariationen bei der
Verkehrsentstehung
- Heft 59** **OKETCH, T. (2001):**
A Model for Heterogeneous Traffic Flows including Non-
Motorized Vehicles

Sonderheft zum 20jährigen Jubiläum (1982) *
Ein Institut stellt sich vor,
Institut für Verkehrswesen (Hrsg.), Universität Karlsruhe

Im Buchhandel erhältlich:

LENZ, K.-H.; GARSKY, J. (1968):

Anwendung mathematisch-statistischer Verfahren in der
Straßenverkehrstechnik, Kirschbaum-Verlag, Bad Godesberg

LEUTZBACH, W. (1972):

Einführung in die Theorie des Verkehrsflusses,
Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York,
ISBN 3-540-05724-2

BECKMANN, H.; JACOBS, F.; LENZ, K.-H.; WIEDEMANN, R.;

ZACKOR, H. (1973):

Das Fundamentaldiagramm,
Kirschbaum-Verlag, Bad Godesberg,
ISBN 3-7812-0846X

HERZ, R.; SCHLICHTER, H.G.; SIEGENER, W. (1976):

Angewandte Statistik für Verkehrs- und Regionalplaner,
Werner-Ingenieur-Texte 42, Werner-Verlag, Düsseldorf,
ISBN 3-8041-1934-4
2., neubearbeitete und erweiterte Auflage (1992) ISB N 3-8041-1971-9

RUPPERT, W.-R.; LEUTZBACH, W.; ADOLPH, U.-M. et al. (1981):

Achslasten und Gesamtgewichte schwerer Lkw -
Nutzen-Kosten-Untersuchung der zulässigen Höchstwerte,
Hrsg. Bundesminister für Verkehr, Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln,
ISBN 3-88585-035-4

WIEDEMANN, R.; HUBSCHNEIDER, H. (1987):

Simulationsmodelle
In: LAPIERRE, R; STEIERWALD, G. (Hrsg.) "Verkehrsleittechnik für
den Straßenverkehr", Band 1, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-
New York, ISBN 3-540-16850-8

LEUTZBACH, W. (1988):
Introduction to the Theorie of Traffic Flow,
Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York, ISBN 3-540-17113-4

Institut für Verkehrswesen (1991):*
Fachwörterbuch terminus Traffic and Transport Systems - Verkehrswesen,
English - German - Deutsch - Englisch,
Verlag Ernst & Sohn, Berlin, ISBN 3-433-02824-9

ZUMKELLER, D. et al.(1993):
Part I: Europe: A Heterogeneous 'Single Market' und Part III: Germany:
On the Verge of a New Era,
In: SALOMON, I.; BOVY, P.; ORFEUIL, J.-P. (Hrsg.):
"A Billion Trips a Day - Tradition and Transition in European Travel Patterns",
Kluwer Academic Publishers Group, Dordrecht, ISBN 0-7923-229-5

ZUMKELLER, D. (1997):
„Modelle und Szenarien der Verkehrsplanung“
in: APEL; HOLZAPFEL; KIEPE; LEHMBROCK; MÜLLER (Hrsg.):
Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung,
Economia Verlag Bonn, 18. Ergänzungslieferung, Teil 3.2.4.1, S. 1-27.

ZUMKELLER, D. (2001):
„Erhebungen, Prognosen- und Szenariotechnik“
in: Der Ingenieurbau – Fachwissen Verkehr,
Wiley – VCH – Verlag, Weinheim.

ZUMKELLER, D. (2001):
„The Impact of Telecommunication and Transport on Spatial Behaviour“, in:
HENSCHER, David, International Association for Travel Behaviour Research
(Hrsg.): Travel Behaviour Research – The Leading Edge, IATBR Conference
2000, Brisbane, Australia 2000, ISBN 008-043924-1