Schlussbericht

Wechselwirkungen im Mobilitätsverhalten der Haushaltsmitglieder

FE–Nr. 70.722/2003

Im Auftrag des Bundesministeriums für

Verkehr, Bau- und Wohnungswesen

Karlsruhe, 31. Januar 2005

PTV
Planung Transport
Verkehr AG

Wechselwirkungen im Mobilitätsverhalten der Haushaltsmitglieder

Im Auftrag des

Bundesministeriums für Verkehr,

Bau- und Wohnungswesen

Forschungsbericht Nr. 70.722/2003

Bearbeiter:

Engelbrecht, Friederike

Haupt, Thomas

Pohlner, Regine

Waßmuth, Volker

Zimmermann, Andrea (Projektleiterin)

PTV

Planung Transport Verkehr AG

76131 Karlsruhe

Karlsruhe, den 31. Januar 2005

Inhalt

1 Zielsetzung 10

2 Stand der Wissenschaft 12

2.1 Analysemethoden 13

2.1.1 Multilevel Modelle 13

2.1.2 Logit Modelle 16

2.1.3 Struktur-Gleichungs-Modelle (SEM) 23

2.1.4 Ordered Probit Modelle 26

2.2 Fazit 28

3 Datengrundlagen und Aufbereitung 30

3.1 Aufbereitung 30

3.2 Definitionen 33

4 Analysen 36

4.1 Deskriptive Auswertungen 36

4.2 Multilevel Modelle 51

4.2.1 Modellansatz 51

4.2.2 Beurteilungsgrößen 53

4.2.3 Ergebnisse 54

4.3 Clusteranalysen 63

4.3.1 Analyseansatz 63

4.3.2 Vorgehensweise und Ergebnis 64

4.4 Fazit 67

5 Algorithmische Umsetzung im Modell 68

5.1 Modellgrundlagen 68

5.2 Umsetzung im Modell 70

5.3 Fazit 73

6 Beispielanwendung 74

6.1 Vorgehensweise 74

6.2 Basisszenario 75

6.2.1 Grundlagen 75

6.2.2 Verhaltenshomogene Gruppen 75

6.2.3 Aktivitätenketten 77

6.2.4 Aktivitätenübergänge 79

6.2.5 Fahrtweitenverteilung 80

6.2.6 Relative Zielpotentiale der Aktivitäten 80

6.2.7 Angebotsdaten für Ziel- und Verkehrsmittelwahl 81

6.2.8 Ergebnis der Berechnungen 81

6.3 Szenarien 82

6.4 Wirkungs- und Sensitivitätsbetrachtung (Beurteilung) 84

7 Fazit und Ausblick 86

Literaturverzeichnis 89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Änderungen auf Haushaltsebene von Wiederholerhaushalten (n=3061) zwischen 1996 und 2002 (Quelle: MoP) 32

Tabelle 2: Verteilung der Wiederholerhaushalte, bei denen sich die Familienstruktur geändert hat, auf die einzelnen Übergänge (Quelle: MoP) 32

Tabelle 3: Umfang der innerhalb des Projektes analysierten Daten (Stichprobengröße) 33

Tabelle 4: Definition der Lebensphasen 35

Tabelle 5: Anteil Wege in Begleitung von Haushaltsmitgliedern an verschiedenen Wochentagen (Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege) 39

Tabelle 6: Anteil Begleitung von Haushaltsmitgliedern zu verschiedenen Tageszeiten (Startzeiten der Wege) an den verschiedenen Wochentagsarten (Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege) 40

Tabelle 7: Anteil Begleitung von Haushaltsmitgliedern und Wegedauern (Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege) 40

Tabelle 8: Anteil Begleitung von Haushaltsmitgliedern nach Geschlecht und den verschiedenen Hauptzwecken (Definition DIW) 42

Tabelle 9: Anteil Begleitung von Haushaltsmitgliedern zu aggregierten Zwecken und Lebensphasen (Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege) 43

Tabelle 10: Kenngrößen der Lebensphasen für Nichterwerbstätige mit Pkw (Quelle: MiD, Basis: 2600 Personen) 46

Tabelle 11: NEmP: Aktivitätenketten eines durchschnittlichen Wochentags (Quelle: MiD) 49

Tabelle 12: Geschätzte Parameterwerte des Random-Intercept-Only (RIO) Modells für die abhängige Variable „Anteil der gemeinsamen Wege“ 54

Tabelle 13: Erklärende Variablen 55

Tabelle 14: Ergebnisse für die festen Effekte auf der Personenebene für den Anteil an gemeinsamen Wegen 56

Tabelle 15: Geschätzte Parameterwerte der zufälligen Effekte sowie berechnete Gütemaße 57

Tabelle 16: Ergebnisse für die festen Effekte auf der Personen- und Haushaltsebene für den Anteil an gemeinsamen Wegen 59

Tabelle 17: Geschätzte Parameterwerte der zufälligen Effekte sowie berechnete Gütemaße für die Gesamtmodelle 60

Tabelle 18: Ergebnisse für die festen Effekte auf der Personen- und Haushaltsebene für die Zahl der Versorgungswege 61

Tabelle 19: Historie der Clusteranalyse 65

Tabelle 20: Ergebnisse Clusteranalyse - kategorisiert 66

Tabelle 21: Einteilung der Haushaltsgruppen 76

Tabelle 22: Zuordnung der männlichen Bevölkerung zu den Haushaltsgruppen 77

Tabelle 23: Aktivitäten der Verkehrserzeugung 78

Tabelle 24: Durchschnittliche Anzahl der Wege pro Werktag und Personengruppe 78

Tabelle 25: Beispielhafte Aktivitätenketten und ihre Häufigkeiten bei den verschiedenen Personengruppen 79

Tabelle 26: Wegezwecke der Bevölkerung differenziert nach verhaltenshomogenen Gruppen 82

Tabelle 27: Zuordnung der männlichen Bevölkerung zu den Haushaltsgruppen in Szenario 1 83

Tabelle 28: Zuordnung der männlichen Bevölkerung zu den Haushaltsgruppen in Szenario 2 83

Tabelle 29: Vergleich der Wegeanteile je Gruppe und Szenario 84

Tabelle 30: Vergleich der Wege je Gruppe und Szenario 84

Tabelle 31: Vergleich der Wegeanteile je Gruppe und Szenario 84

Tabelle 32: Vergleich der Anteile der Aktivitäten je Szenario 85

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Graphische Darstellung des multivariaten Multilevel Models (Quelle: Goulias 2002) 15

Abbildung 2: Hierarchische Struktur der ersten Ebene (nach Wen, Koppelman 2000) 18

Abbildung 3: Struktur eines proportional share models (Quelle: Gliebe und Koppelman, 2002) 21

Abbildung 4: Pfad-Diagramm des modifizierten Modells (Quelle: Simma und Axhausen, 2001) 24

Abbildung 5: Klassifizierung von nicht alleinlebenden Personen hinsichtlich ihrer Anteile an gemeinsamen Wegen im Wochenverlauf (Quelle: MoP01/02, Basis: 2570 Personen) 37

Abbildung 6: Regelmäßigkeit der Begleitungen von Haushaltsmitgliedern nicht alleinlebender Personen (Quelle: MoP01/02, Basis: 2570 Personen) 37

Abbildung 7: Anzahl Tage mit gemeinsamen Wege pro Woche und Lebensphase (Quelle: MoP01/02, Basis: 2570 Personen) 38

Abbildung 8: Verteilung der Wege in Begleitung von Haushaltsmitgliedern und Altersklassen (Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege) 39

Abbildung 9: Anteil Begleitwege an den Verkehrsmitteln (Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege) 41

Abbildung 10: Hauptzwecke und Begleitung(Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege) 42

Abbildung 11: Durchschnittliche Wegedauer in Minuten für aggregierte Zwecke nicht alleinlebender Personen (Quelle: MiD, Basis: 81.393 Wege) 44

Abbildung 12: Durchschnittliche Wegelänge in Minuten für aggregierte Zwecke nicht alleinlebender Personen (Quelle: MiD, Basis: 81.393 Wege) 44

Abbildung 13: Klassifizierung von nicht alleinlebenden Personen im Haushaltszusammenhang hinsichtlich ihrer Anteile gemeinsamer Wege an einem durchschnittlichen Wochentag (Quelle: MiD, Basis: 25,606 Personen) 45

Abbildung 14: NEmP: Durchschnittliche Anzahl an Wegen pro Tag – mobile Personen (Quelle: MiD, Basis: 2600 Personen) 47

Abbildung 15: NEmP: Durchschnittliche Anzahl an Kilometern pro Tag – mobile Personen (Quelle: MiD, Basis: 2600 Personen) 47

Abbildung 16: NEmP: Modal Split für die Lebensphasen (Quelle: MiD, Basis: 10.471 Wege) 48

Abbildung 17: NEmP: Wegezwecke für die Lebensphasen Quelle: MiD, Basis: 10.471 Wege) 48

Abbildung 18: NEmP: aggregierte Wegezwecke und Anteile Begleitung für die Lebensphasen (Quelle: MiD, Basis: 10.471 Wege) 49

Abbildung 19: Anzahl Wege insgesamt und in Begleitung - Clusterergebnisse 65

Abbildung 20: Verteilung der Lebensphasen in den Clustern 66

Abbildung 21: Vergleich der Modellbausteine bei makroskopischen und mikroskopischen Nachfragemodellen (Wassmuth 2001) 69

Abbildung 22: Darstellung des grundsätzlichen Modellablaufs und Kennzeichnung der Modellverbesserungen [eigene Darstellung] 71

Abbildung 23: Beispielhafte zeitliche Verteilung der Wege bei den Beziehungen Wohnen/Arbeiten und Arbeiten/Wohnen 80

1 Zielsetzung

Der Haushalt als soziale Einheit spielt unzweifelhaft an verschiedenen Stellen des täglichen Mobilitätsablaufes eine bedeutende Rolle. Der Haushalt ist wahrscheinlich die wichtigste Organisationsform für die Koordination des Aktivitätenverhaltens und der Mobilität. In der quantitativen Verkehrserhebung wird versucht, diese Zusammenhänge in Form von Haushaltsbefragungen zu berücksichtigen. Auf der Haushaltsebene werden u.a. Wohnlage (mit allen damit zusammenhängenden Faktoren), Einkommen, sozialer Status, PKW-Verfügbarkeit determiniert, die auch für das individuelle Mobilitätsverhalten von zentraler Bedeutung sind.

Die Auswertung von empirischen Mobilitätsdaten konzentrierte sich in der Vergangenheit jedoch zumeist auf die individuellen Komponenten, insbesondere auf die Verknüpfung von persönlichen Eigenschaften und Verkehrsverhalten (z.B. in verhaltenshomogenen Personengruppen). Dementsprechend verwenden die gängigen Verkehrsnachfragemodelle in erster Linie Personenmerkmale, um Verhaltensunterschiede in Modellen abzubilden. Kriterien, die eindeutig dem Haushalt zuzuordnen sind, müssen dabei auf die Personen übertragen werden. Damit werden z.B. auch Haushaltstypen zumindest ansatzweise auf Personengruppen übertragen (z.B. erwerbstätige Mutter mit Kind) und das Verkehrsaufkommen nach Stadtstrukturen differenziert. In der Regel gehen hier jedoch Zusammenhänge des Haushaltskontext verloren.

In diesem Punkt liegt momentan das Dilemma dieser Fragestellung: Die Bedeutung des Haushaltes für das Mobilitätsprogramm ist in der empirischen Sozialforschung unumstritten. Die daraus abgeleiteten Wirkungsmodelle sind jedoch sehr speziell und für die Anwendung in allgemeingültigen Verkehrsnachfragemodellen nicht direkt umsetzbar, bzw. basieren auf veralteten Daten. Durch die aktuell in Deutschland vorliegende gute empirische Datengrundlage (MiD 2002, MoP) sowie die Weiterentwicklung der Modelltheorie (Multi-Level-Modelle u.ä.) kann die Lösung dieses Dilemmas angegangen werden.

Dieser Abschlussbericht gibt einen Überblick über die im einzelnen erzielten Ergebnisse. Als Basis werden in Kapitel 2 die aktuellen Verfahren und ihre Ergebnisse zur Untersuchung von Mobilität im Haushaltskontext beispielhaft vorgestellt.

Im 3. Kapitel werden die beiden aktuellsten deutschen Datensätze zum Verkehrsverhalten der deutschen Wohnbevölkerung kurz vorgestellt und ihre Aufbereitung für die vorliegende Aufgabenstellung präsentiert.

Die deskriptiven Analysen sowie die Anwendung von zwei statistischen Verfahren sind Gegenstand des Kapitels 4.

Wie diese Erkenntnisse generell in standardisierte verkehrsplanerische Modellansätze implementiert werden können, wird in Kapitel 5 beschrieben.

Im 6. Kapitel erfolgt die Darstellung eines Anwendungsbeispieles. Hier werden die Ergebnisse exemplarisch in einem Verkehrsmodell für eine Großstadt umgesetzt.

Den Abschluss bildet die Beurteilung der Umsetzungsmöglichkeiten und gibt einen Ausblick auf weiteren Forschungsbedarf.

2 Stand der Wissenschaft

Auch wenn der Aktivitäten basierte Ansatz der Verkehrsmodellierung seit langem die Interaktionen von Haushaltsmitgliedern betont, weist die Literatur erst in letzter Zeit vermehrt Beispiele auf, in denen versucht wird, diese Wechselwirkungen zwischen Haushaltsmitgliedern bzw. die Einflüsse von Haushaltscharakteristiken auf das tägliche individuelle Mobilitätsverhalten angemessen zu modellieren.

Das kann zum einen darin begründet liegen, dass die zur Analyse geeigneten Verfahren erst mit der Implementierung in leistungsfähige Softwareprogramme verbreiteter Anwendung finden und zum anderen darin, dass Untersuchungen von gemeinsamen Aktivitäten bzw. von gemeinsamen Wegen eine geeignete Datenbasis in Form von hierfür geeigneten Haushaltsbefragungen voraussetzen.

Die besondere Schwierigkeit - auch bei Vorliegen von Informationen zu den berichteten Wegen aller Personen eines Haushalts – liegt in der Kennzeichnung von gemeinsamen Aktivitäten bzw. Wegen. So können „gemeinsame“ Aktivitäten gemeinsam bezüglich des Zwecks, des Ortes oder der Zeit sein bzw. „unscharfe Kombinationen“ aus oberen darstellen. „Unscharfe Kombination“ können z.B. sein:

- der eigentliche Anlass ist es, gemeinsam einen geschäftlichen Brief eines Haushaltsmitglieds zur Post zu bringen und ein Haushaltsmitglied notiert dies als Zweck „Arbeit“, das andere als Zweck „Freizeit“,
- zwei Personen fahren gemeinsam in ein Einkaufszentrum und der eine geht zum Frisör, der andere in ein naheliegendes Geschäft oder
- zwei Haushaltsmitglieder besuchen Freunde, fahren aber getrennt hin, wobei der eine 15 Minuten vor dem anderen eintrifft und zehn Minuten länger bleibt.

Bei der grundsätzlichen Herangehensweise an diese Fragestellung lassen sich zwei ähnliche, aber dennoch in einigen Punkten variierende Ansätze unterscheiden. In der Mobilitätsforschung wurden im deutschsprachigen Raum in den letzten Jahren sowohl mikroskopische Analyse- und Modellierungsmethoden als auch aggregierte, statistikorientierte Ansätze verwendet.

Die mikroskopischen Ansätze setzen verstärkt auf einen Rückschluss aus der Detailebene auf das Kollektiv. Indem das Mobilitätsverhalten der einzelnen Untersuchungseinheit intrapersonell analysiert wird, lassen sich in der Verallgemeinerung Rückschlüsse auf Verhaltensweisen des Kollektivs ziehen. Die entwickelten Modelle sind dann hauptsächlich ebenfalls mikroskopisch und möglichst weitgehend regelbasiert. Waßmuth (2001) hat z.B. bei der Aufstellung eines Reorganisationsmodells zur Abschätzung der Änderungen im Verkehrsverhalten durch sog. "autoarmes Wohnen" dieses Vorgehen auch auf der Haushaltsebene angewendet, ohne jedoch konkret die Wechselwirkungen zu berücksichtigen. Die mikroskopischen Ansätze werden häufig im Zusammenhang mit der Auswertung der Daten des

Deutschen Mobilitätspanels (MoP) eingesetzt, weil diese Erhebung durch den Längsschnitt- und Panelansatz zahlreiche Daten auf der intrapersonellen Ebene liefert. Die konsequente Ausnutzung des mikroskopischen Ansatzes führt zwangsläufig zu einem reduzierten Einsatz statistischer Modelle.

Aus der internationalen Forschung ist eher die aggregierte, statistikorientierte Herangehensweise bekannt. Hierbei werden durch den Einsatz komplexer statistischer Modellansätze Zusammenhänge in Abhängigkeit von exogenen Variablen für vorher definierte endogene Variablen berechnet. Diese Methode erlaubt (und fordert) einen wesentlich komplexeren Einsatz statistischer Modellansätze und konzentriert sich weniger auf die intrapersonellen, qualitativen Analysen. Natürlich ist aber auch auf der intrapersonellen Ebene der Einsatz von quantitativen statistischen Methoden möglich (vgl Axhausen et al, 2002)

Da die Frage nach den Wechselwirkungen im Haushaltszusammenhang (im Gegensatz zu dem Projekt "Bestimmung multimodaler Personengruppen") nur wenig Informationsgewinn aus einem längeren intrapersonellen Betrachtungszeitraum ziehen kann, bietet sich hier neben dem MoP auch die intensive Verwendung der Daten der Erhebung "Mobilität in Deutschland" an. Aufgrund der Verwendung von Querschnittsdaten wurden für dieses Forschungsprojekt aggregierte, statistikorientierte Ansätze verwendet, um die Aussagekraft und Zuverlässigkeit der Modellergebnisse zu erhöhen.

2.1 Analysemethoden

Zu den Methoden, die in den letzten Jahren immer mehr zur Analyse des Verkehrsverhaltens eingesetzt wurden, zählen u.a.:

- Multilevel Modelle (werden in unterschiedlichen Forschungsfeldern auch als Random coefficient models, mixed models oder hierarchical linear models bezeichnet)
- Logit Modelle
- Struktur-Gleichungs-Modelle (SEM) oder
- Ordered Probit Modelle

Beispiele für die Anwendung dieser Verfahren zur Untersuchung des Einflusses des Haushaltszusammenhangs auf das individuelle Verkehrsverhalten in unterschiedlichen Bereichen geben die nächsten Abschnitte.

2.1.1 Multilevel Modelle

Goulias (2002) setzt erstmalig ein multivariates Multilevel Modell in der Verkehrsanalyse ein, um die Wechselwirkungen zwischen dem Verhalten der einzelnen Haushaltsmitglieder und den Eigenschaften der Haushalte und Wohnorte zu model-

lieren.

Als Datengrundlage dient ihm das Puget Sound Transportation Panel (USA), eine Wegetagebucherhebung über drei aufeinanderfolgende Werktage im Großraum Seattle (US-Bundesstaat Washington) von 1989 (siehe auch Murakami und Watterson, 1990).

Goulias analysiert mit seinem Modell die individuelle Wahl von Zeitaufteilungen auf Pflicht-, Versorgungs-, Freizeit- und Reiseaktivitäten unter Berücksichtigung der genesteten Hierarchie von Haushalten, Personen und Zeitpunkten. Er untersucht die gemeinsamen und multivariaten Korrelationsstrukturen von den vier abhängigen Variablen sowohl in Bezug auf einen Querschnitt als auch auf den longitudinalen Charakter der Daten.

Variablen

Die vier untersuchten abhängigen Variablen sind:

- Reisezeit (min/Tag) pro Person („Unterwegszeiten“)
- Aufgewendete Zeit für den Zweck Pflicht (Aktivitäten Arbeit, Schule und Universität in min/Tag) pro Person
- Aufgewendete Zeit für den Zweck Versorgung (Einkaufen, private Erledigungen, Bringen und Holen in min/Tag) pro Person
- Aufgewendete Zeit für den Zweck Freizeit (min/Tag) pro Person

Als erklärende, exogene Variable werden u.a. die folgenden in die Analyse mit einbezogen:

- Erwerbstätigkeit (als Dummy-Variable), Geschlecht (Dummy), Alter und Führerscheinbesitz (Dummy)
- Anzahl Erwachsene im HH, Anzahl Kinder zwischen 6 und 17
- Besitz zweier Autos (Dummy), Besitz von 3+ Autos (Dummy)
- Logarithmus der Arbeits-Wohnort Distanz in Meilen
- Bevölkerungsdichte am Wohnort

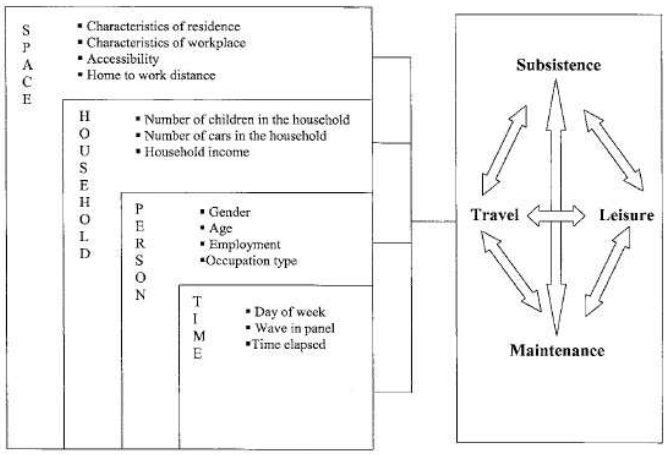


Abbildung 1: Graphische Darstellung des multivariaten Multilevel Models (Quelle: Goulias 2002)

Goulias wendet zwei Modelle an: als erstes ein Modell ohne explanatorische Variablen in Anlehnung an die Varianzanalyse (Null-Modell, fully unconditional model), welches als sogenanntes Benchmark dient. Und als zweites ein Modell, das die Abhängigkeiten über die Jahre sowie die gemeinsame Korrelationsstruktur der vier abhängigen Variablen mit berücksichtigt. Dieses zweite Modell ist dreistufig und enthält zusätzlich explanatorische Variablen, eine Kovarianzstruktur, die die Verbindung zwischen den vier abhängigen Variablen reflektiert und Varianzen in jeder der drei Stufen (Zeit, Person, HH), die selbst wieder Funktionen von unabhängigen Variablen sind. Die vierte Stufe (Space) wird nicht mit abgebildet, sondern über unabhängige Variablen mit einbezogen.

Berücksichtigt werden muss, dass eine Erhöhung der Anzahl unabhängiger Variablen innerhalb der einzelnen Stufen Auswirkungen auf die Varianz der anderen Stufen hat, sobald nennenswerte Interaktionen zwischen den Stufen auftreten.

Ergebnisse

Beim ersten Modell kommt Goulias zu dem Ergebnis, dass der Hauptanteil der Varianz innerhalb der Personen und zwischen den Zeitpunkten für Reisen, Versorgung und Freizeit liegt. Aber auch die Varianz auf dem Haushalts-Level beträgt mehr als 1/3 der Varianz auf dem Personen-Level und ist somit nicht vernachlässigbar, womit der Multilevel-Ansatz gerechtfertigt ist.

Beim zweiten Modell zeigt sich erwartungsgemäß, dass bei den Wegedauern weniger Minuten von den Erwerbstätigen erbracht werden (8 Minuten weniger) und dass die logarithmische Wohnungs-Arbeitsdistanz einen hohen positiven Effekt auf die Unterwegszeiten hat. Zudem zeigt sich, dass Männer durchschnittlich 6,5 Minuten länger als Frauen unterwegs sind und der jährliche Alterungsprozess bewirkt einen Rückgang von 0,18 Minuten, was wesentlich geringer ist als der Effekt eines zusätzlichen Erwachsenen im Haushalt. Die Anzahl der Kinder, der Auto- bzw. Führerscheinbesitz und der Wochentag, an dem das Interview durchgeführt wird, hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Reisezeiten.

Erwartungsgemäß ist die Zeit, die Erwerbstätige für die Pflichtaktivitäten aufbringen, doppelt so hoch wie die der Nichterwerbstätigen, wobei Männer hier mehr Zeit verbringen als Frauen. Auch die Gruppe der über 65-jährigen wendet aufgrund des Ruhestands durchschnittlich weniger Zeit für die Pflichtaktivitäten auf.

Für Versorgungsaktivitäten investieren Erwerbstätige weniger Zeit, genauso wie Männer im Vergleich zu Frauen. Sind Kinder zwischen 6 und 17 Jahren im Haushalt vorhanden, so hat dies auch einen erhöhten Zeitaufwand für diese Aktivitäten zur Folge.

Für Freizeitaktivitäten werden von Erwerbstätigen im Durchschnitt weniger Minuten aufgewandt als von Nichterwerbstätigen, wobei das Geschlecht hier keinen signifikanten Einfluss hat. Allerdings hat die Anwesenheit von Kindern zwischen 6 und 17 Jahren Einfluss auf die Dauer der Freizeitaktivitäten für Frauen, die im Durchschnitt länger ist. Auch der Führerschein- sowie der Pkw-Besitz haben positive Auswirkungen auf die Dauer von Freizeitaktivitäten.

Zusammenfassend konnte Goulias zeigen, dass die intrapersonelle Varianz für Wegezeiten, Versorgungs- und Freizeitaktivitäten über die Zeitpunkte höher als die interpersonelle Varianz. Für die Pflichtaktivitäten ist aufgrund der Erwerbstätigkeit hingegen der Einfluss des Personenlevels am höchsten.

Die Verwendung von Multilevel Modellen ermöglicht es, unterschiedliche Datenhierarchien explizit abbilden zu können und damit die Variation von Kausalbeziehungen auf der untersten Ebene zu untersuchen und zwar unter Berücksichtigung der Einflüsse aus der nächst höheren Aggregatebene. Außerdem eignen sie sich hervorragend zur Analyse von Messwiederholungen im Rahmen von Panelstudien.

2.1.2 Logit Modelle

Diskrete Wahl Modelle finden bereits seit längerer Zeit Anwendung im Verkehrsbereich, insbesondere zur Modellierung von Verkehrsmittelwahlentscheidungen. Diese Modelle berechnen das Entscheidungsverhalten der Befragten auf Basis der Nutzenmaximierungsannahme, d.h. basierend auf der Annahme, dass sich die Personen für die Alternative entscheiden, die ihnen den größten Nutzen bringt.

Die bislang am häufigst genutzten Modelle stellen die Multinomialen Logit Modelle sowie die genesteten Logit Modelle dar, die als Untergruppe der „generalized extreme value models“ aufgefasst werden können (für einen Überblick siehe zum Beispiel Train, 2003).

Im Folgenden werden zwei Beispiele für Anwendungen dieser Modellfamilie vorgestellt.

Nested Logit Modell

Wen und Koppelman (2000) nutzen nested Logit Modelle mit einer zweistufigen Struktur zur Modellierung von Aktivitäten- und Reiseverhalten.

Die beiden Ebenen werden dabei wie folgt gewählt:

1. Erzeugung von Versorgungsstops (maintenance stop generation) und Pkw-Zuordnungsmodelle (stop/auto allocation)

2. Tourbildungsmodelle (tour formation model) unter Berücksichtigung der Wahl in der ersten Stufe

Individuelle und haushaltsbezogene sozio-demographische Kenngrößen sind dabei wichtige Faktoren, die sowohl die Wahl auf der erste Stufe, also der Generierung von „Haushalts-Versorgungs"-Stops und die Einteilung der Stops und Autos zwischen den Haushaltsmitgliedern als auch die Wahlentscheidungen der zweiten Stufe – Anzahl der Touren und die Zuteilung der Stops zu Touren - beeinflussen.

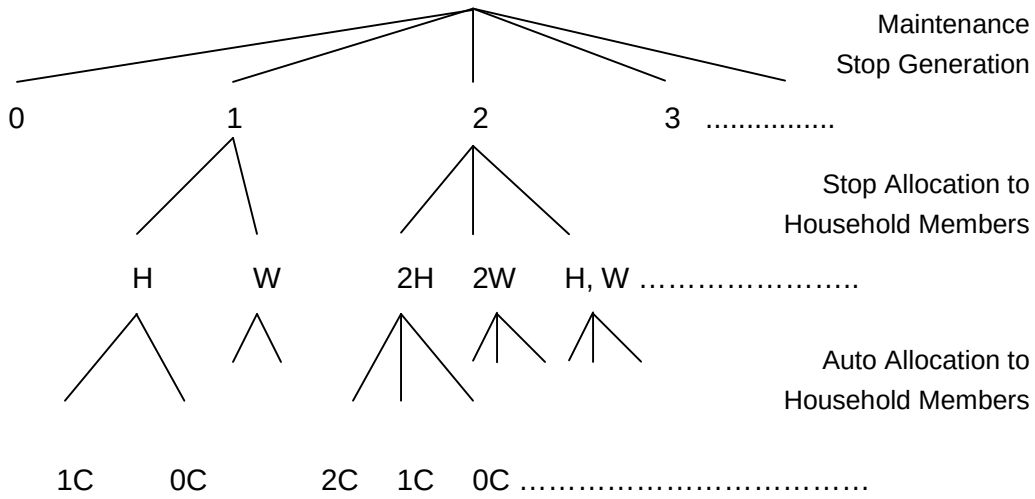
Unter einer Tour verstehen Wen und Koppelman ein angeordnetes Set von Wegen, die sich von Stop zu Stop bewegen, so dass jeder Halt nur genau einmal gezählt wird und die Person zu ihrem Ausgangspunkt zurückkehrt.

Auch Wen und Koppelman unterteilen die Aktivitäten eines Haushalts, die unternommen werden um seine Bedürfnisse zu stillen, in solche die die Existenz bzw. den Lebensunterhalt (Pflicht) betreffen, in solche die die Versorgung (maintenance) zum Ziel haben und in Freizeitzwecke. Während die ersten beiden Haushaltsbedürfnisse darstellen, entsteht letzteres durch das individuelle Bedürfnis.

Grundlage für die Modellschätzung sind Haushalte der 1994 in Portland, Oregon, durchgeführten Haushaltsbefragung zum Aktivitätenverhalten (US Departement of Transportation, 1996) – eingeschränkt auf verheiratete Paare ohne weitere Erwachsene und ohne Kinder über 12 Jahren. Eine weitere Bedingung ist, dass es sich bei den Wegen nur um solche handelt, bei denen die Versorgungsaktivitäten individuell durchgeführt werden.

Wen und Koppelman führen die genestete Logit-Schätzung für jede Stufe durch, wobei die Ergebnisse der zweite Stufe Erreichbarkeitsmaße ergeben, die in das erste Stufen Modell integriert werden:

1. Ebene: das oberste Level ist die Wahl der Anzahl von Versorgungshalten des Haushalts (Anzahl: 1, 2, 3 ...), die zweite Stufe besteht aus der Einteilung der Halte auf die Haushaltsmitglieder (jeweilige Anzahl aufgegliedert nach Anzahl der weiblichen bzw. männlichen Personen), während auf der untersten Stufe die Zuordnung der Autoverfügbarkeit zu den Personen erfolgt:



H = husband, W = wife, 2H = Two maintenance stops by husband …
0C = no Car available, 1C = one car available ….

Abbildung 2: Hierarchische Struktur der ersten Ebene (nach Wen, Koppelman 2000)

2. Ebene: insgesamt stehen hier 4 Möglichkeiten im obersten Nest zur Auswahl: Erwerbstätige mit und ohne Versorgungsstop, Nicht-Erwerbstätige mit und ohne Versorgungsstop. Die Aktivitätenketten für Erwerbstätige mit Versorgungsstop können dann auf der nächsten Stufe weiter unterteilt werden in Versorgungsstops innerhalb der Arbeitstour bzw. nicht in der Arbeitstour - wobei die Aktivitätenketten sich aus den Zwecken Wohnen, Arbeiten, Versorgen und Freizeit zusammensetzen können.

Variablen

Als exogene Variablen wurden auf den unterschiedlichen Stufen und Nestern die folgenden untersucht:

- Anzahl Erwerbstätige, Anzahl Autos, Vorhandensein von Kindern (Stop generation choice)
- Männlich, Erwerbstätiger (in einem Ein-Erwerbstätigen HH), Vollzeit-Erwerbstätiger (in Zwei-Erwerbstätigem HH) (Stop allocation choice)
- Anzahl der Versorgungsstops, in denen ein Auto zur Verfügung steht (Auto allocation choice)
- Anwesenheit von Kindern und Stops dem Mann zugeordnet, Anwesenheit von Kindern und Stops dem Erwerbstätigen zugewiesen (als Interaktionsvariable)
- Ehemann teilzeit-erwerbstätig, Ehefrau nicht-erwerbstätig (tour choice)
- Versorgung vor/nach der Arbeit, Versorgung und Arbeit in verschiedenen Touren, Versorgung zwischen der Arbeit, Anwesenheit von Kindern und Versorgungsstops vor/nach der Arbeit (Assignment of maintenance stops choice)

Ergebnisse

Die Ergebnisse der ersten Stufe lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Die Anzahl der Versorgungsstops steigt mit wachsender Anzahl an Erwerbstätigen, der Anzahl an Autos und dem Vorhandensein von Kindern im Haushalt. Letzteres hatte den höchsten Einfluss auf die Zahl der entsprechenden Stops.
- Versorgungsstops sind weniger wahrscheinlich für:
  - Erwerbstätige als für Nicht-Erwerbstätige im Ein-Erwerbstätigen Haushalt
  - den Vollzeit-Erwerbstätigen als für einen Teilzeit-Erwerbstätigen in Haushalten mit einem Vollzeit- und einem Teilzeiterwerbstätigen
  - Männer im Vergleich zu Frauen

  Dies reflektiert, dass aufgrund der flexibleren Zeitplanung Teilzeitkräfte und Nichterwerbstätige sich mehr mit Versorgungsaktivitäten auseinander setzen müssen und das immer noch Vorhandensein der traditionellen Frauenrolle in Bezug auf ihre Versorgungsaktivitäten.
- In Haushalten mit nur einem Auto ist es sehr wahrscheinlich, dass derjenige den Versorgungsaktivitäten nachgeht, der auch das Auto zugeteilt bekommt.
- Interaktionsterme wiesen negative Vorzeichen auf und bedeuten daher eine geringere Wahrscheinlichkeit für Versorgungsstops von Männer im Vergleich zu Frauen und von Erwerbstätigen denn Nichterwerbstätigen, besonders in HH mit Kinder.

Ergebnisse der Schätzungen der Tour-Pattern-Wahl ergab für Erwerbstätige ohne Versorgungsstop und Nichterwerbstätige mit bzw. ohne Versorgungsstops keine signifikanten Variablen, so dass eine Beschränkung der Modelle der zweiten Stufe auf Haushalte mit Erwerbstätigen, einem Versorgungshalt und einem verfügbaren Auto – getrennt nach Geschlecht – erfolgte:

- Für erwerbstätige Frauen ergab sich die Präferenz für eine Tour mit Versorgungsstop nach der Arbeit bzw. für getrennte Versorgung und Arbeitstouren. Sind Kinder vorhanden, steigt die Wahrscheinlichkeit für Versorgungsaktivitäten vor oder nach der Arbeit (aufgrund der Kinderbetreuung und des Begleitservice).
- Für den erwerbstätigen Mann resultierte eine Präferenz für getrennte Touren, während die Anwesenheit von Kindern so gut wie keinen Einfluss auf die Entscheidung hat. Für Teilzeit-Erwerbstätige sind zwei oder mehr Touren wahrscheinlicher (aufgrund der größeren zeitlichen Budgets und Flexibilität) und ist die Ehefrau erwerbslos, unternimmt der Ehemann weniger multiple Touren.

“Share Model”

Gliebe und Koppelman untersuchen in ihrer Arbeit 2002 das gemeinsame Aktivitätenverhalten von Haushaltsmitgliedern. Sie beschreiben gemeinsame Unternehmungen zum größten Teil als nicht-arbeitsbezogene Aktivitäten, die eine wichti-

ge Komponente für Wege/Verkehr zu bestimmten Zeitperioden darstellen und die den individuellen Reiseablauf beeinflussen.

Als Datengrundlage dient Gliebe und Koppelman, ebenso wie schon Goulias, das Puget Sound Transportation Panel (USA) von 1989.

Folgende Hypothesen werden von Gliebe und Koppelmann aufgestellt:

- Je höher die Stufe bzgl. Beschäftigung/Anstellung, die Anzahl der anwesenden Kindern und die Anzahl Autos, desto weniger gemeinsame Aktivitäten von Erwachsenen werden durchgeführt.
- Verbrachte Zeit mit Aktivitäten zur Erhaltung des Lebensunterhalts (Arbeit, Schule) reduzieren die verfügbare Zeit für Versorgungs- und Freizeitaktivitäten, bei denen die Gelegenheiten für gemeinsame Unternehmungen am größten sind.
- Die Anwesenheit von Kindern führt meistens zur Arbeitsteilung: einer der Haushaltsvorstände geht arbeiten, um den Lebenserhalt zu finanzieren und der andere übernimmt die Aufsicht der Kinder und Aufgaben der Haushaltsversorgung. Gelegenheiten für gemeinsame Unternehmungen werden dadurch drastisch reduziert und Freizeitaktivitäten eingeschränkt.
- Der Besitz von Autos: Haushalte mit einem Auto tendieren dazu, mehr außerhäusliche Freizeitaktivitäten zu unternehmen als Haushalte ohne Auto. In Haushalten mit mehreren Autos ist wiederum die Anzahl der individuell durchgeführten Aktivitäten höher, da der Wettbewerb ums Auto entfällt und die Koordination weniger wichtig ist.

Gliebe und Koppelman nutzen ein Proportional Share Model, das getrennte tägliche Aktivitätenverhalten der multiplen Entscheidungsträger im Haushalt repräsentiert und sie durch den Nutzen verbindet, der sich für jedes Haushaltsmitglied durch die Teilnahme an gemeinsamen Aktivitäten ergibt. Dabei wird zwischen einer gemeinsamen und einer individuellen Ebene unterschieden. Die gemeinsame Ebene beinhaltet die gemeinsame Entscheidung, ob und wie viel Zeit mit gemeinsamen Aktivitäten verbracht wird. Es wird abgewogen gegen den zusammengesetzten Nutzen der wechselnden, unabhängigen Aktivitäten beider Individuen. Dabei bezieht sich die individuelle Ebene auf die Zeit, die für zahlreiche individuelle Aktivitäten zur Verfügung steht und wird bedingt durch den Anteil, der für gemeinsame Aktivitäten aufgewandt wird.

Außerdem werden noch unterschiedliche Gewichte des erwarteten Nutzen für jede Person aus den unabhängigen Aktivitäten zugelassen, da Individuen disproportionale Einflüsse auf das gemeinsame Entscheidungsverhalten ausüben können.

Das angewandte Modell hat Ähnlichkeit zum multinomialen nested Logit Modell, ohne jedoch einen Log-Summen Parameter zu beinhalten. Die Ähnlichkeitsparameter werden implizit auf Eins gesetzt.

Die Anwendung des Modells ist beschränkt auf:

- Haushalte mit 2 Erwachsenen (beide älter als 18, die miteinander in Beziehung stehen, d.h. z.B. keine Studenten-Wohngemeinschaften)
- Werktage

Die Schätzung getrennter Modelle für jedes Geschlecht ist nicht möglich, da die Nutzen der beiden Personen auf dem oberen Level des Modells kombiniert werden, um die gemeinsame Entscheidung zwischen gemeinsamen und unabhängigen Aktivitäten abzubilden.

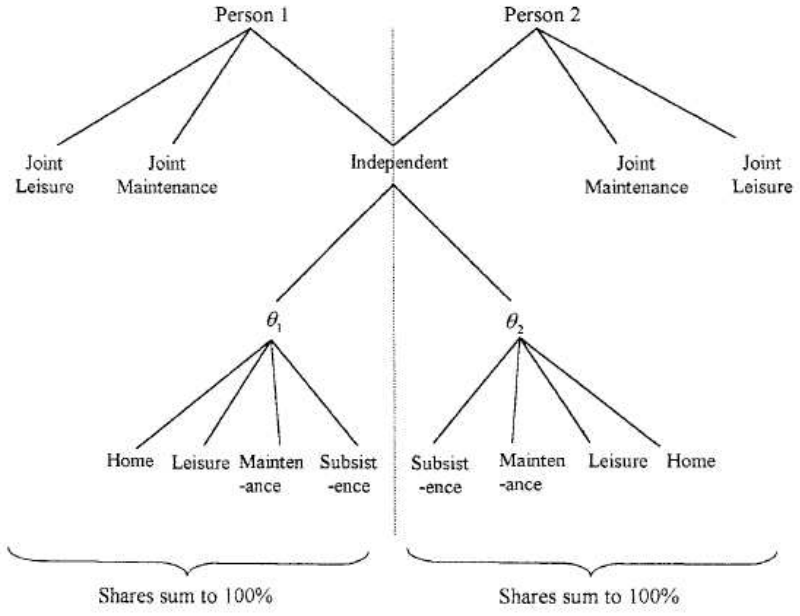


Figure 1. Structural representation of a proportional shares model of daily time use for a two-adult household.

Abbildung 3: Struktur eines proportional share models (Quelle: Gliebe und Koppelman, 2002)

Variablen

Die untersuchte abhängige Variable ist der Anteil an Zeit (min) pro 24 Stunden-Tag und Aktivität (Pflicht, Versorgung, Freizeit und Wohnung), wobei Versorgungs- und Freizeitwege getrennt wurden in individuelle und gemeinsame Wege. Die Wegedauern für Nach-Hause-Wege wurden zu den außerhäuslichen Aktivitätentypen addiert und zwar proportional zu den Dauern der jeweiligen Aktivitätenzielen (da empirische Arbeiten gezeigt haben, dass die An- und Abfahrten zu den jeweiligen Aktivitäten als Teil der Aktivität aufgefasst werden).

Die erklärenden exogenen Variablen sind beschränkt auf die sozioökonomischen Variablen der Personen bzw. Haushalte, die in der untersuchten Studie erhoben wurden, wie z.B. Erwerbstätigkeit (Vollzeit, Teilzeit), Student, Anzahl Autos, Anzahl Kinder zw. 0 und 17 Jahren (kombiniert mit gemeinsamen Versorgungs/Freizeitwegen und Geschlecht*Einkommen), Anzahl Kinder zwischen 0 und 5 Jahren.

Beim ersten Modell wird angenommen, dass die Aktionen der Entscheidungsträger bis auf den Einfluss der gemeinsamen Haushalts-Attribute unabhängig sind und dass es ein äquivalentes multinominales Logit Share Modell für jede Person gibt.

Beim zweiten Modell wird dieselbe Annahme getroffen - allerdings mit der Einschränkung, dass die gemeinsamen Aktivitäten-Alternativen innerhalb eines Haushaltes gleich sind. Die Gewichtung des erwarteten Nutzens des unabhängigen Anteils geschieht durch „person importance function“. Dieses Modell erzielt eine geringe aber signifikante Verbesserung bzgl. der Log-Likelihood gegenüber des ersten Modells.

Ergebnisse

Die Ergebnisse, zu denen Gliebe und Koppelman kommen, sind Folgende:

- Die Zeit die individuell mit „Arbeiten“ verbracht wird, ist ausschlaggebend für die Bestimmung des Anteils an gemeinsamen Aktivitäten.
- Teilzeitarbeit unterliegt einer hohen täglichen Variation bezüglich des Zeitplans.
- Geschlecht und Altersunterschiede sind nicht signifikant – in der Stichprobe war der mittlere Anteil der Berufstätigen unter den Männern höher als bei den Frauen, was auf den Einfluss des Geschlechts bezüglich der langfristigen Aktivitätenentscheidungen hindeutet.
- Die Erwerbstätigkeit, bezogen auf den gesamten Haushalt, hat einen negativen Effekt auf die Zeiteinteilung für gemeinsame Versorgungs-Aktivitäten – auf die Zeiteinteilung bezüglich gemeinsamer Freizeitaktivitäten war sie nur für das erste (unabhängige) Modell signifikant.

Die Ergebnisse stützen die Hypothese, dass die Erwerbstätigkeit den Haushalt für einen großen Teil des Tages trennt, was die gemeinsamen Aktivitäten außer Haus entweder schwieriger macht zu koordinieren oder weniger wünschenswert von einem Effektivitätsstandpunkt aus erscheinen lässt.

Weiterhin zeigt sich, dass die Anzahl der Pkws in einem Haushalt hoch korreliert ist mit dem Level der Erwerbstätigkeit. Bezüglich der Anwesenheit von Kindern und der Interaktionen mit weiblichen Entscheidungsträgern kommen Gliebe und Koppelman zu Ergebnissen, dass die Anzahl an Kindern zwischen 0 und 17 Jahren einen negativen Effekt auf die gemeinsamen außer-häuslichen Versorgungs- und Freizeitaktivitäten der Erwachsenen hat. Interessanterweise hat die Anzahl von Kindern keinen Einfluss auf unabhängige Aktivitäten wie Versorgung, Freizeit und Lebensunterhalt - erst im Zusammenhang mit einer Interaktionsvariable, die in Kombination mit dem Geschlecht definiert wurde, ergeben sich Signifikanzen. Hier deutet alles auf eine Aufgabenspezialisierung hin, die geschlechtsspezifisch ist. Die Anwesenheit von Kindern verringert die Zeit für gemeinsame Aktivitäten für beide Elternteile und erhöht die Zeit, die Mütter mit Versorgungsaktivitäten verbringen (bringen/holen). Zudem zeigt sich eine Verringerung der weiblichen Arbeitszeit (relativ zu der vom Mann) wenn die Kinder sehr jung sind – dieser Effekt ist allerdings

nicht mehr signifikant, wenn die Kinder das Schulalter erreichen.

Mit Hilfe einer weiteren Interaktionsvariable (Kinder, Weiblich und Einkommensklassen < bzw.> $40,000) zeigen Gliebe und Koppelman signifikant unterschiedliche Parameter zwischen den beiden Gruppen. Frauen mit Kindern in den höheren Einkommensklassen tendieren dazu mehr Zeit mit Versorgungs- und unabhängigen Pflichtaktivitäten zu verbringen, als Frauen mit Kindern in den unteren Einkommensklassen.

Schlussendlich merken Gliebe und Koppelman an, dass ihre Modellierung verbessert werden könnte durch die Abbildung von Korrelationen zwischen den einzelnen Aktivitäten. Zudem äußern sie Bedenken wegen der Verwendung von Paneldaten und sehen als Alternative die mixed Logit Modelle.

2.1.3 Struktur-Gleichungs-Modelle (SEM)

In ihrer Arbeit untersuchen Simma und Axhausen (2001) die Interaktionen von Elternteilen einer Kernfamilie hinsichtlich ihrer außerhäuslichen Aktivitäten bzw. deren Einfluss auf das Verkehrsverhalten.

Zur Analyse der Daten wird ein Struktur-Gleichungs-Modell (SEM) eingesetzt, mit dem es generell möglich ist, eine Vielzahl von endogenen und exogenen Variablen, aber auch latenten (nicht beobachtbaren) Variablen gleichzeitig zu analysieren. Dabei werden nicht die Beobachtungen selbst genutzt, sondern die Kovarianzen bzw. Korrelationen zwischen diesen. Das Verfahren hat einen konfirmatorischen Charakter, d.h. es ist ein hypothesenprüfendes Verfahren, und stellt eine Verallgemeinerung von u.a. Regressions- oder auch konfirmatorischer Faktorenanalyse dar.

Ein vollständiges Strukturgleichungs-Modell besteht aus drei Teilmodellen – zwei Messmodellen und einem Strukturmodell. Die Messmodelle enthalten die Beziehungen zwischen den latenten und den direkt beobachtbaren Variablen, das Strukturmodell die Beziehungen zwischen den exogenen und den endogenen Variablen. In der Praxis werden die vollständigen Modelle jedoch selten angewandt und auch Simma und Axhausen stellen in ihrer Arbeit nur Strukturmodelle vor, da Analysen gezeigt haben, dass sich das Verkehrsverhalten nicht gut durch latente Variablen darstellen lässt.

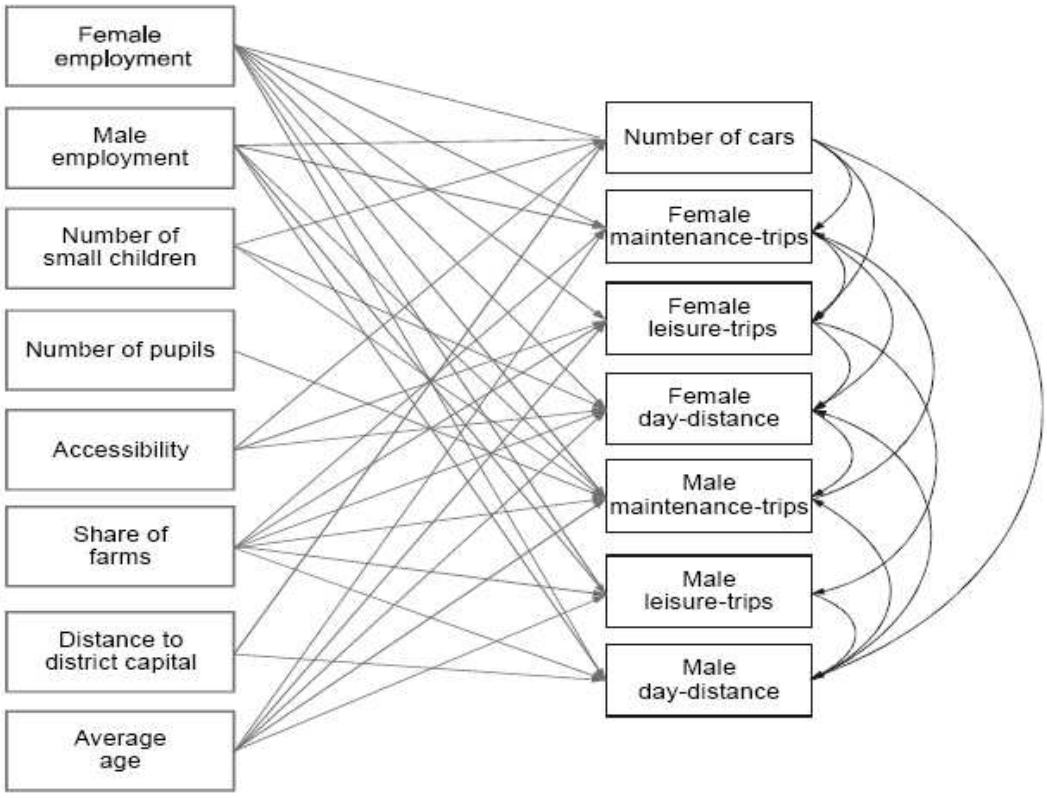


Abbildung 4: Pfad-Diagramm des modifizierten Modells (Quelle: Simma und Axhausen, 2001)

Die Datenbasis bildet eine umfangreiche Verkehrserhebung der oberösterreichischen Landesregierung aus dem Jahr 1992, bei der jeder dritte Haushalt in Oberösterreich befragt wurde (Amt der oberösterreichischen Landesregierung, 1995). Für die Analysen wurden sämtliche Wege an Wochentagen von Erwachsenen in einer Kernfamilie (männlicher und weiblicher Haushaltsvorstand) ausgewertet.

Variablen

Als exogene Variablen fließen die folgenden soziodemographischen und räumlichen Kenngrößen in die Modelle ein:

- auf der Personenebene die Erwerbstätigkeit und das Alter,
- auf der Haushaltsebene die Anzahl der Kleinkinder und der Schüler,
- auf der räumlichen Ebene die Distanz zum Mittelzentrum, die Anzahl der zu erreichenden Einrichtungen von einem Haushalt aus, der Anteil der Auspendler an allen Erwerbstätigen, der Anteil der erwerbstätigen Frauen an allen Frauen und der Anteil landwirtschaftlicher Gebäude an allen Gebäuden.

Als endogene Variablen werden

- die Anzahl der Wege mit den Aktivitäten Einkaufen und Freizeit,
- die Gesamtlänge der Wege eines Tages und

- die Anzahl der im Haushalt vorhandenen Pkws

betrachtet.

Ergebnisse

Als Ergebnis des Modells zeigt sich zum einen, dass der Pkw-Besitz einen induzierenden Effekt auf die Mobilität hat – sowohl für Männer als auch für Frauen, was auch in einer höheren Wegelänge zum Ausdruck kommt. Weitere Ergebnisse stützen die Hypothese, dass Mütter – speziell erwerbstätige – weniger Zeit zur freien Verfügung haben (negativer Effekt der exogenen Variable „weibliche Erwerbstätigkeit“ auf die Anzahl der Freizeitwege von Frauen sowie der negative Effekt der Anzahl der Versorgungswege von Frauen auf die Anzahl ihrer Freizeitwege). Auf der anderen Seite konnten auch positive Wechselwirkungen zwischen den Aktivitäten der beiden Haushaltsvorstände aufgezeigt werden: So hat z.B. die Anzahl der Freizeitwege von Frauen einen positiven Effekt auf die Anzahl der Freizeitwege der Männer.

Hinsichtlich der exogenen Variablen zeigen die Variablen der Personenebene die größte Erklärungskraft. Der Effekt der Erwerbstätigkeit der Frau auf das männliche Verkehrsverhalten ist höher als erwartet, da die Erwerbstätigkeit mit einer Erhöhung der Anzahl der Versorgungswege der Männer einhergeht, was auf ein Übernehmen zumindest eines Teils der Haushaltspflichten hindeutet. In bezug auf die Variable des durchschnittlichen Alters lässt sich festhalten, dass ein höheres Alter auf ein eher traditionell geprägtes Bild der Arbeitsaufteilung hinsichtlich des Geschlechts hindeutet. Die Anzahl der Kinder (sowohl Kleinkinder als auch Schulkinder) haben einen positiven Einfluss auf die Anzahl der Versorgungswege – sowohl für Frauen als auch für Männer.

Eine hohe infrastrukturelle Abdeckung bewirkt einen Rückgang der Wegelängen sowie die Notwendigkeit des Autobesitzes und reduziert damit die Wegeintensität.

Insgesamt zeigt sich, dass die geschlechterspezifische Rollenverteilung in Kernfamilien für das tägliche Verhalten zwar immer noch eine Rolle spielt, aber Änderungen abzusehen sind: Vor allem die zunehmende Erwerbstätigkeit von Frauen und das damit an das männliche angleichende Mobilitätsverhalten, sowie die ähnlichen Effekte der Anwesenheit von Kindern auf das Verkehrsverhalten beider Elternteile.

In einer früheren Arbeit untersucht Simma (2000) anhand der gleichen Datengrundlage die Beziehungen zwischen den Lebensphasen, den räumlichen Strukturen, den Außer-Haus-Aktivitäten und dem Verkehrsverhalten unter Berücksichtigung der gesellschaftlichen Veränderungen der letzten Jahrzehnte – ebenfalls mit dem Ansatz der strukturellen Gleichungsmodelle.

Die vier Ausgangsmodelle (Modell zur Erwerbstätigkeit der Frau, Modell zur innerfamiliären Arbeitsteilung, Modell zum Verhalten von Müttern, Modell zum Alleinle-

ben) werden in Anlehnung an die vorher entsprechend formulierten Hypothesen spezifiziert, um herauszufinden, inwieweit sich die gesellschaftlichen Veränderungen im Bereich der Lebensformen auf das Verkehrsverhalten auswirken.

Auch hier zeigen sich als wichtigste Ergebnisse der Modelle, dass die Erwerbstätigkeit im Hinblick auf das Verkehrsverhalten ein entscheidender Faktor ist – sowohl bei Frauen als auch bei Männern. Die Anzahl der Kinder beeinflusst die Anzahl der Einkaufswege und die Tagesdistanzen beider Elternteile. Zudem resultiert ebenfalls aus allen Modellen, dass das Auto mobilitätsinduzierend wirkt und dass den Raumvariablen nur eine untergeordnete Bedeutung zu kommt.

2.1.4 Ordered Probit Modelle

In ihrer Veröffentlichung 2002 entwickeln Scott und Kanaroglou einen Ansatz für die Modellierung von Aktivitäten-Generierung unter Berücksichtigung der Interaktionen von Haushaltsvorständen für alle nicht-arbeitsbezogenen Außer-Haus-Aktivitäten auf täglicher Basis. Sie unterscheiden dabei nicht zwischen unterschiedlichen Aktivitätentypen, sondern differenzieren zwischen gemeinsamen und individuellen Wegen/Aktivitäten. Dafür nutzen sie ein trivariates ordered Probit Modell.

Dieses bildet drei nicht arbeitsbezogene Außerhaus-Aktivitäten ab und zwar

- die individuellen Aktivitäten des männlichen Haushaltsvorstands (bzw. erwerbstätigen Haushaltsvorstands),
- die individuellen Aktivitäten des weiblichen Haushaltsvorstands (bzw. nicht erwerbstätigen Haushaltsvorstands) und
- die gemeinsamen Aktivitäten.

Zudem berücksichtigt es sowohl die diskrete als auch ordinale Struktur der Entscheidungen (Anzahl der individuellen und gemeinsamen Außer-Haus-Aktivitäten) und es bildet explizit die Interaktionen zwischen Haushaltsvorständen durch ihre Teilnahme an diesen Aktivitäten ab.

Da die Erwerbstätigkeit einen negativen Einfluss auf die Anzahl an nicht-arbeitsbezogenen Außer-Haus-Aktivitäten hat, treffen Scott und Kanaroglou die Annahme, dass die Interaktionen zwischen Haushaltsvorständen mit der Anzahl der erwerbstätigen Haushaltsköpfen variiert. Daher bilden sie für die Modellschätzung folgende drei Gruppen:

1. Paar, nicht-erwerbstätiger Haushalt: verheiratet oder ledig, männlich-weibliche Paare mit oder ohne Kinder, keiner der Haushaltsvorstände ist erwerbstätig.

2. Paar, ein Erwerbstätiger: verheiratet oder ledig, männlich-weibliche Paare mit oder ohne Kinder, einer der Haushaltsvorstände ist erwerbstätig.

3. Paar, zwei Erwerbstätige: verheiratet oder ledig, männlich-weibliche Paare mit

oder ohne Kinder, beide Haushaltsvorstände sind erwerbstätig.

Die Daten, die als Grundlage für diese Analysen genutzt wurden, entstammen einer Haushaltsbefragung zum Verkehrsverhalten für das Ministerium für Verkehr in Ontario 1987.

Variablen

Als unabhängige Variablen werden soziodemographische und -ökonomische Charakteristiken wie

- das Alter,
- die Anzahl von Kindern unter 6, Kindern zwischen 6 und 10, Kindern zwischen 6 und 15,
- das Haushaltseinkommen,
- „Führerschein und Auto vorhanden“ als Interaktionsterm,

eingesetzt. Daneben werden noch Arbeits-Charakteristiken u.a.

- die gemeinsame Fahrt zur Arbeit der Haushaltsvorstände
- das Vorhandensein von mehreren Fahrzeugen im Haushalt und der Haushaltvorstand fährt alleine zur Arbeit bzw.
- ein Ein-Fahrzeug-Haushalt und der Haushaltvorstand fährt alleine zur Arbeit,
- Benutzung des ÖV durch den Haushaltsvorstand für den Weg zur Arbeit

für die Analysen berücksichtigt.

Ergebnisse

Als Ergebnis finden Scott und Kanaroglou signifikante Wechselwirkungen zwischen den Haushaltsvorständen. Die männlichen und weiblichen Vorstände der Gruppen 1 und 3 (keiner bzw. beide erwerbstätig) weisen eine positive Interaktion bezüglich unabhängiger Aktivitäten auf. Dies bedeutet sowohl gemeinsame als auch opportunistische Entscheidungsfindung:

- Gemeinsam dahingehend, dass die Haushaltsvorstände entscheiden, wer für welche Aktivität zuständig ist.
- Die opportunistische Entscheidungsfindung findet dahingehend statt, dass wenn ein Haushaltsvorstand eine unabhängige Aktivität durchführt, der andere sich der Situation anpasst und auch eher dazu neigt sich unabhängig außer Haus zu beschäftigen (Beispiel: Der Mann geht mit den Kindern zum Fußballtraining und die Frau beschließt, einkaufen zu gehen).

Zudem werden Unterschiede zwischen den drei Haushaltsgruppen aufgezeigt. So besteht z.B. die traditionelle Rollenverteilung nur noch in Gruppe 2 (eine Person erwerbstätig). Hier sind die Interaktionseffekte für unabhängig durchgeführte Aktivitäten nicht signifikant und weisen damit darauf hin, dass weder gemeinsame noch

opportunistische Entscheidungsfindungen stattfinden. Das bedeutet, dass der nicht erwerbstätige Partner, hier überwiegend weiblich, in erster Linie für die außerhäuslichen Versorgungsaktivitäten zuständig ist. Die Entscheidungen an gemeinsamen Aktivitäten teilzunehmen (in erster Linie Freizeit – Unterhaltung und Kontaktpflege), reduzieren die Wahrscheinlichkeit, dass Erwerbstätige unabhängige Aktivitäten durchführen. Dies wird gestützt durch den positiven Effekt der Anwesenheit von Kindern unter 6 Jahren auf die Teilnahme an gemeinsamen Aktivitäten.

Scott und Kanaroglou weisen darauf hin, dass es drei Alternativen zu dem von ihnen genutzten Modell gibt, bei denen auch zwischen den Aktivitätentypen differenziert werden könnte:

- Nested Logit Modelle
- Struktur-Gleichungs-Modelle
- Share Models.

2.2 Fazit

Die hier vorgestellten Verfahren und ihre Ergebnisse zeigen einen Ausschnitt der Bandbreite an Analysemöglichkeiten auf. Das betrifft zum einen die untersuchten abhängigen Variablen, die von der Wegedauer über die Dauern bestimmter Aktivitäten – in erster Linie zur Versorgung und Freizeit – bis zur Anzahl der Wege mit spezifischen Zwecken variieren und zum Teil noch weiter differenziert werden (individuell bzw. gemeinsam verbrachte Aktivitäten bzw. Wege). Zum anderen wird auch die Vielzahl an erklärenden Variablen deutlich, die neben den personen- und haushaltsbezogenen Charakteristiken auch räumliche Kenngrößen mit ein beziehen. Allen gemeinsam ist die Aussage, dass das individuelle Mobilitätsverhalten in unterschiedlichster Weise vom Haushaltskontext beeinflusst wird.

Die wichtigsten Erkenntnisse können wie folgt zusammengefasst werden:

- Je höher die Anzahl von vorhanden Pkws ist, desto mehr und weitere Wege werden mit dem Pkw zurückgelegt.
- Die Anzahl der Pkws ist hoch korreliert mit der Erwerbstätigkeit.
- Das Vorhandensein von Kindern im Haushalt zeigt Auswirkungen auf Versorgungsaktivitäten: so wenden Erwerbstätige mit Kindern hier mehr Zeit auf, Männer allerdings weniger als Frauen. Die Anzahl der Versorgungswege steigt ebenfalls und zwar unabhängig vom Geschlecht. Auch steigt die Wahrscheinlichkeit für Versorgungsaktivitäten vor oder nach der Arbeit, wenn Kinder im Haushalt sind.
- In Bezug auf Freizeitaktivitäten hat die Anwesenheit von Kindern für Frauen eine verlängernde Wirkung, allerdings einen negativen Effekt auf die Zeit für gemeinsame außerhäusliche Freizeitaktivitäten der Haushaltsvorstände.

- Generell führen der Führerschein- und Pkw-Besitz zu einer Erhöhung der Dauer von Freizeitaktivitäten.

Insgesamt zeigt sich, dass zwar für ältere Personen und Haushalte mit einer Erwerbsperson ein eher traditionelles Rollenverhalten angenommen werden kann, dass sich aber bei zunehmender Erwerbstätigkeit der Frauen das Mobilitätsverhalten zwischen den Geschlechtern annähert und nicht mehr signifikant unterscheidet.

Aufgrund der Komplexität begrenzen die präsentierten Ansätze ihre Untersuchungen auf einen Ausschnitt der Verkehrserzeuger. Probleme der Untersuchungen sind in erster Linie, dass

- sie lediglich begrenzte Untersuchungsgruppen, d.h. Ausschnitte der Bevölkerung, abbilden
- sie spezielle Fragestellungen zum Inhalt haben
- eine Verallgemeinerung nicht ohne weiteres möglich ist und damit

keine Umsetzbarkeit in allgemeingültige Modelle gegeben ist.

In diesem Projekt wird deshalb der Schwerpunkt weniger auf die Abbildung der sozialen Interaktionen innerhalb der Haushalte gesetzt, sondern vielmehr darauf, wie der Haushaltszusammenhang generell in die praxisorientierte Verkehrsmodellierung mit einbezogen werden kann.

Dazu werden im nächsten Schritt die beiden aktuellen Mobilitätsdatensätze „Mobilität in Deutschland“ und „Mobilitätspanel“ gesichtet und aufbereitet, bevor eine sowohl deskriptive als auch induktive Überprüfung der auf das allgemeine Verkehrsverhalten einflussnehmenden Variablen des Haushaltszusammenhang vorgenommen wird.

3 Datengrundlagen und Aufbereitung

Die beiden aktuellsten deutschen Datensätze, die eine gute Grundlage für Analysen des Verkehrsverhalten im Haushaltskontext darstellen und Ende 2003 verfügbar waren, sind das „Deutsche Mobilitätspanel“ (der Jahre 1994 bis 2002) und die „Mobilität in Deutschland 2002“.

Beide Studien wurden vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) in Auftrag gegeben und erheben mittels Haushaltsbefragungen das individuelle Mobilitätsverhalten der deutschen Bevölkerung. Beide Datensätze können bei der Clearingstelle für Verkehrsdaten und Verkehrsmodelle entsprechend des geplanten Verwendungszwecks bestellt werden (http://www.-clearingstelle-verkehr.de).

Das Deutsche Mobilitätspanel (MoP) wird seit 1994 durchgeführt. Seit 1999 wird mit dieser Haushaltsbefragung auch das Mobilitätsverhaltens der ostdeutschen Bevölkerung erfasst. Idealerweise führen jeweils im Herbst alle Personen ab 10 Jahren der teilnehmenden Haushalte für eine Woche ein Wegetagebuch und zwar in jährlichen Abständen bis zu drei Jahren. Durch diese wiederholte Befragung können u.a. intrapersonelle Variabilitäten sowohl innerhalb einer Woche als auch über den Zeitraum von mehreren Jahren analysiert und quantifiziert werden. Die Stichprobengröße aller Haushalte schwankt in den Jahren 1996 bis 2002 zwischen 748 (1996) und 1122 (2001). Ausführliche Informationen zum Mobilitätspanel 2002 sind im Schlussbericht (IfV, 2002) nach zu lesen bzw. im Internet unter http://www.-mobilitaetspanel.de zu finden.

„Mobilität in Deutschland 2002“ setzt die kontinuierlichen Erhebungen zum Verkehrsverhalten (KONTIV) der Jahre 1976, 1982 und 1989 in Westdeutschland fort und erweitert sie sowohl inhaltlich als auch räumlich (Ausweitung auf die gesamte Bundesrepublik). Für diese Befragung wurden über ein Jahr mehr als 25.000 zufällig ausgewählte Haushalte zu ihrem Verkehrsverhalten an einem vorgegebenen Stichtag interviewt – inklusive der verkehrsrelevanten Informationen zum Haushalt insgesamt und zu den einzelnen Haushaltsmitgliedern, unabhängig vom Alter der zu Befragenden (siehe auch DIW, Infas 2003).

3.1 Aufbereitung

Sowohl das Mobilitätspanel als auch die MiD enthalten getrennte Datensätze mit Informationen zu den Haushalten, Personen und Wegen – darüber hinaus auch noch zur Pkw-Ausstattung der Haushalte (MiD) bzw. Informationen zur Nutzung und zum Kraftstoffverbrauch der Pkw (MoP).

Zu jedem erfassten Weg liegen die wichtigsten Informationen u.a. in Form von

Start- und Endzeit, Zweck und genutzte Verkehrsmittel vor. Eine haushaltsspezifische Beeinflussung der Anzahl, Ziele oder der Verkehrsmittelwahl kann jedoch nicht unmittelbar abgeleitet werden, da die einzelnen Personen danach gefragt hätten werden müssen, inwiefern weitere Haushaltsmitglieder die Wegewahl beeinflusst haben (was die Komplexität der Befragungen weiter erhöht hätte). Es lassen sich jedoch die gemeinsamen zurückgelegten Wege identifizieren. Hier kann vorausgesetzt werden, dass eine Abstimmung hinsichtlich der Abfahrtszeit, der Ziele und des zu benutzenden Verkehrsmittels statt gefunden hat.

Für diese Definition der mit anderen Haushaltsmitgliedern gemeinsam durchgeführten Wege musste als erstes überprüft werden, ob von allen Personen eines Haushalts Aussagen zur ihrer Person selbst und zu ihrer Mobilität vorlagen.

Das führte vor allem bei den MiD-Daten zu einer deutlichen Reduktion der Daten. Um die - mit einer 100-Prozent-Regel einhergehenden - Untererfassung von großen Mehrpersonenhaushalten zu vermeiden, wurde bei der Durchführung der Studie als Kriterium für ein realisiertes Interview das sogenannte „50-Prozent-Kriterium“ angewandt. Demnach galt ein Haushalt als befragt, sobald für mindestens die Hälfte der Personen im Haushalt ein vollständiges Personen- und Wegeinterview vorlag.

Aus den vorliegenden Jahren 1994 bis 2002 des Mobilitätspanels wurden die Jahre 2001 und 2002 herausgegriffen, um einerseits einen vergleichbaren Zeitraum zur MiD abdecken zu können, andererseits aber auch einen genügend hohen Stichprobenumfang zur Verfügung zu haben. Der Anteil der Ausfälle bei den Mobilitätspaneldaten fällt deutlich geringer aus. Ein naheliegender Grund hierfür ist in der Befragung von Personen erst ab 10 Jahren und in der, durch den geringeren Stichprobenumfang möglichen, intensiveren Betreuung der Haushalte zu sehen.

Die Überlegung, das Panel über seine gesamte Laufzeit hinsichtlich derjenigen Haushalte auszuwerten, in denen sich die Familienstruktur geändert hat, scheiterte an zu geringen Stichprobenumfängen – siehe dazu DIW (2001). Hier wird zu den Übergängen bezüglich der Haushaltsgröße angemerkt, dass während Zugänge durch Geburt, Heirat und sonstige Zuzüge in der Übergangsmatrix als Haushaltsvergrößerungen i.a. im Längsschnitt erfasst werden, Haushaltsverkleinerungen im MoP nur dann vollständig erfasst sind, wenn keine Teilung des Haushalts erfolgte. Mit zunehmender Verweildauer im Panel entfernt sich die Verteilung der Haushalte damit von der Grundgesamtheit der deutschen Bevölkerung.

Sich ändernde Variable	**Haushalte**	
	Absolut	**% der Gesamtstichprobe**
1 - Haushaltsgröße	227	7,4
Zunahme	103	3,4
Abnahme	124	4,1

Sich ändernde Variable	Haushalte	
	Absolut	% der Gesamtstichprobe
2 - Anzahl Kinder unter 10 Jahre	146	4,8
Zunahme	56	1,8
Abnahme	90	2,9
3 - Haushaltstyp	275	9,0
Keine Veränderung von 1 bis 3	2562	83,7

Tabelle 1: Änderungen auf Haushaltsebene von Wiederholerhaushalten (n=3061) zwischen 1996 und 2002 (Quelle: MoP)

Insgesamt sind es 499 Haushalte von 3061 Wiederholerhaushalte zwischen 1996 und 2002 bei denen sich die Familienstruktur geändert hat. Um in die Quote derjenigen Haushalte abzuschätzen bei denen sich die Struktur geändert hat und die für unsere Untersuchungen relevant sind (hinsichtlich der kompletten Angaben bzgl. der Mobilität aller Personen eines Haushalts in beiden Jahren), wurden speziell die Übergänge von 2001 und 2002 betrachtet.

Übergänge	Haushalte	
	Absolut	%
96-97	92	18,4
97-98	100	20,0
98-99	56	11,2
99-00	76	15,2
00-01	88	17,6
01-02	87	17,4
Summe	499	100,0

Tabelle 2: Verteilung der Wiederholerhaushalte, bei denen sich die Familienstruktur geändert hat, auf die einzelnen Übergänge (Quelle: MoP)

Von den 87 Wiederholerhaushalten mit Änderungen der Familienzusammensetzung im Jahr 2002 liegen von lediglich der Hälfte (n=44) für unsere Auswertungen notwendige vollständige Angaben vor. Würde von einer gewissen Konstanz diesbezüglich ausgegangen werden, würde dies bedeuten, dass für weitere Auswertungen der Mobilität im Haushaltszusammenhang und der Veränderung desselben im speziellen ca. 250 Haushalte zur Verfügung stehen würden. Diese Anzahl reicht für weitere detailliertere Auswertungen nicht aus.

Einen Überblick über die im Rahmen dieses Projekts verwendete Anzahl an Daten gibt die folgende Tabelle:

	Originaldaten		Zur weiteren Analyse verwendet:*			
	MiD	MoP 01/02	MiD		MoP 01/02	
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	% von Original	Anzahl	% von Original
Haushalte	25.848	2.104	15.264	59%	1.696	81%
Personen	61.729	3.778	36.252	59%	3.202	85%
Personentage	-	26.449	-	-	22.414	85%
Wege	167.851	92.851	113.538	68%	77.750	84%

*nur diejenigen HH, in denen von allen Personen Aussagen zu ihrer Mobilität vorhanden sind und von denen alle Wege bzgl. der Ab- und Ankunftszeiten plausibel sind

Tabelle 3: Umfang der innerhalb des Projektes analysierten Daten (Stichprobengröße)

Durch diese Reduktion der Originaldaten ergibt sich in erster Linie für die MiD eine Schieflage hinsichtlich der Haushaltsgrößenverteilung – so sind Familien mit Kindern leicht unterrepräsentiert, während Einpersonenhaushalte überrepräsentiert sind.

Unter anderem aufgrund der hohen Komplexität der Erhebungsmethodik und dem damit erhöhten Aufwand für eine Neugewichtung musste jedoch im Rahmen dieses Projektes davon abgesehen werden diese Schieflage zu korrigieren. Zumal auch die entsprechenden Rahmendaten aus dem Mikrozensus bzw. von den einzelnen Statistischen Landesämter in der Kürze der Zeit erfahrungsgemäß nicht geliefert werden können. Für einen konkreten Anwendungsfall spielt dieses Ungleichgewicht allerdings eine untergeordnete Rolle, da die letztendlich verwendeten verhaltenshomogenen Gruppen zur Verkehrsmodellierung, aufgrund der zur Verfügung stehenden Rahmendaten des Untersuchungsgebietes, hochgerechnet und damit zumindest zum Teil wieder ausgeglichen werden können (Abweichungen innerhalb der Gruppen können aufgrund der unvollständigen Gewichtungen auftreten). Sämtliche sich anschließende Analysen wurden mit Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Gewichte durchgeführt.

Die Abweichungen bei den Daten des Mobilitätspanels sind dagegen minimal. Für die im späteren Verlauf auch definierten Lifestyle-Gruppen sollte bei entsprechenden Analysen auf die Gewichtung generell verzichtet werden (IfV, 2003).

3.2 Definitionen

Gemeinsame Wege

Als Mobilitätskennziffer, die einen Rückschluss auf die Abstimmungsprozesse im Haushaltskontext zulässt, wurden zunächst die Wege gekennzeichnet, die gemeinsam mit weiteren Haushaltsmitgliedern durchgeführt wurden. Für diese Definition wurden einheitliche Werte der einzelnen Haushaltsmitglieder bei den Variablen:

- Abfahrtzeit
- Ankunftszeit
- Genutzte Verkehrsmittel

vorausgesetzt. Bei den Verkehrsmitteln erfolgte eine Zusammenfassung der beiden Möglichkeiten den Pkw als Fahrer bzw. als Mitfahrer zu nutzen.

Der Wegezweck wurde nicht mit in die Definition aufgenommen, um auch die Bring- und Holwege sowie die Wege mit dem Zweck „Begleitung von Erwachsenen“ (MiD) abbilden zu können.

Wünschenswert wäre die Möglichkeit gewesen den Start- und Zielort mit zu berücksichtigen. Im Falle der MiD-Daten sind diese Informationen erfragt und abschließend auch geokodiert worden, stehen der Allgemeinheit allerdings nicht zur Verfügung.

Eine weitere Möglichkeit „gemeinsame Wege“ zu definieren, hätten für die MiD-Daten auch die abgefragten Informationen nach Begleitpersonen aus dem Haushalt darstellen können. Problem hierbei war zum einen, dass auf Grund des Methodenmixes der Erhebungsverfahren (CATI und PAPI) diese Fragen nur an die CATI-Teilnehmer gestellt wurden und zum anderen die bei diesen aufgefallenen Inkonsistenzen aufgrund unpräziser Berichterstattung (Hinweis hierauf auch im Endbericht zur MiD). Hier fällt auf, dass ein Teil der Interviewten nicht alle zurückgelegten Wege eines Tages angegeben hat – in erster Linie scheinen dies fehlende Wege nach Hause zu sein. Ein Vergleich der über die Definition der gemeinsamen Wege bestimmte Anzahl an Begleitungen mit den original Begleiter-Angaben weist eine Abweichung von 2,5% auf, die für weitere Analysen als akzeptabel angesehen wurde.

<u>Weitere Variablen</u>

Durch die bereits erwähnte Komplexität der MiD-Erhebung (CATI/PAPI, angepasste Erhebungsinstrumente für Kinder und Erwachsene, Stellvertreterangaben) traten auch Schwierigkeiten bei den Definitionen wie der Erwerbstätigkeit, der Lebensphasen und z.B. der Bestimmung der Anzahl an Erwerbstätigen oder Führerscheinbesitzern im Haushalt auf.

Zur Abbildung der Erwerbstätigkeit in einer einzigen Variablen mussten z.B. mehrere Originalvariablen kombiniert werden, da die Fragestellungen für CATI- und PAPI-Befragte unterschiedlich lauteten. Bei Unstimmigkeiten zwischen Alter und Angaben zur Tätigkeit (z.B. älter als 18 und Grundschüler, Wehr-/Zivildienstleistende über 60 Jahre) wurden logische Korrekturen unter Berücksichtigung sämtlicher vorliegender Daten vorgenommen.

Im Hinblick auf die Zielsetzung Mobilität im Haushaltskontext zu untersuchen, erfolgte auch eine Neudefinition der Lebensphasen in Anlehnung an die Ausprägun-

gen der DIW-Variablen, um die ursprünglich vorhandenen Inkonsistenzen hinsichtlich Erwerbstätigkeit und Alter zu eliminieren. Zu diesem Zweck wurde den Haushaltsdaten die Anzahl der Kinder, Schüler, Azubis, Studenten, Erwerbstätigen und Rentner über die Variable „Erwerbstätigkeit“ der Personenebene zugespielt. Die Abweichungen, die an dieser Stelle zwischen den Originalangaben zur Erwerbstätigkeit der einzelnen Personen auf der Haushaltsebene und der berechneten Anzahl aus der Personenebene auftreten, resultieren hauptsächlich daraus, dass Proxis (Stellvertreter beantworteten das CATI-Interview) zur Erwerbstätigkeit der Person nicht befragt wurden (gleiches gilt z.B. auch für die Anzahl Pkw-Führerscheinbesitzer im Haushalt). In Kombination mit der Haushaltsgröße ergeben sich sowohl für die MiD als auch für das MoP die folgenden Gruppen:

Lebensphase	**Definition**
1-Alleinstehende Rentner	Haushaltsgröße=1 und Rentner
2-Rentner Haushalte	Haushaltsgröße >1 und alles Rentner
3-Alleinlebende	Haushaltsgröße=1 und Berufstätig, arbeitslos oder Hausfrau
4-Zusammenlebende	Haushaltsgröße=2 und Alter beiderPersonen>=18
5-Erwachsenen Haushalte	Haushaltsgröße >2 und Alter aller Personen>=18
6-Haushalte (nur) mit Schulkindern	Haushaltsgröße >2 und Alter Kinder >=6 und <18
7-Haushalte mit Kleinkindern	Haushaltsgröße >2 und Alter von mind. einem Kind <6
8-Alleinerziehende	Haushaltsgröße >1 und Alter einer Person >=18, der anderen <18
9-Studenten	Alle Personen im HH sind Studenten
10-Auszubildende, Schüler	Alle Personen im HH sind Schüler bzw. Azubis
12-fehlende Nennungen	Rest

Tabelle 4: Definition der Lebensphasen

4 Analysen

Wie der Kurzüberblick der aktuellen Literatur bereits gezeigt hat, kann ein breites Feld von Fragestellungen in Bezug auf das Mobilitätsverhalten von Individuen und Haushalten bearbeitet werden, z.B. unter Nutzung von Multilevel Modellen oder auch Clusteranalysen. So wird durch die Bestimmung der gemeinsamen Wege u.a. die Schätzung von Einflüssen des Haushaltskontextes auf die Durchführung des Weges und seiner verschiedenen Attribute ermöglicht. Auf diese Weise können die Daten genutzt werden, um z.B. die Inputgrößen für bestehende Modelle zur Nachfragemodellierung zu modifizieren.

Vor diesen genannten Analyse, die in den nächsten Abschnitten beschrieben werden, steht jedoch die deskriptive Auswertung mit den Schwerpunkten:

- Gemeinsame Wege
- Einfluss des Haushalts auf die Individualwege.

4.1 Deskriptive Auswertungen

Um die Fülle der Daten übersichtlicher zu gestalten und um Auffälligkeiten im Verhalten der Befragten aufzudecken, ist es notwendig, in einem ersten Schritt einige deskriptive Analysen vorzunehmen. Diese sollen einerseits die wichtigsten Kenngrößen beschreiben, können aber auch andererseits Anregungen zur weiteren Analyse liefern. Aufgrund der vielfältigen Auswertungsmöglichkeiten mussten Schwerpunkte gesetzt werden.

Das Mobilitätspanel bietet eine ausgezeichnete Möglichkeit Längsschnitt-Analysen durch zu führen und damit einen Eindruck der Variabilität der Mobilität gemeinsam mit weiteren Haushaltsmitgliedern über den Zeitraum einer Woche zu gewinnen. Aus diesem Grund beschränken sich die vorgestellten Ergebnisse darauf einen Überblick über die Regelmäßigkeiten von Begleitwegen zu geben.

Wie zu erwarten werden die höchsten Anteile der gemeinsamen Wege am Wochenende – speziell Sonntags zurückgelegt. Im selben Maße gehen die Anteile derjenigen Personen, die am Wochenende nur individuelle Wege durchführen zurück. Der Verkehrsaufkommen am Wochenende ist dabei natürlich generell geringer. Die nächste Abbildung veranschaulicht diese Zusammenhänge anhand der nicht alleinlebenden Personen und ihrer Wegekategorisierung hinsichtlich der Anteile an Begleitwegen durch Haushaltsmitglieder im Wochenverlauf:

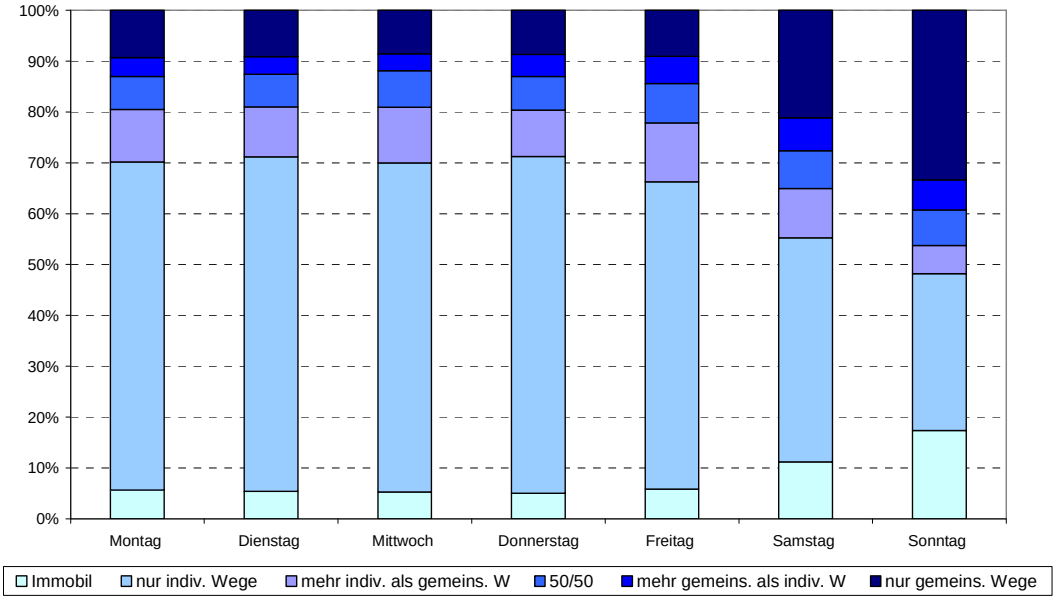


Abbildung 5: Klassifizierung von nicht alleinlebenden Personen hinsichtlich ihrer Anteile an gemeinsamen Wegen im Wochenverlauf (Quelle: MoP01/02, Basis: 2570 Personen)

Der Anteil der nicht alleinlebenden Personen der beiden Paneljahre 2001 und 2002, die innerhalb der Erhebungswoche keine gemeinsamen Wege unternommen haben, liegt bei 19 %. Unregelmäßig (1 oder 2 Tage) gemeinsame Wege wurden von immerhin über ein Drittel der Befragten durchgeführt, während der regelmäßige Anteil – an 6 oder 7 Tagen mindestens einen Weg in Begleitung von Haushaltsmitgliedern – nur 11% aus macht:

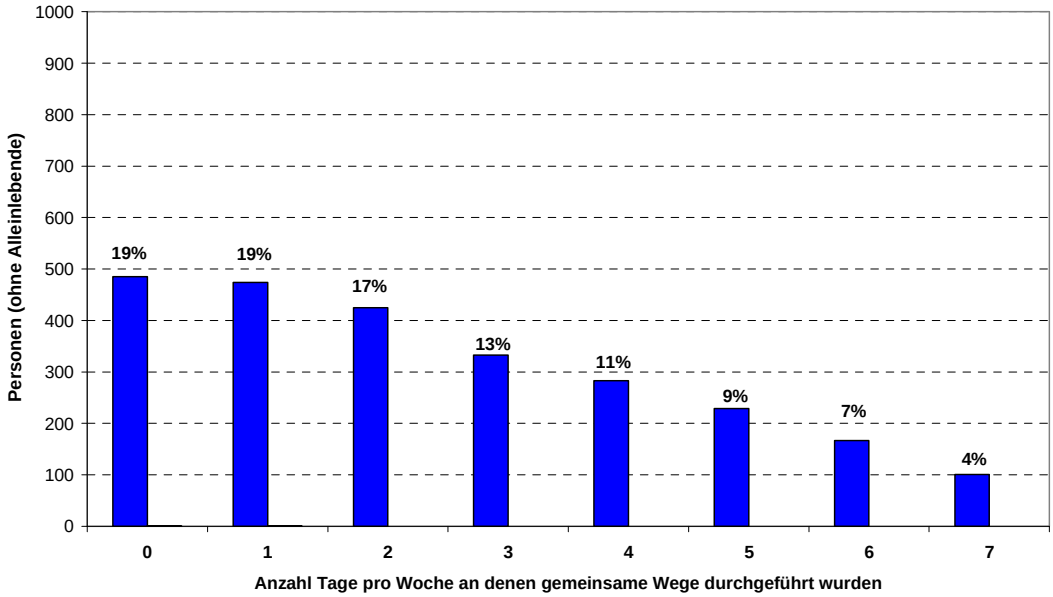


Abbildung 6: Regelmäßigkeit der Begleitungen von Haushaltsmitgliedern nicht alleinlebender Personen (Quelle: MoP01/02, Basis: 2570 Personen)

Die Analyse der nicht alleinlebenden Personen nach der Art ihres Zusammen-

lebens (Lebensphasen) verdeutlicht die Unterschiede hinsichtlich der Regelmäßigkeit gemeinsamer Wege.

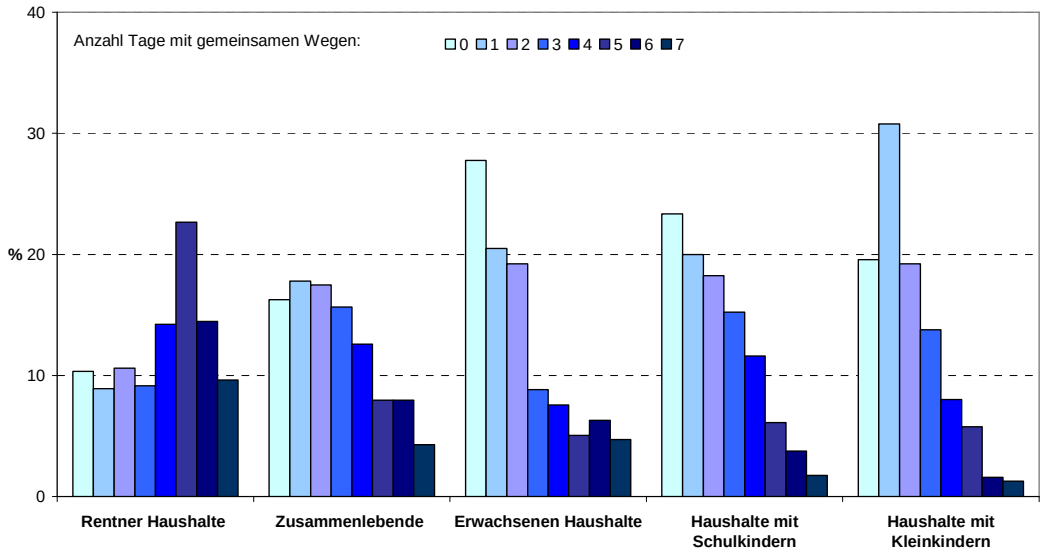


Abbildung 7: Anzahl Tage mit gemeinsamen Wege pro Woche und Lebensphase (Quelle: MoP01/02, Basis: 2570 Personen)

Ersichtlicht wird, dass über ein Viertel der Personen in reinen Erwachsenen Haushalte an keinem Tag der Woche gemeinsame Wege durchführen, während 90% der Rentner Haushalte an mindestens einem Tag mit einem weiteren Haushaltsmitglied unterwegs ist. Berücksichtigt werden muss bei dieser Auswertung, dass im Mobilitätspanel die Mobilität der Personen erst ab 10 Jahren erfasst wird. Sämtliche Begleitmobilität die durch die Anwesenheit von jüngeren Kindern notwendig wird, kann deshalb nicht abgebildet werden.

Aus diesem Grund und aufgrund des höheren Stichprobenumfangs ist die MiD für detailliertere Querschnittsanalysen besser geeignet. Sämtliche Analysen beziehen sich – sofern nicht anders ausgewiesen – auf Wege ohne Wirtschaftsverkehre eines durchschnittlichen Jahrestages.

Im Gegensatz zum Mobilitätspanel wurden mit der MiD die Wege der Personen aller Alterstufen erfasst. Die Differenzierung der Wege nach Anzahl der Begleitpersonen aus dem Haushalt in Kombination mit neun Altersklassen ergibt folgende Abbildung:

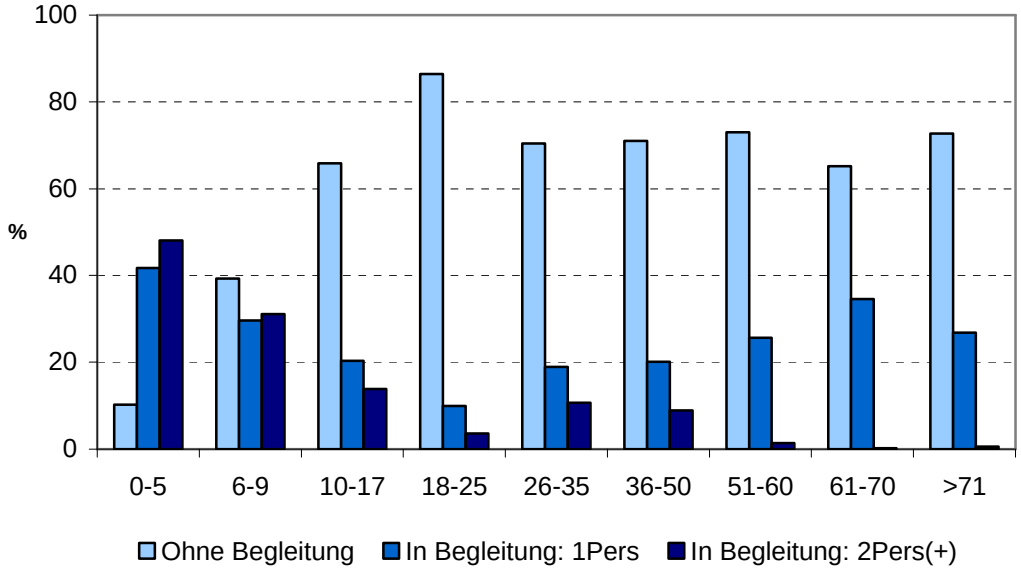


Abbildung 8: Verteilung der Wege in Begleitung von Haushaltsmitgliedern und Altersklassen (Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege)

Deutlich wird, dass ab 6 Jahren der Anteil der individuell zurückgelegten Wege zunimmt und bei den 18 bis 25-jährigen den Spitzenanteil erreicht.

Wie die Auswertungen des Mobilitätspanels ergeben erwartungsgemäß auch die Querschnittsanalysen der MiD den höchsten Anteil an Begleitmobilität für das Wochenende:

Wochentag	Ohne Begleitung (%)	In Begleitung: 1 Person (%)	In Begleitung: 2 oder mehr Personen (%)
Montag	72,5	21,6	5,9
Dienstag	71,2	21,8	7,0
Mittwoch	72,4	20,9	6,8
Donnerstag	71,4	21,3	7,3
Freitag	69,8	22,7	7,5
Samstag	58,7	27,5	13,8
Sonntag	46,8	32,7	20,5

Tabelle 5: Anteil Wege in Begleitung von Haushaltsmitgliedern an verschiedenen Wochentagen (Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege)

Insgesamt ist die Mobilitätsquote (der Außer-Haus-Anteil) am Wochenende generell niedriger als Werktags (zu den Kennziffern der allgemeinen Mobilität siehe auch Infas, DIW, 2003).

Die Verteilung der Wege nach Wochentagstyp und Startzeit zeigt die folgende Tabelle auf:

Wochentag und Uhrzeit		Ohne Begleitung (%)	In Begleitung: 1 Person (%)	In Begleitung: 2 oder mehr Personen (%)
Werktag	0-9	79,1	15,5	5,4
	9-14	70,2	24,2	5,6
	14-18	68,0	22,9	9,1
	18-24	71,9	21,0	7,1
Wochen-ende	0-9	77,1	17,3	5,6
	9-14	53,7	30,1	16,2
	14-18	47,2	31,8	21,0
	18-24	51,5	32,1	16,4

Tabelle 6: Anteil Begleitung von Haushaltsmitgliedern zu verschiedenen Tageszeiten (Startzeiten der Wege) an den verschiedenen Wochentagsarten (Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege)

Der Anteil der Wege ohne Begleitung von Haushaltsmitgliedern ist in den Morgenstunden der Werktage am höchsten. Hier deutet sich der Zusammenhang mit den Pflichtaktivitäten der Wege wie Beruf und Schule an, die in erster Linie alleine durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der Differenzierung der Wege nach Anzahl der Begleitpersonen und Wegedauern veranschaulichen die nächsten Zahlen:

Wegedauer	Ohne Begleitung (%)		In Begleitung: 1 Person (%)		In Begleitung: 2 oder mehr Personen (%)	
	Werktags	Wochen ende	Werktags	Wochen ende	Werktags	Wochen ende
bis 5 min	73,9	68,6	18,3	18,6	7,7	12,8
5-9 min	70,7	61,3	21,7	25,7	7,7	13,1
10-14 min	69,4	55,6	23,2	26,9	7,5	17,6
15-19 min	69,1	49,9	23,3	31,2	7,6	18,9
20-29 min	73,4	51,8	20,3	30,6	6,3	17,7
30-59 min	74,7	48,9	20,1	34,5	5,2	16,6
60-89 min	74,7	45,6	20,5	34,6	4,8	19,8
90 min und mehr	66,6	41,6	25,7	39,0	7,6	19,4

Tabelle 7: Anteil Begleitung von Haushaltsmitgliedern und Wegedauern (Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege)

Während sowohl die kürzen und längeren Wegedauern unter der Woche hauptsächlich bei den individuell durchgeführten Wegen auftreten, werden länger dauernde Wege am Wochenende überwiegend in Gemeinschaft mit Familienangehörigen unternommen.

Untersuchungen in Bezug auf die Anteile der Begleitung durch Haushaltsmitglieder bei der Verkehrsmittelnutzung zeigen die höchsten Werte bei den Pkw-Mitfahrern, bei Verkehrsmitteln wie Flugzeug oder Reisebus, die eher bei längeren Distanzen genutzt werden, und auch den reinen Fußwegen auf.

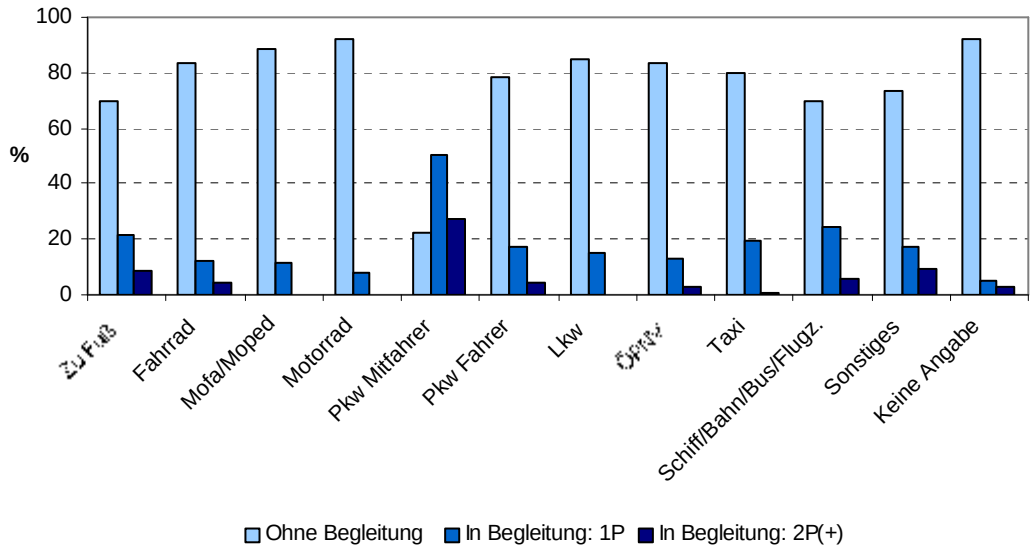


Abbildung 9: Anteil Begleitwege an den Verkehrsmitteln (Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege)

Für die Analyse der Wege nach Zwecken ist bei der nächsten Abbildung auf die DIW-Variable „Hauptzweck“ zurückgegriffen worden. Bei dieser Definition erfolgte eine Umkodierung der Wege nach Hause dahin gehend, dass für einfache Wegeketten (Hin- und Rückweg) diesen der Zweck des Hinwegs zugewiesen wurde. Für mehrfache Wegeketten mit unterschiedlichen Zwecken wurde der ranghöchste Zweck der Wegekette dem Heimweg zugeordnet. Die verwendete Reihenfolge lautete (je größer die Kennziffer des Zweckes, umso höher der Rang):

1. Sonstiges
2. Freizeit
3. Einkauf
4. Private Erledigung
5. Begleitung von Personen
6. Dienstlich oder geschäftlich
7. Ausbildungsstätte oder Schule
8. Arbeitsplatz

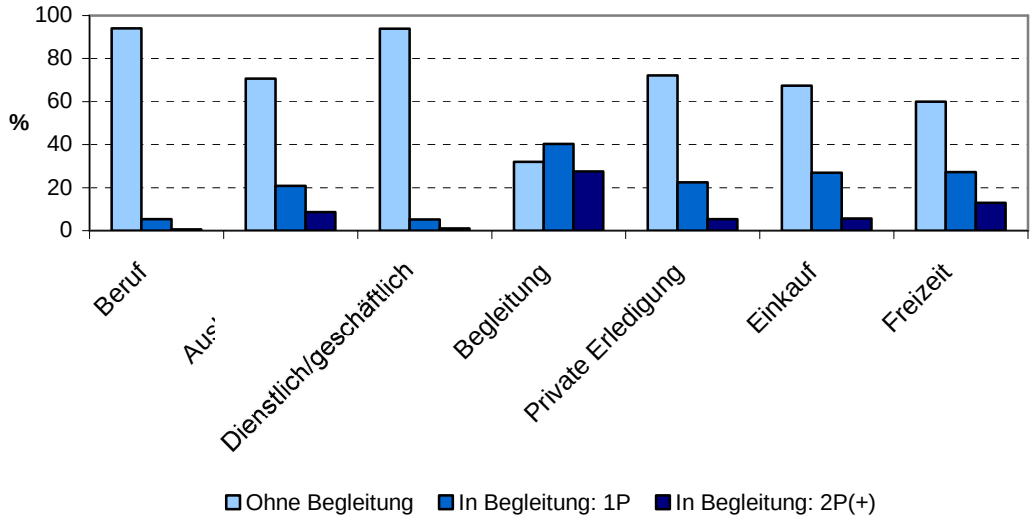


Abbildung 10: Hauptzwecke und Begleitung(Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege)

Hier bestätigen sich die in der Literatur zu findenden Aussagen, dass für Pflichtaktivitäten die Anteile der Begleitmobilität am geringsten sind, während Wege zu Versorgungs- und Freizeitaktivitäten häufiger gemeinsam unternommen werden.

Unterschiede hinsichtlich der Anteile von Begleitwegen für einen durchschnittlichen Wochentag nach Geschlecht und Wegezwecken fallen eher geringer aus. Die Abweichung bei den Einkaufswegen ist interessant, aber plausibel, wenn berücksichtigt wird, dass Männer insgesamt weniger Einkaufswege zurücklegen, diese dann aber z.B. samstags in Begleitung.

Zwecke	**Männlich in Begleitung**	**Weiblich in Begleitung**
	%	**%**
Beruf	4,7	7,7
Ausbildung	28,5	30,1
Dienstlich/geschäftlich	4,4	10,4
Begleitung	67,6	68,3
private Erledigung	26,2	29,3
Einkauf	33,9	31,6
Freizeit	38,4	42,0
Summe	30,8	34,8

Tabelle 8: Anteil Begleitung von Haushaltsmitgliedern nach Geschlecht und den verschiedenen Hauptzwecken (Definition DIW)

Werden die einzelnen Lebensphasen betrachtet und die Wegezwecke zu den Kategorien Pflicht, Versorgung und Freizeit aggregiert, ergeben sich folgende Anteile an gemeinsamer Mobilität mit den Haushaltsmitgliedern:

Lebensphasen	Wegezwecke - aggregiert					
	Pflicht		Versorgung		Freizeit	
	Insges(%)	Davon in Begl. (%)	Insges(%)	Davon in Begl. (%)	Insges(%)	Davon in Begl. (%)
Alleinstehende Rentner	1,0	0,0	63,0	0,0	36,0	0,0
(nur) Rentner Haushalte	1,1	6,9	60,9	46,8	38,0	58,7
Alleinlebende	31,2	0,0	36,1	0,0	32,7	0,0
Zusammenlebende	25,0	7,2	42,7	31,8	32,3	48,1
Erwachsenen Haushalte	29,6	8,0	35,9	27,5	34,6	30,8
Haushalte (nur) mit Schulk.	30,8	14,8	34,9	46,0	34,3	44,0
Haushalte mit Kleinkindern	21,9	31,8	48,7	75,5	29,4	70,5
Alleinerziehende	26,7	17,6	39,6	55,4	33,7	38,9
(nur) Studenten	36,6	0,4	27,6	2,6	35,8	6,6
(nur) Auszubild., Schüler	33,1	0,0	35,7	0,0	31,2	0,0
Summe	23,1	12,3	43,5	38,1	33,4	40,1

Pflicht: Arbeit, geschäftlich/dienstlich, Schule, Uni
Versorgung: Begleitung, private Erledigung, Einkauf
Freizeit: Freizeit

Tabelle 9: Anteil Begleitung von Haushaltsmitgliedern zu aggregierten Zwecken und Lebensphasen (Quelle: MiD, Basis: 136.505 Wege)

Hier fallen die in der Literatur betonten Einflüsse der Anwesenheit von Kindern auf die gemeinsamen Wege auf – genauso wie der hohe Anteil an Begleitmobilität von Rentnerhaushalten.

Hinsichtlich der nicht pflichtgebundenen Wege unterscheiden sich die durchschnittlichen Dauern für die Personen in den einzelnen Lebensphasen zum Teil erheblich. Wie oben gesehen ist der Anteil der Begleitwege der Haushaltsmitglieder in Haushalten mit Kleinkindern zwar besonders hoch, jedoch wenden sie für ihre Wege zu Versorgungszwecken durchschnittlich am wenigsten Zeit auf, wobei insgesamt hier das Niveau für Haushalte mit Kindern am geringsten ist.

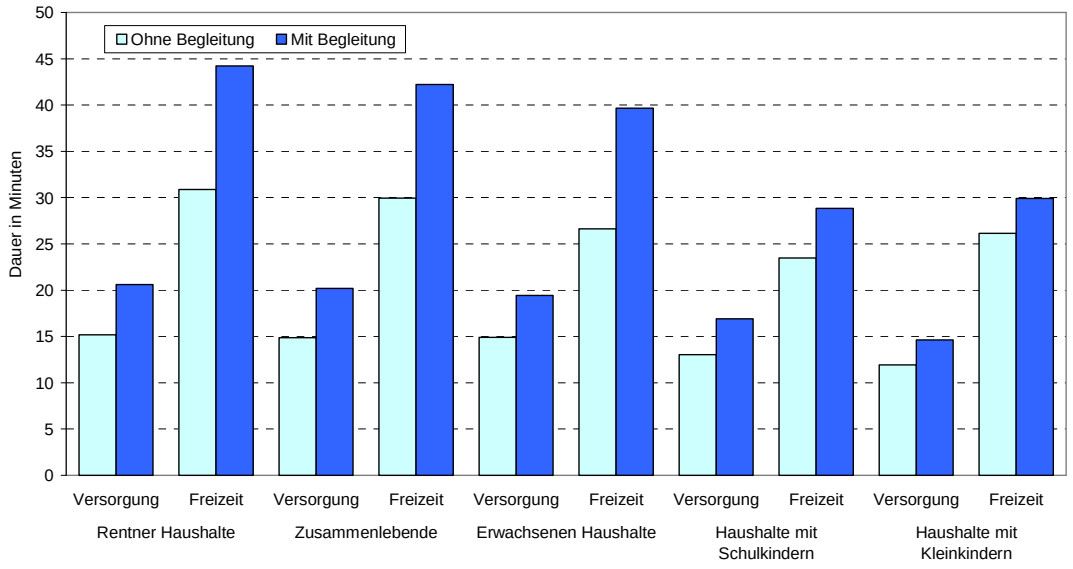


Abbildung 11: Durchschnittliche Wegedauer in Minuten für aggregierte Zwecke nicht alleinlebender Personen (Quelle: MiD, Basis: 81.393 Wege)

Dies korrespondiert mit den entsprechenden Auswertungen hinsichtlich der Wegelängen, wobei hier auch deutlich wird, dass die Länge bei gemeinsam durchgeführten Wegen zu Freizeitaktivitäten deutlich höher ist :

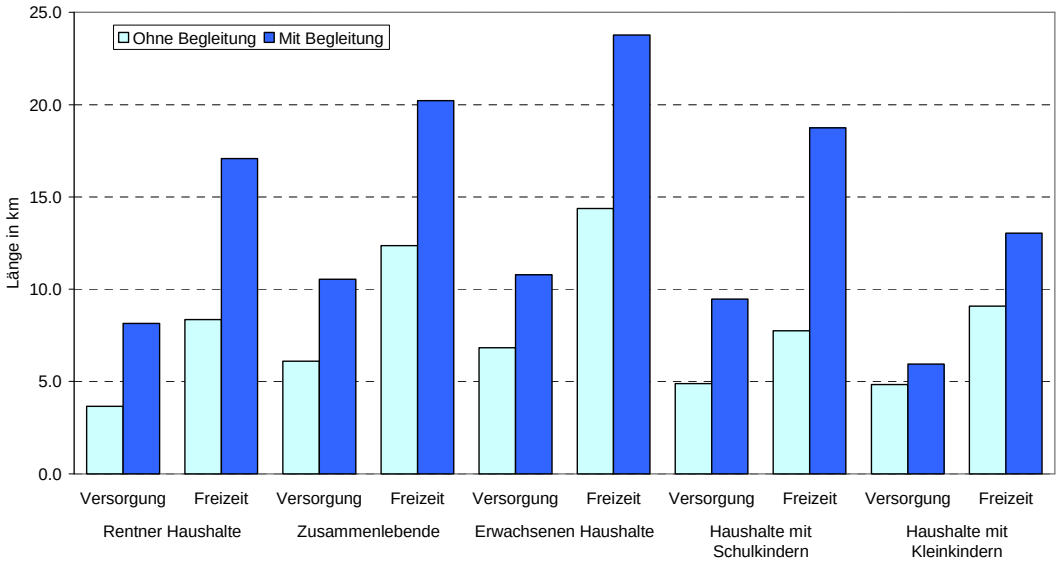


Abbildung 12: Durchschnittliche Wegelänge in Minuten für aggregierte Zwecke nicht alleinlebender Personen (Quelle: MiD, Basis: 81.393 Wege)

Ein weiterer interessierender Gesichtspunkt ist die Pkw-Verfügbarkeit auf der Haushaltsebene. Sie wird hier durch die „Pkw-Knappheit“ reflektiert, indem sie die Anzahl der im Haushalt vorhandenen Pkw in Beziehung setzt zu der Anzahl der Führerscheinbesitzer im Haushalt. Für die nicht allein lebenden Personen zeigt die nächste Abbildung hinsichtlich der Anteile von Begleitmobilität an einem durchschnittlichen Wochentag insbesondere Auswirkungen auf die Haushalte ohne Kin-

der auf.

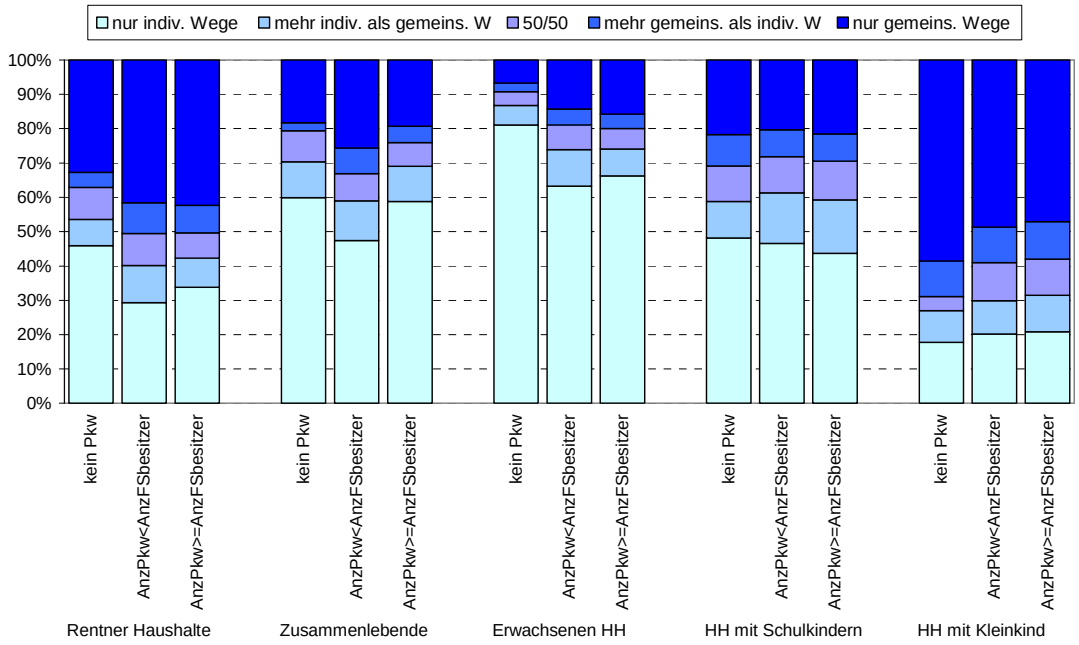


Abbildung 13: Klassifizierung von nicht alleinlebenden Personen im Haushaltszusammenhang hinsichtlich ihrer Anteile gemeinsamer Wege an einem durchschnittlichen Wochentag (Quelle: MiD, Basis: 25,606 Personen)

Interessant ist z.B. dass bei vorhandenen Pkw die „Knappheit“ keine Rolle zu spielen scheint, insbesondere bei den klassischen Familien mit Kindern.

Die bislang vorgestellten deskriptiven Analysen konnten einige Erkenntnisse des Literaturauszugs hinsichtlich der Mobilität im Haushaltszusammenhangs bestätigen und neue Einsichten ermöglichen. Gerade die Lebensphasen weisen deutliche Unterschiede hinsichtlich der gemeinsam durchgeführten Wege auf – sei es bezüglich der Wegezwecke oder z.B. der zurückgelegten Wegelänge.

Um auch deskriptive Unterschiede zwischen den größtenteils in der Nachfragemodellierung eingesetzten verhaltenshomogenen Personengruppen:

- Erwerbstätige mit Pkw
- Erwerbstätige ohne Pkw
- Nichterwerbstätige mit Pkw
- Nichterwerbstätige ohne Pkw
- Kind
- Grundschüler
- Schüler
- Studenten ohne Pkw
- Studenten ohne Pkw
- Auszubildende, Wehr-/Zivildienstleistende

- Rentner mit Pkw
- Rentner ohne Pkw

und dem Haushaltszusammenhang bzw. den Lebensphasen dieser Personen aufzuzeigen, werden exemplarisch anhand der Nichterwerbstätigen mit Pkw-Verfügbarkeit einige Kenngrößen aufgezeigt. Im Unterschied zu der DIW-Definition der Personengruppen ist hier bei der Definition für die „Pkw-Verfügbarkeit“ außer der Kfz-Verfügbarkeit am Stichtag noch der Führerscheinbesitz mit eingeflossen. Unberücksichtigt blieb jedoch ob ein Pkw auch tatsächlich im Haushalt vorhanden ist.

Bei Bildung der oben genannten verhaltenshomogenen Gruppen können die Nichterwerbstätigen mit Pkw-Verfügbarkeit weiter unterteilt werden in:

- Alleinlebende
- Zusammenlebende
- Erwachsenen Haushalte
- Haushalte mit Schulkindern
- Haushalte mit Kleinkindern
- Alleinerziehende.

Bereits Kenngrößen wie das durchschnittliche Alter, die Geschlechterverteilung und die Pkw-Verfügbarkeit zeigen deutliche Unterschiede auf:

NEmP: Lebensphasen	Alter	Geschlecht		Pkw-Verfügbarkeit (Haushaltsebene)		
	Mittelwert	Männlich	Weiblich	kein Pkw im HH	AnzPkw < AnzFSbesitzer	AnzPkw >= AnzFSbesitzer
Alleinlebende	42	56%	44%	8%	0%	92%
Zusammenlebende	54	18%	82%	1%	58%	41%
Erwachsenen Haushalte	47	28%	72%	0%	73%	27%
Haushalte mit Schulkindern	41	14%	86%	0%	54%	46%
Haushalte mit Kleinkindern	33	4%	96%	1%	49%	50%
Alleinerziehende	36	9%	91%	20%	0%	80%
NEmP	43	17%	83%	2%	49%	49%

Tabelle 10: Kenngrößen der Lebensphasen für Nichterwerbstätige mit Pkw (Quelle: MiD, Basis: 2600 Personen)

In nachfolgenden Analysen wurde die Gruppe der Alleinerziehende nicht weiter betrachtet, da die Stichprobengröße für weitere detailliertere Auswertungen nicht hoch genug war.

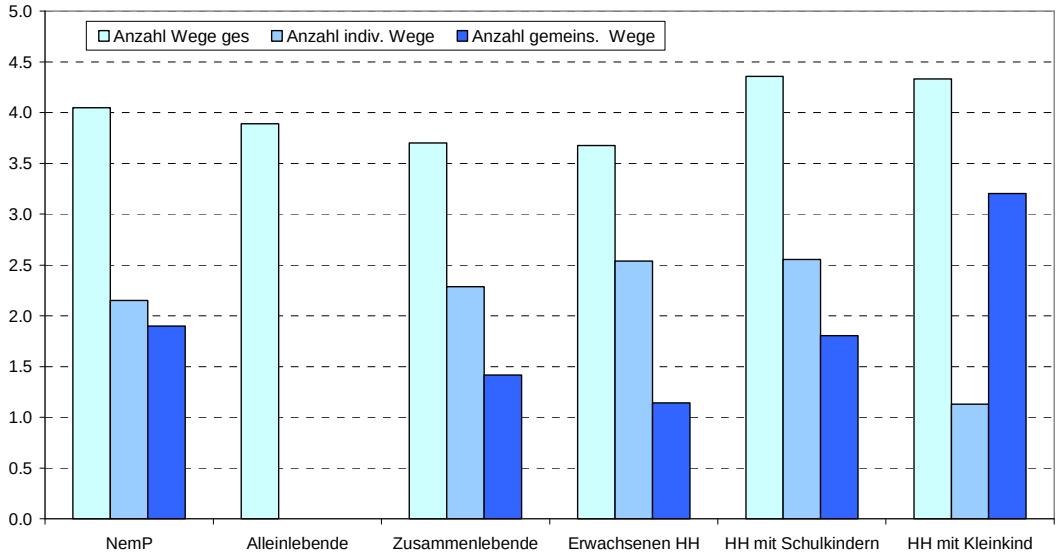


Abbildung 14: NEmP: Durchschnittliche Anzahl an Wegen pro Tag – mobile Personen (Quelle: MiD, Basis: 2600 Personen)

Hier wird deutlich, dass die nichterwerbstätigen Erwachsenen in Haushalten mit Kindern unter 6 Jahren eine überdurchschnittlich hohe Anzahl an gemeinsamen Wegen durchführen, während die Zahl der individuellen Wege signifikant niedriger ist. Personen aus Haushalten mit Kindern legen im Vergleich eine höhere Anzahl an Wegen zurück, diese sind aber auch kürzer. Während bei den Nichterwerbstätigen mit Pkw die durchschnittliche Wegelänge bei 8,8 Kilometern liegt, beträgt die durchschnittliche Länge für alleinlebende und zusammenlebende Nichterwerbstätige gut 11 Kilometer, für die Haushalte mit Kleinkindern jedoch nur knapp über 7 Kilometer. Das spiegelt sich dann auch in den mittleren Gesamtwegelängen wider:

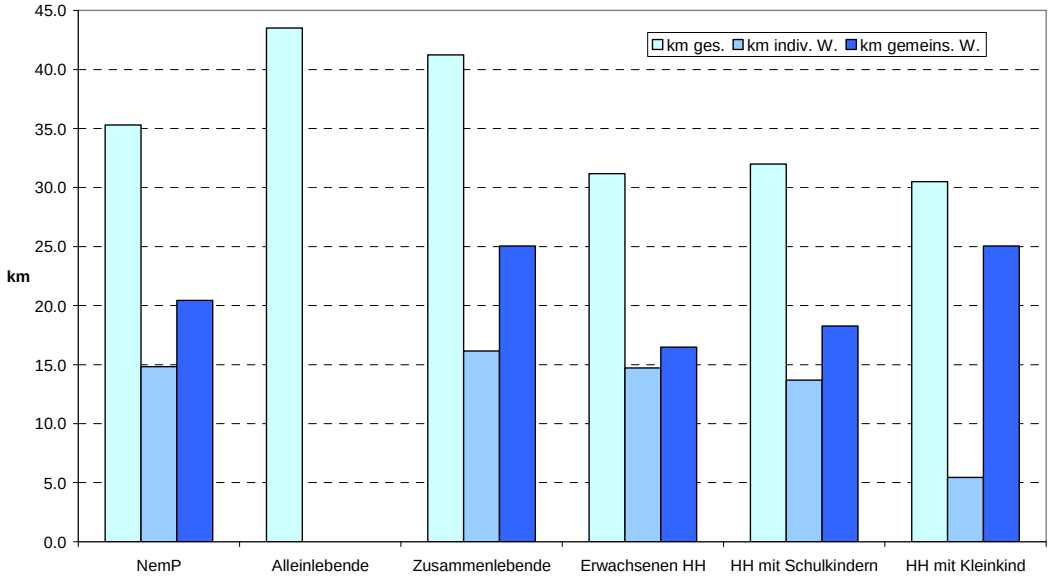


Abbildung 15: NEmP: Durchschnittliche Anzahl an Kilometern pro Tag – mobile Personen (Quelle: MiD, Basis: 2600 Personen)

Dass es nicht nur auf die Begleitmobilität an sich ankommt, sondern der Haushaltskontext generell Einfluss auf das individuelle Verkehrsverhalten ausübt, wird in der nächsten Abbildung deutlich. So fallen auch beim Modal Split Unterschiede hinsichtlich der Lebensphasen in denen sich die Nichterwerbstätigen befinden, auf:

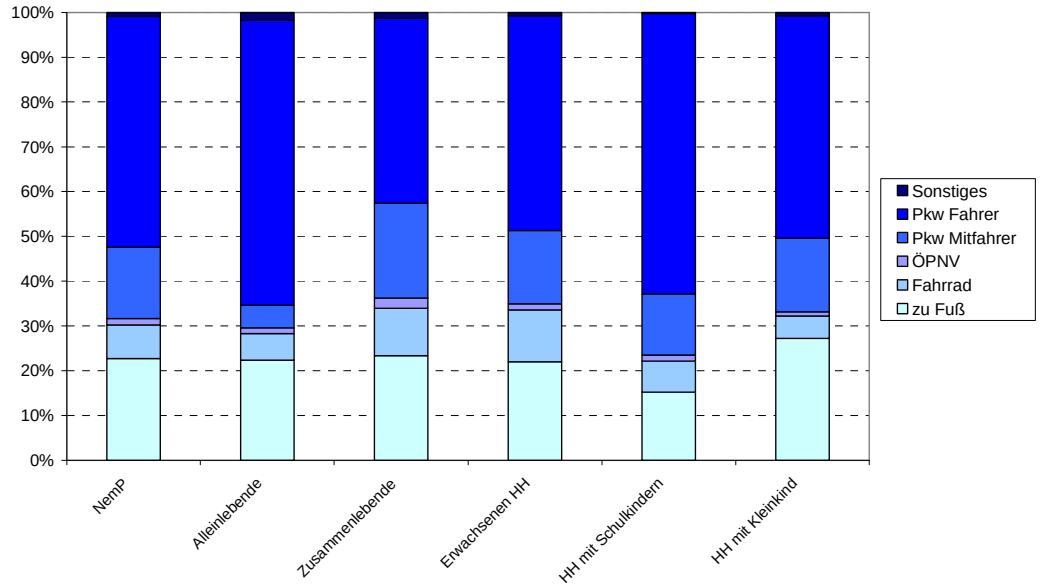


Abbildung 16: NEmP: Modal Split für die Lebensphasen (Quelle: MiD, Basis: 10.471 Wege)

Erwartungsgemäß sind die Anteile an Bring- und Holwegen von Nichterwerbstätigen in Haushalten mit Kindern deutlich höher als der Durchschnitt, während die Freizeitwege einen geringeren Anteil aufweisen.

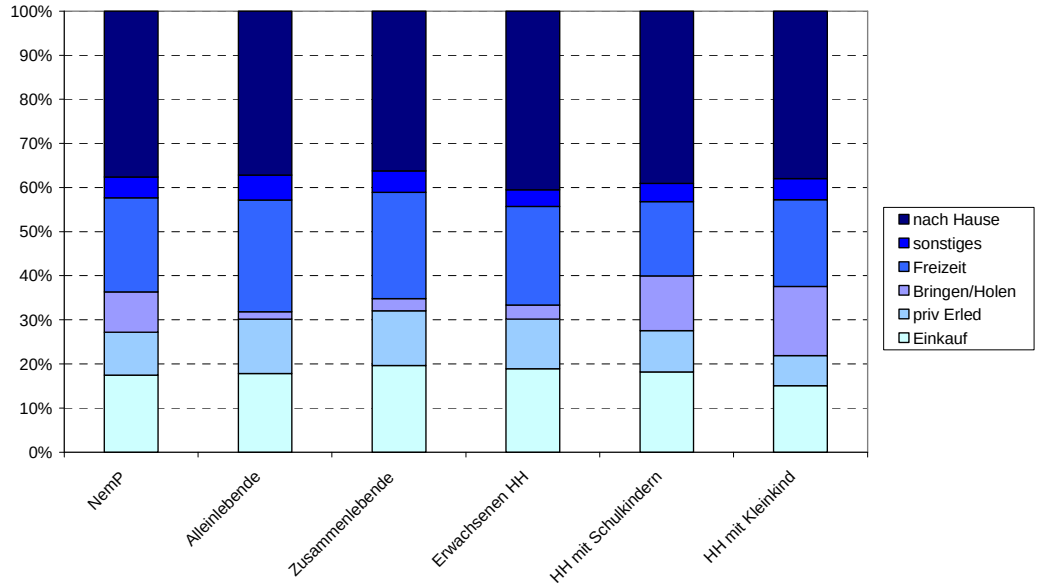


Abbildung 17: NEmP: Wegezwecke für die Lebensphasen Quelle: MiD, Basis: 10.471 Wege)

Hinsichtlich der Aufteilung der aggregierten Zwecke Versorgung und Freizeit in Wege mit Begleitung und ohne Begleitung ergibt sich folgendes Bild:

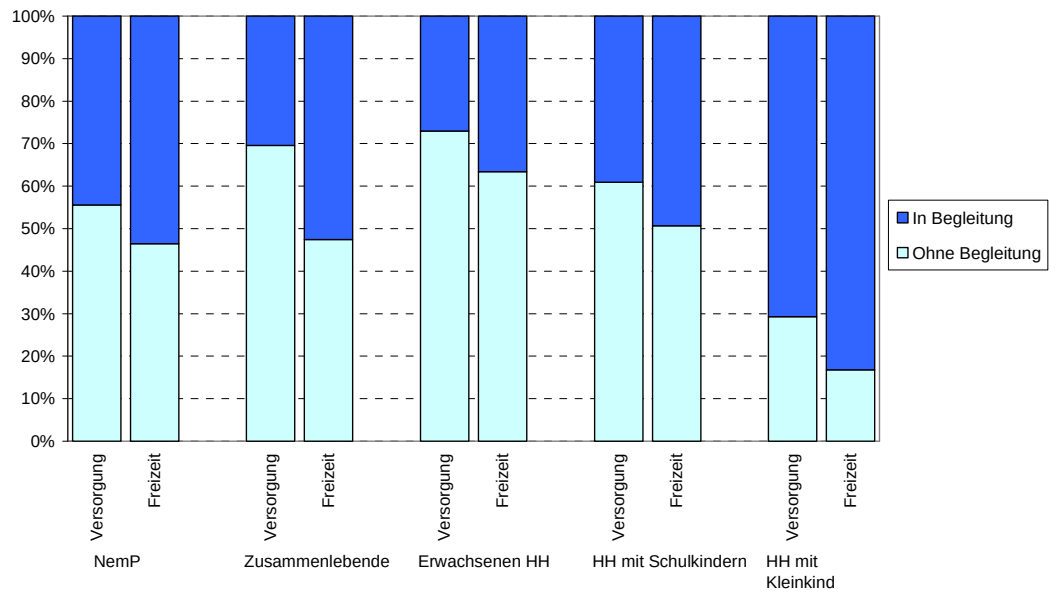


Abbildung 18: NEmP: aggregierte Wegezwecke und Anteile Begleitung für die Lebensphasen (Quelle: MiD, Basis: 10.471 Wege)

Um zu überprüfen ob sich die Aktivitätenprogramme der Nichterwerbstätigen mit Pkw hinsichtlich der Zugehörigkeit zu den einzelnen Lebensphasen unterscheiden, wurden wohnungsbezogene Ketten gebildet, die für jeden der unternommenen Wege den Verkehrszweck angeben. Hier wurden die nicht aggregierten Zwecke zur Analyse verwendet und unterschieden in Zwecke ohne bzw. in Begleitung von Haushaltsmitgliedern. Diese Aufsplittung der Wegezwecke ist so einfach wie wirkungsvoll, da sie sämtliche ansonsten später in der Verkehrsmodellierung notwendig gewordenen synthetischen Berechnungen von Begleitmobilität überflüssig macht.

Gruppen	Häufigste Kette		Zweithäufigste Kette		Dritthäufigste Kette		Summe
	Kettenart	%	Kettenart	%	Kettenart	%	
Zusammen-lebende	WEW	20,0%	WFW	11,6%	WPW	11,4%	43,0%
Erwachsenen Haushalte	WEW	21,6%	WFW	16,7%	WPW	12,2%	50,5%
Haushalte mit Schulkindern	WEW	16,4%	WF*W*	10,3%	WFW	9,7%	36,4%
Haushalte mit Kleinkindern	WF*W*	15,0%	WP*W*	12,5%	WE*W*	12,1%	39,6%
NemP	WEW	14,4%	WFW	10,9%	WF*W*	10,6%	35.9%

Mit W = Wohnen (nach Hause) ohne Begleitung , W* = nach Hause in Begleitung,
E = Einkaufen ohne Begleitung, E*= Einkaufen in Begleitung,
F = Freizeit ohne Begleitung, F* = Freizeit in Begleitung,
P = privat ohne Begleitung, P* = privat in Begleitung

Tabelle 11: NEmP: Aktivitätenketten eines durchschnittlichen Wochentags (Quelle: MiD)

Während die drei häufigsten Ketten der Erwachsenen-Haushalte und der Zusammenlebenden über 50% bzw. 43% aller Tagesprogramme abdecken, sind es bei den Nichterwerbstätigen in Haushalten mit Kindern deutlich weniger. Bei Nichterwerbstätigen mit Pkw-Verfügbarkeit werden über 3350 Aktivitätenketten in der Woche ausgeübt. Dies verdeutlicht die Vielfalt an Tagesprogrammen.

Anhand des Beispiels wird deutlich, dass Unterschiede hinsichtlich der wichtigsten Mobilitätskennziffern innerhalb des Haushaltskontextes auftreten, die bei einer Betrachtung von Personencharakteristiken nicht erfassbar wären. Auf die Darstellung weiterer Einflussfaktoren, wie z.B. der Wohnstandort, bei denen aufgrund früherer Untersuchungen ein starker Einfluss auf das allgemeine Verkehrsverhalten nachgewiesen werden konnte, wurde hier zugunsten der Übersichtlichkeit verzichtet.

Um genauer zu untersuchen welche der Variablen Einflüsse auf die Mobilität im Haushaltskontext ausüben, wurden in einem nächsten Schritt Multilevel Modelle angewandt.

4.2 Multilevel Modelle

4.2.1 Modellansatz

Zur Überprüfung der Einflussvariablen auf die gemeinsamen Wege im Haushalt wurden in Anlehnung an die Regressions- bzw. Varianzanalyse Multilevel Modelle (zur Theorie siehe z.B. Engel (1998) oder Goldstein (1999)) angewandt.

Im Unterschied zur Regressionsanalyse ermöglichen es die Multilevel Modelle, hierarchische Strukturen mit entsprechender Zufallsvariation auf jeder Ebene abzubilden. Die zugrundliegende Theorie wird am analysierten 2-Ebenen-Modell kurz skizziert:

Untersucht werden soll das Regressionsmodell mit der abhängigen Variablen Y_{ij} (Anteil der gemeinsamen Wege der Person i innerhalb des Haushaltes j) und z.B. einer erklärenden, exogenen Variablen X_{ij}, das wie folgt beschrieben werden kann:

$$Y_{if} \quad = \beta_{0j} + \beta_{1j} X_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

mit i= 1,2, ... Anzahl der Personen im Haushalt

j= 1,2, ... Anzahl der Haushalte

Die unabhängige Variable X kann dabei eine personenbezogene Variable - wie Alter oder Geschlecht – oder eine haushaltsbezogene Variable - wie Anzahl Erwerbstätige oder auch Haushaltsgröße - sein. Der Zufallsfehler ε ist der aus der Regression bekannte normalverteilte Fehler auf der untersten Ebene – der Personenebene – mit Erwartungswert 0 und homogener Varianz σ_{ε}^{2} [(E(ε_{ij}) = 0 und var(ε_{ij})= σ_{ε}^{2}].

Ist die Variabilität Ausdruck zufälliger Unterschiede, werden die beiden Koeffizienten β_{0j} und β_{1j} um eine haushaltsbezogene Zufallskomponente ergänzt:

$$\beta_{0j} \quad = \gamma_{00} + u_{0j}$$
$$\beta_{1j} \quad = \gamma_{10} + u_{1j}$$

Die beiden Zufallsvariablen u_{0j} und u_{1j} haben jeweils den Erwartungswert 0 und die Varianzen σ_{u0}^{2} (Varianz der mit dem Effekt der Regressionskonstanten assoziierten Zufallsvariablen) bzw. σ_{u1}^{2} (Varianz der mit der exogenen Variablen assoziierten Zufallsvariablen) sowie σ_{u01}^{2} als Kovarianz.

Durch Substitution in der ersten Gleichung ergibt sich via Umstellungen und Auflösen der Klammern die folgende Gleichung:

$$Y_{if} \quad = \beta_{0j} + \beta_{1j} X_{ij} + [u_{0j} + u_{1j} X_{ij} + \varepsilon_{ij}]$$

Dadurch, dass diese Gleichung aus dem umfassenden zufälligen Teil in eckigen Klammern besteht und nicht mehr nur aus einem einfachen Residualterm, wird der Unterschied zur “normalen” Regression deutlich. Bei den Zufallskomponenten steht ihr Beitrag zur Varianzaufklärung der abhängigen Variablen im Mittelpunkt des Interesses, d.h. es interessieren die Varianzen der Variablen mit zufälligen Effekten, die auch als Varianzkomponenten bezeichnet werden. Bei den Variablen mit festen Effekten dagegen interessieren die einzelnen Ausprägungen und die geschätzten Modellparameter, um den Einfluss dieser Variablen auf die unabhängige Variable zu kennen.

Aufgrunddessen, dass das Programmpaket SAS – mit dem bereits auch die deskriptiven Analysen durchgeführt wurden – Multilevel Modelle lediglich für univariate abhängige Variablen anbietet, musste von einer multivariaten Multilevel Modellierung Abstand genommen werden. Dargestellt werden die Analysen im Folgenden anhand der Anteile der gemeinsam mit weiteren Haushaltsmitgliedern durchgeführten Wege an allen Wegen. Daneben wurden ebenfalls die Variablen

- die Anzahl der Wege insgesamt
- die Anzahl der Wege zu Versorgungszwecken
- die Anzahl der gemeinsamen Wege und
- die Dauer aller Wege einer Person

betrachtet, auf eine vollständige Modellierung hinsichtlich des Optimums an signifikanten Variablen und Varianzaufklärung aber verzichtet.

Die hier angewandte explorative Vorgehensweise lehnt sich dabei an Hox (1995) an, der die folgenden Schritte vorschlug:

1. Schätzung eines Random-Intercept-Only-Modells
2. Schätzung der Level 1 (Individual-) Regression mit den exogenen Individualvariablen
3. Schätzung der Varianzkomponenten haushaltsabhängiger Steigungskoeffizienten
4. Einführung von Haushaltsvariablen zur Erklärung der Anteile an gemeinsamen Wegen

Die Schätzung des Modells mit nur einer zufälligen Konstante (Random-Intercept-Only) gibt Auskunft darüber, ob eine Mehrebenenanalyse angebracht ist oder nicht. Dies ist dann der Fall, wenn der Anteil der Varianz auf der 2. Stufe (der Haushaltsebene) signifikant von Null verschieden ist und einen gewissen Beitrag zur Varianzaufklärung leistet.

Die Modellselektion erfolgte in Anlehnung an die Verfahren der Regressionsmodel-

le: gesucht wird dasjenige Modell, dass die wichtigsten Einflüsse auf die zu untersuchende Variable berücksichtigt und gleichzeitig aber den Grundsätzen der Sparsamkeit folgt, indem möglichst wenige erklärende Variablen in das Modell einbezogen werden. In der Umsetzung geschieht dies dadurch, dass das Modell ausgewählt wird, dessen Varianzaufklärung auch durch Hinzunahme weiterer Einflussfaktoren nicht wesentlich ansteigt. Eingesetzt wurden dabei die aus den deskriptiven Auswertungen erkennbar wichtigsten Variablen.

4.2.2 Beurteilungsgrößen

Zur Beurteilung der jeweiligen Modelle stehen bei der Parameterschätzung durch die (Full-Information-) Maximum-Likelihood Methode verschiedene Kenngrößen zur Verfügung.

Zum einen sind es die sogenannten Devianzen, die als minus zwei mal dem Likelihood-Wert des Modells ausgewiesen werden und deren Differenzen in den Likelihood-Ratio-X^2 Test eingehen. Diese Prüfgröße:

$$\text{Devianz}_{\text{Nullmodell (M0)}} - \text{Devianz}_{\text{Alternativmodell (M1)}}$$

ist dabei X^2 verteilt mit Freiheitsgraden = $FG_{\text{Alternativmodell (M1)}} - FG_{\text{Nullmodell (M0)}}$ und wird dem entsprechenden kritischen Wert der X^2-Verteilung gegenübergestellt. Auf diese Weise kann approximativ überprüft werden, ob sich der Erklärungsbeitrag eines erweiterten Modells signifikant von Null unterscheidet.

Weitere Gütekriterien sind

- Akaikes Informationskriterium (AIC) und
- Schwarz's Bayesian Criterion (BIC)

die sich ebenfalls auf den maximalen Likelihood Wert bzw. die Devianzen beziehen.

Voraussetzungen für die Anwendbarkeit dieser Kriterien sind allerdings, dass die Modelle, die miteinander verglichen werden sollen, auf Basis der selben Daten geschätzt wurden und dass ein Modell die Erweiterung bezüglich der Anzahl an Parametern des anderen darstellt. Wird als Schätzverfahren die Restricted-Maximum-Likelihood-Methode (REML) benutzt, können diese Kriterien nur dann eingesetzt werden, wenn beide Modelle aus identischen fixen Teilen bestehen und sich lediglich die zufälligen Terme unterscheiden (Hox 1995).

Ein Maß für die Güte der Anpassung des Gesamtmodells ist das Pseudo-R^2 von McFadden, das bereits mit Werten zwischen 0,2 und 0,4 eine gute Anpassung bedeutet:

$$\rho^2 = 1 - [\text{Devianz}_{M1} / \text{Devianz}_{M0}]$$

In Bezug auf Verletzungen der Normalverteilungsannahmen schreibt Hox (1998) u.a., dass für große Stichproben die ML-Schätzer nach wie vor unverzerrt sind, die Standardfehler aber möglicherweise leicht nach unten verzerrt sein können.

4.2.3 Ergebnisse

Um generell zu prüfen, ob die Berücksichtigung einer haushaltsspezifischen Variabilität gerechtfertig ist, wurde in einem ersten Schritt das „Random-Intercept-Only“ Modell geschätzt und dem sogenannten „Null-Modell“, das einer einfachen Regressionsgleichung mit Konstanten entspricht, geschätzt.

Während allerdings für die deskriptiven Analysen die hohe Anzahl an Beobachtungen von uneingeschränktem Vorteil waren, stellte sie sich hier als Problem heraus, da SAS die Analysen auf Basis aller Daten nicht durchführen konnte. Deshalb wurden die Analysen zur Verbesserung der Rechenbarkeit und zur inhaltlichen Aufbereitung für vier Ortsklassengrößen getrennt durchgeführt:

- bis zu 20.000 Einwohner (OGKL = 1)
- 20.000 bis 100.000 Einwohner (OGKL = 2)
- 100.000 bis 500.000 Einwohner (OGKL = 3)
- ab 500.000 Einwohner (OGKL = 4).

Die geschätzten Kenngrößen hinsichtlich der Anteile der zufälligen Effekte (Varianzkomponenten) im Random-Intercept-Only-Modell sowie die Devianzen beider Modelle sind in der folgenden Tabelle aufgeführt:

Modell	Parameter / Größe	Werte für die Ortsgrößenklassen			
		bis 20T EW	20T-100T EW	100T-500T EW	ab 500T EW
Nullmodell	Zufallsfehler (P-Ebene)	0,1755	0,1903	0,1983	0,1568
	Devianz	17808,5	9886,1	6391,5	5911,2
RIO	Zufallseffekte auf :				
	HH-Ebene: σ_{u0}^2	0,097	0,099	0,111	0,100
	P-Ebene: σ_{ε}^2	0,074	0,074	0,063	0,051
	Devianz	13483,5	7249,3	4354,5	4094,3

Tabelle 12: Geschätzte Parameterwerte des Random-Intercept-Only (RIO) Modells für die abhängige Variable „Anteil der gemeinsamen Wege“

Deutlich wird, dass die Variabilität zwischen den Haushalten, also die Varianzkomponente für Haushalte, einen ca. 60-prozentigen Anteil an der Gesamtvariabilität ausmacht und damit nicht vernachlässigbar ist, wie es bei der Durchführung einer „einfachen“ Regression (Nullmodell) der Fall wäre. Dieses Ergebnis wird auch durch den Likelihood-Ratio-X^2 bestätigt, da die Differenzen der Devianzen für jede der Ortsgrößenklassen signifikant von Null verschieden sind (der kritische X^2–Wert

für einen Freiheitsgrad und dem Signifikanzniveau von 0,05 beträgt 3,84).

Diese Anteile fallen erwartungsgemäß bei den anderen unabhängigen Variablen wie z.B. „Dauern der Wege insgesamt“ nicht so deutlich aus, sind aber jeweils mit ungefähr 40% ebenfalls nicht vernachlässigbar – Goulias hatte einen Anteil bei den Wegedauern von etwa 34% bei seinen Analysen berechnet.

Um nun die Höhe der einzelnen Schätzer für die zufälligen Effekte zu reduzieren (Ziel ist es schließlich, durch Hinzufügen von exogenen Variablen den Part der erklärbaren, nicht zufälligen Variation zu erhöhen), werden im nächsten Schritt personenbezogene erklärende Variablen in die Gleichung mit aufgenommen. Anschließend werden dann auch auf der Haushaltsebene exogene Variablen zur Varianzminimierung berücksichtigt.

Einen Überblick über die im weiteren Verlauf signifikant getesteten unabhängigen Variablen gibt die folgenden Tabelle:

Exogene (unabhängige) Variablen	**Personenebene**	**Haushaltsebene**
Geschlecht (Dummy)	X	
Altersklassen	X	
Erwerbstätigkeit (Dummy)	X	
Führerscheinbesitz (Dummy)	X	
Kinder unter 6 im HH (Dummy)		X
Kinder zwischen 6 und 17 im HH (D)		X
Anzahl Erwachsener im HH		X
Monatliches Haushaltseinkommen		
Pkw-Verfügbarkeit (HH-Ebene)		
Regionsgrundtyp in Klassen		X
Wochentagstyp		

Tabelle 13: Erklärende Variablen

Der Großteil der Variablen ging als „Dummy“-Variablen in die Analyse ein – auf diese Art und Weise lassen sich Unterschiede zwischen z.B. den einzelnen Altersklassen direkt ablesen. Auf eine Standardisierung der metrischen Variablen wurde hier verzichtet. Sie wird häufig sowohl auf die unabhängigen als auch abhängigen Variablen angewandt und dient in erster Linie zur Interpretationserleichterung, wenn innerhalb eines Modells die Effektstärke der verschiedenen Parameter auf die abhängige Variable untersucht werden soll. Da in den hier getrennt durchgeführten Analysen auch die Niveauunterschiede zwischen den Ortsgrößenklassen interessieren, ist eine Standardisierung nicht angebracht.

Das sukzessive Einbeziehen der einzelnen vom Haushaltsbezug unabhängigen und damit fixen Level 1 Variablen – der personenbezogenen Variablen – resultiert in folgenden Zahlen:

Parameter	Ausprägung	Schätzwerte für Ortsgrößenklassen			
		OGKL 1	OGKL 2	OGKL 3	OGKL 4
Konstante		0.219	0.216	0.219	0.197
Geschlecht	Weiblich	0.070	0.069	0.068	0.066
	Männlich	0	0	0	0
Erwerbstätig	Nein	0.116	0.110	0.091	0.073
	Ja	0	0	0	0
Führerscheinbesitz	Nein	-0.030	-0.048	*	*
	Ja	0	0	0	0
Altersgruppe	0-5	0.368	0.392	0.333	0.400
	6-14	0.114	0.141	0.053	0.094
	15-17	-0.101	-0.078	-0.114	-0.087
	18-24	-0.175	-0.179	-0.174	-0.145
	25-29	-0.049	-0.085	-0.060	-0.071
	30-39	*	*	*	*
	40-49	*	*	*	*
	50-64	*	*	*	*
	>=65	0	0	0	0

* nicht signifikant auf dem 5% Niveau

Tabelle 14: Ergebnisse für die festen Effekte auf der Personenebene für den Anteil an gemeinsamen Wegen

Bei den obigen Ausprägungen sind jeweils auch die Referenzkategorien – erkennbar anhand der 0 – aufgeführt, um die anschließende Interpretation zu erleichtern.

Der Schätzwert für die Konstante (β_{0j}) gibt Auskunft über den Erwartungswert des Anteils an gemeinsamen Wegen unter Berücksichtigung der einzelnen exogenen Variablen, und zwar in Bezug auf die jeweilige Referenzkategorie. Da die Analyseprozedur von SAS die jeweils höchste Ausprägung als Referenz annimmt, bezieht sich der geschätzte Wert von 0,219 für die Konstante in der Ortsgrößenklasse bis 20.000 Einwohner auf einen männlichen Erwerbstätigen mit Führerschein über 64 Jahre. Da die Parameterwerte für die Altersgruppen ab 30 sich nicht signifikant von den über 65-jährigen unterscheiden, gilt dies auch für diese Altersgruppen. Eine Erwerbstätige zwischen 18 und 24 Jahren ohne Führerschein hat im Gegensatz dazu einen um 4% höheren Anteil an gemeinsamen Wegen (Weiblich (+0,07) + Keinen Führerschein (-0,03) = 0,04.)

Die ausgewiesenen Werte sind allesamt signifikant auf einem 5% Niveau, so dass zum Beispiel auffällt, dass der Nicht-Besitz eines Führerscheins sich in den Ortsgrößenklassen bis 100.000 Einwohner signifikant negativ auf den Anteil der gemeinsamen Wege auswirkt, in den anderen Regionen jedoch keinen Einfluss ausübt. Des weiteren können die Auswirkungen des Geschlechts auf den Anteil der

Wege bestätigt werden, da Frauen signifikant mehr gemeinsame Wege unternehmen als Männer.

Auch werden die deskriptiven Ergebnisse hinsichtlich der Altersklassen verifiziert: Während sich die ab 30-jährigen hinsichtlich ihrer Anteile an gemeinsamen Wegen nicht signifikant unterscheiden, werden Kinder bis zu 6 Jahren fast ausschließlich von Haushaltsmitgliedern begleitet. Dieser Anteil reduziert sich bereits für die 6 bis 14-jährigen und fällt für die 18 bis 24-jährigen auf den niedrigsten Wert.

Die geschätzten Varianzkomponenten nehmen in diesem Modell die folgenden Werte an:

Zufällige Effekte und Beurteilungsgrößen	**Werte für die Ortsgrößenklassen**			
	bis 20T EW	**20T-100T EW**	**100T-500T EW**	**ab 500T EW**
Haushalts-Ebene: σ_{u0}^2	0,088	0,089	0,104	0,092
Personen-Ebene: σ_{ε}^2	0,064	0,063	0,054	0,044
Devianz	11414,3	6046,5	3667,8	3451,3
L.R.-X^2 Prüfgröße	2069,2	1202,8	686,7	643,0
Pseudo-R²	0,15	0,17	0,16	0,16

Tabelle 15: Geschätzte Parameterwerte der zufälligen Effekte sowie berechnete Gütemaße

Mit Hilfe des Likelihood-Ratio-X^2 Tests wird wieder überprüft, ob die Gesamtheit der berücksichtigten Personenmerkmale dazu geeignet ist, die Variation der Anteile an gemeinsamen Wegen zu erklären. Der Vergleich mit dem Random-Intercept-Only-Modell ergibt die in der obigen Tabelle ausgewiesenen Werte der Prüfgröße. Wird der entsprechende kritische Wert der X^2 – Verteilung herangezogen, zeigt sich, dass die zugehörige Nullhypothese mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 5% verworfen werden kann.

Die Gesamtanpassungen der Modelle – gemessen am Pseudo-R² – liegen zwischen 15% und 17%. Damit wird ein noch nicht ganz zufriedenenstellender Anteil der Gesamtvariation der gemeinsamen Wege durch die personenbezogenen Merkmale sowie deren Haushaltszugehörigkeit erklärt.

Die sich anschließenden Schätzungen der Varianzkomponenten haushaltsabhängiger Steigungskoeffizienten (u_{1j}) brachten keine Modellverbesserungen oder konvergierten nicht. Die abschließende Modellierung - ergänzt durch die haushaltsbezogenen Variablen, die in zuvor seperat getrennten Modellen auf Signifikanz getestet wurden – enthält damit weiterhin die bereits im vorherigen Modell geschätzten Varianzkomponenten. Die Ergebnisse für die festen Effekte sind in der nächsten Tabelle dargestellt.

Als erstes fällt das ungewöhnlich hohe Niveau der Regressionskonstanten auf. Dies ist mit ihrem nun mehr eher hypothetischen Charakter zu erklären, da die entspre-

chende Referenzperson ein männlicher Erwerbstätiger über 65 Jahre mit Kindern im 5 Personenhaushalt ohne Pkw-Knappheit usw. wäre. Trotzdem lassen sich natürlich auch weiterhin Aussagen über die Einflüsse der personen- und jetzt auch haushaltsbezogenen Kenngrößen treffen.

Parameter	Ausprägung	Schätzwerte für Ortsgrößenklassen			
		OGKL 1	OGKL 2	OGKL 3	OGKL 4
Konstante		0,593	0,710	0,759	0,735
Geschlecht	Weiblich	0,075	0,079	0,075	0,070
	Männlich	0	0	0	0
Erwerbstätig	Nein	0,101	0,088	0,076	0,057
	Ja	0	0	0	0
Führerscheinbesitz	Nein	-0,018	-0,028	*	*
	Ja	0	0	0	0
Altersgruppe	0-5	0,238	0,261	0,230	0,286
	6-14	*	0,052	*	*
	15-17	-0,199	-0,165	-0,197	-0,187
	18-24	-0,228	-0,195	-0,210	-0,190
	25-29	-0,109	-0,120	-0,090	-0,092
	30-39	-0,092	-0,075	-0,076	-0,051
	40-49	-0,067	-0,058	-0,051	-0,083
	50-64	-0,050	-0,037	*	-0,048
	>=65	0	0	0	0
Kinder unter 6 Jahre im HH	Nein	-0,144	-0,151	-0,118	-0,096
	Ja	0	0	0	0
Kinder zwischen 6 17 Jahre im HH	Nein	0,052	0,067	0,076	0,129
	Ja	0	0	0	0
Anzahl Erwachsener		-0,067	-0,089	-0,120	-0,108
Haushaltsgröße	1	-0,499	-0,568	-0,625	-0,679
	2	-0,108	-0,144	-0,157	-0,222
	3	-0,084	-0,106	-0,148	-0,154
	4	*	*	*	*
	5	0	0	0	0
Haushaltseinkommen		*	*	-0,019	*
Pkw-Verfügbarkeit auf Haushaltsebene	Kein Pkw im HH	-0,086	-0,050	-0,083	-0,046
	N (FS) < N(Pkw)	0,020	0,026	0,051	*
	N (FS) ≥ N(Pkw)	0	0	0	0
Wochentag	Wochenende	0,182	0,200	0,201	0,178

Parameter	Ausprägung	Schätzwerte für Ortsgrößenklassen			
		OGKL 1	OGKL 2	OGKL 3	OGKL 4
	Werktag	0	0	0	0
Regionsgrundtyp	Agglomeration	0,036	*	*	-
	Verstädtert	0,028	*	0	-
	Ländlich	0	0	-	-

* nicht signifikant auf dem 5% Niveau

- nicht vorhanden

N (FS) = Anzahl Führerscheinbesitzer, N(Pkw) = Anzahl Pkw im Haushalt

Tabelle 16: Ergebnisse für die festen Effekte auf der Personen- und Haushaltsebene für den Anteil an gemeinsamen Wegen

Im Gegensatz zu dem Modell, in dem zusätzlich zu den zufälligen Effekten nur personenbezogene Merkmale eingesetzt wurden, sind nahezu alle Altersgruppenausprägungen signifikant unterschiedlich von dem Anteil an gemeinsamen Wegen von über 64-jährigen, wobei nach wie vor die Altersgruppe der 18 bis 24 Jahre alten Personen den geringsten Wert hinsichtlich ihrer Anteile an gemeinsamen Wegen aufweist.

Erwartungsgemäß haben die Personen in Haushalten mit Kindern unter 6 Jahren einen durchschnittlich höheren Anteil an gemeinsamen Wegen, während die Anwesenheit von Kindern zwischen 6 und 17 Jahren sich leicht negativ auswirkt. Das liegt vor allem an dem hohen Anteil an individuellen Wegen der 15 bis 17-jährigen.

Das Haushaltseinkommen ist nur für die Ortsgrößenklasse 3 signifikant – auch die Versuche, das Einkommen durch quadratische oder logarithmische Transformationen abzubilden, brachte keine Signifikanzen.

Für Personen im Haushalt ohne Pkw sinken die Anteile an gemeinsamen Wegen, werden aber für Haushalte mit Kleinkindern mehr als kompensiert, was ebenfalls die deskriptiven Auswertungen stützt. Personen in Haushalten mit Pkw-Knappheit haben hingegen einen höheren Anteil an zusammenausgeführten Wegen, was auf eine Absprache innerhalb des Haushaltes hindeutet.

Zusätzlich sind noch die Unterschiede zwischen den einzelnen Wochentagstypen in die Analysen aufgenommen worden. Eine Klassifizierung in alle sieben Wochentage brachte keine signifikanten Verbesserungen der Gesamtmodelle, so dass hier das Wochenende den Werktagen (Montag bis Freitag) gegenübergestellt wurde. Auch hier bestätigen sich die deskriptiven Analysen.

Für die Personen in Orten mit bis zu 20.000 Einwohnern konnten noch signifikante Unterschiede hinsichtlich der Klassifizierung ihres Wohnortes in Agglomerationsräume und verstädterte Räume gegenüber den ländlich geprägten Räumen nachgewiesen werden.

Insgesamt stellen sich diese Modelle zum einen mit Hilfe des Likelihood-Ratio-X^2 Tests als hochsignifikant heraus und zum anderen ist die Gesamtanpassung mit 37% bis 45% erwartungsgemäß hoch. Ebenfalls wie erwartet, reduzieren die eingebunden Variablen der Haushaltsebene den zufälligen Anteil auf dieser Ebene, der stark zurückgeht:

Zufällige Effekte und Beurteilungsgrößen	Werte für die Ortsgrößenklassen			
	bis 20T EW	20T-100T EW	100T-500T EW	ab 500T EW
Haushalts-Ebene: σ^2_{u0}	0,058	0,055	0,059	0,052
Personen-Ebene: σ^2_{ε}	0,065	0,064	0,055	0,044
Devianz	8558,1	4187,6	2413,3	2236,4
L.R.-X^2 Prüfgröße	4925,4	3061,7	1941,2	1857,9
Pseudo-R²	0,37	0,42	0,45	0,45

Tabelle 17: Geschätzte Parameterwerte der zufälligen Effekte sowie berechnete Gütemaße für die Gesamtmodelle

Wie weiter oben bereits erwähnt, sind die Analysen anhand der selben exogenen Variablen auch für die abhängigen Variablen „Anzahl der gemeinsamen Wege“, „Anzahl der Wege insgesamt”, “Anzahl der Versorgungswege” und „Dauer aller Wege” einer Person durchgeführt worden. Während sich für die Anzahl der Wege nahezu identische Ergebnisse hinsichtlich der Signifikanzen und Aussagekraft erzielen ließen, sind die Gesamtanpassungen für die übrigen Variablen nicht so hoch. Hier gibt es noch weitere Einflussgrößen, die nicht berücksichtigt werden konnten und die in vertiefenden Untersuchungen zu analysieren wären.

Trotzdem werden die Ergebnisse der Schätzung der fixen Effekte für die Anzahl der Versorgungswege hier kurz dargestellt. Sie bestätigen zum Teil die Resultate der Literaturrecherche, indem z.B. deutlich wird, dass die Erwerbstätigen weniger Versorgungswege als die Nichterwerbstätigen erbringen. Auf der anderen Seite aber auch, dass erwerbstätige Mütter von Kleinkindern mehr Versorgungswege unternehmen als erwerbstätige Frauen ohne Kleinkindern – zumindest in Ortsgrößenklassen bis zu 100.000 Einwohnern. Die Anwesenheit von Kindern zwischen 6 und 17 Jahren zeigt im Gegensatz dazu über alle Ortsgrößenklassen keinen signifikanten Einfluss auf die Zahl der Versorgungswege. Rentner hingegen weisen einen hohen Anteil an Versorgungswegen auf, der für alle Personen am Wochenende zurückgeht und bekräftigen somit die deskriptiven Analysen:

Parameter	Ausprägung	Schätzwerte für Ortsgrößenklassen			
		OGKL 1	OGKL 2	OGKL 3	OGKL 4
Konstante		2,540	2,591	3,331	2,779
Geschlecht	Weiblich	0,410	0,353	0,223	0,185
	Männlich	0	0	0	0

Parameter	Ausprägung	Schätzwerte für Ortsgrößenklassen			
		OGKL 1	OGKL 2	OGKL 3	OGKL 4
Erwerbstätig	Nein	0,768	0,735	0,563	0,572
	Ja	0	0	0	0
Führerscheinbesitz	Nein	-0,686	-0,689	-0,542	-0,458
	Ja	0	0	0	0
Altersgruppe	0-5	-0,291	*	*	-0,545
	6-14	-1,270	-1,218	-1,490	-1,308
	15-17	-1,204	-1,149	-1,422	-0,965
	18-24	-0,955	-1,035	-0,977	-0,803
	25-29	-0,578	-0,359	-0,548	-0,704
	30-39	-0,410	-0,363	-0,413	-0,348
	40-49	-0,298	-0,260	-0,263	*
	50-64	-0,160	*	*	*
	>=65	0,000	0,000	0,000	0,000
Kinder unter 6 Jahre im HH	Nein	-0,176	-0,297	*	*
	Ja	0,000	0,000	0,000	0,000
Kinder zwischen 6 17 Jahre im HH	Nein	*	*	*	*
	Ja	0,000	0,000	0,000	0,000
Anzahl Erwachsener		-0,195	-0,154	-0,405	-0,297
Haushaltsgröße	1	-0,566	*	-1,290	*
	2	-0,366	*	-0,845	*
	3	*	*	-0,533	*
	4	*	*	*	*
	5	0,000	0,000	0,000	0,000
Haushaltseinkommen		*	0,060	*	*
Wochentag	Wochenende	-0,388	-0,460	-0,439	-0,338
	Werktag	0,000	0,000	0,000	0,000

* nicht signifikant auf dem 5% Niveau

- nicht vorhanden

Tabelle 18: Ergebnisse für die festen Effekte auf der Personen- und Haushaltsebene für die Zahl der Versorgungswege

Auch die Analysen der Wegedauern bestätigen die Auswertungen von Goulias hinsichtlich der längeren Unterwegszeiten von Männern gegenüber Frauen, und dass z.B. die Anzahl der Kinder hier keinen signifikanten Einfluss ausübt. Im Gegensatz zu seinen Auswertungen wirkt sich jedoch der Führerscheinbesitz sowie der werktägliche Berichtstag positiv auf die Gesamtdauer der Wege aus.

Wünschenswert wäre die Verfügbarkeit von entsprechenden Prozeduren in den Standard-Statistikprogrammen, um auch multivariate Verfahren anwenden zu können. Damit wären z.B. die Abhängigkeiten und Interaktionen zwischen den einzelnen Wegezwecken besser modellierbar.

Da eine Bildung von signifikanten und realistischen Gruppen aufgrund der Mehrebenen Analyse zu einer unrealistisch hohen Anzahl für die anschließende Umsetzung im Verkehrsmodell führen würde, wurden anhand der explorativen Clusteranalyse im nächsten Schritt homogene Gruppen unter Einbeziehung der Haushaltsstruktur gebildet.

4.3 Clusteranalysen

4.3.1 Analyseansatz

Die Clusteranalyse ist ein exploratives Verfahren, das Objekte anhand ihrer Merkmalsausprägungen zu Gruppen (Clustern) zusammenfasst, so dass die Objekte in diesen Gruppen sich bezüglich der Merkmalsausprägungen möglichst ähnlich sind, die Gruppen untereinander sich aber möglichst deutlich von einander unterscheiden. Für die Einteilung der Objekte existieren eine Vielzahl von Verfahren, die auf unterschiedlichen Prinzipien basieren.

Das hier benutzte Verfahren ist ein agglomeratives hierarchisches Verfahren, das sukzessiv je zwei Objekte bzw. Cluster, die sich „am ähnlichsten“ sind, zu einem neuen Cluster zusammenfasst, bis sich letztlich alle Objekte in nur einem Cluster befinden. Dabei kann die Ähnlichkeit zweier Objekte sowohl durch ein Ähnlichkeitsmaß, als auch durch ein Distanzmaß ausgedrückt werden. Die Unterschiede in der Interpretation entstehen dadurch, dass 2 Objekte sich um so ähnlicher sind, je größer der Wert des Ähnlichkeitsmaßes bzw. je kleiner der Wert des Distanzmaßes ist.

Die Clusteranalyse wurde nach dem Varianz-Minimierungsverfahren von Ward durchgeführt. Das Ziel dieses Verfahrens ist es, die Objekte so zu vereinigen, dass bei jedem Schritt die Heterogenität innerhalb der Cluster insgesamt minimal wird. Die Heterogenität innerhalb der Cluster wird folgendermaßen ermittelt:

Für jeden Cluster wird zunächst die Varianz der zu ihm gehörenden Objekte um den Mittelpunkt des Clusters als durchschnittliche quadratische Entfernung (quadrierte euklidische Distanz) bestimmt. Die „Clustervarianz“ wird für alle Cluster berechnet und addiert. Die Summe ergibt die Gesamtvarianz innerhalb der Cluster. Bei jedem Schritt wird für jede mögliche Zusammenfassung von 2 Clustern ermittelt, wie groß danach die neue Gesamtvarianz innerhalb aller Cluster wäre. Diejenigen beiden Cluster werden dann zu einem neuen zusammengelegt, für die die neue Gesamtvarianz innerhalb der Cluster minimal ist.

Da, wie bereits erwähnt, die agglomerativen Verfahren so lange fusionieren, bis alle Objekte in nur noch einem Cluster enthalten sind, stellt sich das Problem der optimalen Clusteranzahl., d.h. der Bestimmung der Stufe des Algorithmus, auf der eine weitere Zusammenlegung unterbunden werden soll. Es sei angemerkt, dass hierzu kein objektives, eindeutiges und allgemein anerkanntes Verfahren existiert, wohl aber eine Reihe von Kriterien, die diese Entscheidung unterstützen können.

Die relevanten Kriterien sind:

- Das Bestimmtheitsmaß r^2, das den Anteil der Abweichungsquadrate zwischen den Clustern an der gesamten Abweichungsquadratsumme angibt. Es sollte

nicht zu klein werden (Faustregel r^2>0,5), da dann die Cluster schon zu inhomogen werden (die Heterogenität innerhalb der Clustern wäre sonst größer als zwischen ihnen).

- Das Semi-partielle Bestimmtheitsmaß r^2_{semi}, das die Zunahme der Abweichungsquadratsumme innerhalb der Cluster durch die Zusammenlegung der beiden zuletzt fusionierten Cluster, dividiert durch die Gesamt-Abweichungsquadratsumme, widerspiegelt. Damit misst es auf jeder Stufe den durch die Vereinigung auf dieser Stufe entstehenden Homogenitätsverlust innerhalb der Cluster. Sollte dieser auf einer Stufe hoch ausfallen, so wäre das Verfahren vor dieser Vereinigung zu stoppen.
- Pseudo F. Hier wird die Abweichungsquadratsumme zwischen den Clustern (geteilt durch die Anzahl der Cluster) durch die Abweichungsquadratsumme innerhalb der Cluster (geteilt durch die Differenz aus allen Beobachtungen und der Clusteranzahl) dividiert. Da die Cluster untereinander möglichst heterogen sein sollen, ist es anzustreben, dass dieser Pseudo F-Wert möglichst groß wird. Lokale Maxima zeigen im Verlauf des Verfahrens also gute Clusterlösungen auf den entsprechenden Stufen an.
- Pseudo t^2, das ausdrückt, um wieviel heterogener der neue Cluster gegenüber den alten Clustern ist. In diesem Fall zeigen auftretende lokale Minima des Wertes gute Clusterlösungen an.

Diese Kriterien haben den Nachteil, dass sie nicht immer eindeutig sind und nicht unbedingt dieselbe optimale Clusteranzahl anzeigen. Deshalb ist es zweckmäßig, nach einer möglichst guten Übereinstimmung mehrerer der genannten Kriterien zu suchen.

4.3.2 Vorgehensweise und Ergebnis

Auf Basis der signifikanten soziodemographischen Personenkenngrößen der Multilevel Analysen (Geschlecht, Alter, Erwerbstätigkeit und Führerscheinbesitz) wurde eine Vorgruppierung der Studienteilnehmer durchgeführt. Aufgrund der hohen Signifikanz des Befragungstages – werktags gegenüber dem Wochenende – wurde die Clusteranalyse für diejenigen Personen durchgeführt, die ihre Wege für Montags bis Freitags berichtet haben.

Die Clusteranalyse basierend auf der Wegezahl insgesamt, der Anzahl an gemeinsamen Wegen sowie der Anteile an gemeinsamen Freizeit- und Versorgungswegen, führte zu elf Gruppen. Für diese Anzahl zeigten die oben genannten Kriterien die beste Übereinstimmung, wie der Auszug der Clusterhistorie zeigt:

Cluster Nummer	Vereinigte Cluster		Semipartielles R^2	R^2	Pseudo F	Pseudo t^2
15	CL26	CL36	0.0073	0.865	623	96
14	CL23	CL28	0.0083	0.857	627	175

Cluster Nummer	Vereinigte Cluster		Semipartielles R^2	R^2	Pseudo F	Pseudo t^2
13	CL16	CL19	0.0084	0.849	635	29
12	CL21	CL27	0.0088	0.840	649	96
11	CL38	CL18	0.0093	0.831	668	46
10	CL47	CL32	0.0158	0.815	666	656
9	CL17	CL24	0.0207	0.794	657	34
8	CL14	CL10	0.0228	0.771	657	301
7	CL12	CL35	0.0243	0.747	672	170
6	CL13	CL9	0.0265	0.720	705	47
5	CL15	CL11	0.0268	0.694	775	156
4	CL5	CL8	0.0896	0.604	696	559
3	CL4	CL20	0.1222	0.482	637	536
2	CL6	CL7	0.1542	0.328	669	309
1	CL3	CL2	0.3278	0.000	.	669

Tabelle 19: Historie der Clusteranalyse

Die Trennkraft hinsichtlich der Anzahl an Wegen insgesamt und der mit Haushaltsmitgliedern gemeinsam zurückgelegten Wege veranschaulicht die nächste Abbildung:

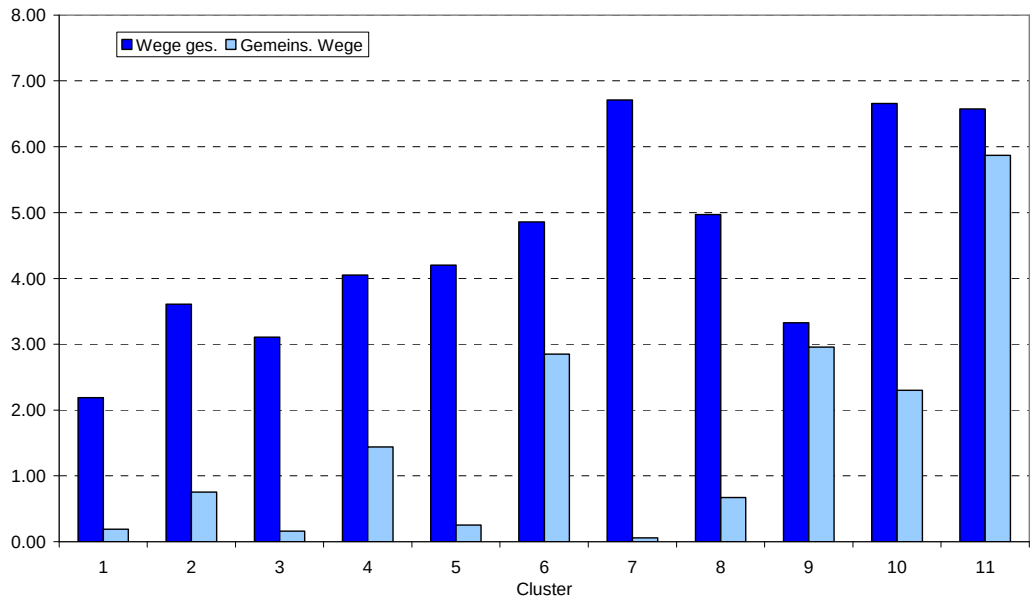
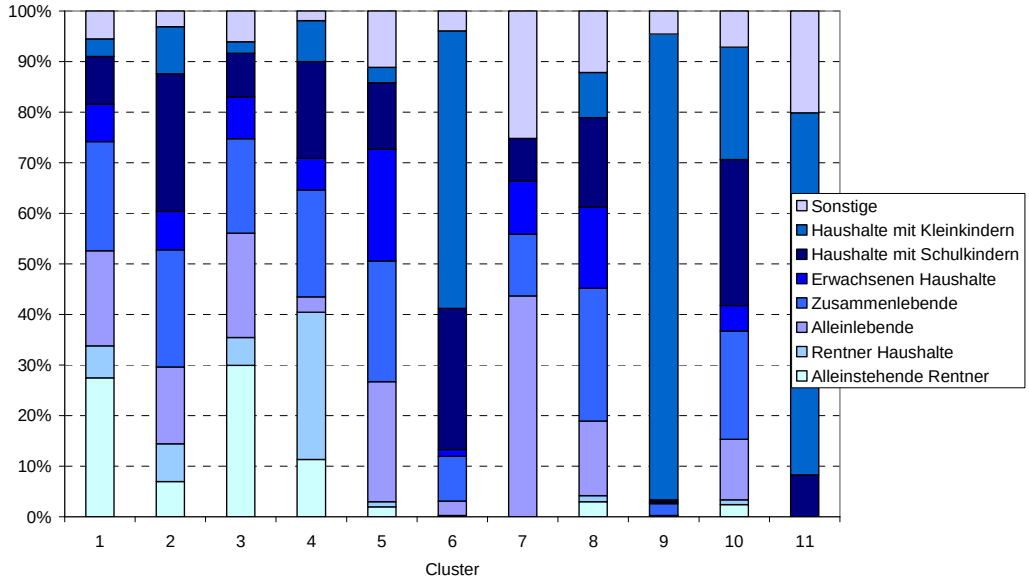


Abbildung 19: Anzahl Wege insgesamt und in Begleitung - Clusterergebnisse

Hinsichtlich der Lebensphasen ergibt sich auf den ersten Blick ein inhomogeneres Bild. Deutlich wird, dass die Cluster mit geringen Anteilen an gemeinsamen Wegen (Cluster 1, 3, 7) von Alleinlebenden unabhängig von ihrem Beruf geprägt werden, während die Haushalte mit Kleinkindern die Cluster 6, 9 und 11 dominieren. Die Untersuchung der Gruppen in Bezug auf weitere Kenngrößen wie Alter und Er-

werbstätigkeit zeigt, dass der Cluster 9 aus der Gruppe der Kinder besteht, während Cluster 6 und 11 die Nichterwerbstätigen enthält.



Sonstige: Alleinerziehende, Azubis, Wehr-/Zivildienstleistende

Abbildung 20: Verteilung der Lebensphasen in den Clustern

Zusammenfassend können die Gruppen wie folgt grob charakterisiert werden:

Cluster	Beschreibung	Durchschnittliches Alter
1	Alleinlebende Erwerbstätige und alleinstehende Rentner mit geringem Anteil an gemeinsamen Wegen	55
2	Erwerbstätige in Haushalten ohne Kinder	41
3	Alleinlebende Erwerbstätige und Rentner, die mobiler als Gruppe 1 sind	53
4	Rentner und Nichterwerbstätige in Haushalten ohne Kinder	53
5	Erwerbstätige im Haushalt ohne Kinder	30
6	Nichterwerbstätige im Haushalt mit Kleinkindern	33
7	Alleinlebende, Sonstige	37
8	Erwerbstätige in Erwachsenenhaushalten, die mobiler als Gruppe 5 sind	38
9	Kind	6
10	Erwerbstätige in Haushalten mit Kindern	40
11	Nichterwerbstätig im Haushalt mit Kleinkindern, die mobiler als Gruppe 6 sind	32

Tabelle 20: Ergebnisse Clusteranalyse - kategorisiert

Diese Gruppen wurden für das spätere Anwendungsbeispiel weiter aufgeschlüsselt, indem z.B. die Kinder weiter aufgeteilt wurden in Kleinkinder, Grundschüler und

Schüler. Das ermöglicht außerdem auch die Strukturdaten optimal zu nutzen (bekannte Angebote an Grundschulen usw.).

4.4 Fazit

Sowohl die deskriptiven Ergebnisse als auch die Analyse mittels statistischer Modelle bestätigen die Bedeutung des Haushaltskontextes für das individuelle Verkehrsverhalten. Besonders deutlich wird dies anhand der gewonnen Erkenntnisse über die gemeinsamen Wegen von Haushaltsmitgliedern, die Rückschlüsse auf das Mobilitätsverhalten innerhalb der unterschiedlichen Haushaltsformen zulassen.

Die Untersuchungen im Längsschnitt über die sieben Tage des Mobilitätspanels wiesen eine unregelmäßige Anzahl an Begleitmobilität durch Haushaltsmitglieder auf – ein Drittel aller nicht Alleinlebender führt nur an ein oder zwei Tagen pro Woche gemeinsame Wege durch, wobei dieser Anteil generell am Wochenende am höchsten ist. Unterschiede im Hinblick auf die Regelmäßigkeit fallen insbesondere für differenzierte Lebensphasen auf, die die Personen aufgrund ihrer Zugehörigkeit zu bestimmten Haushaltsstrukturen klassifizieren. So unternehmen z.B. 25% aller Personen aus Erwachsenen-Haushalten an keinem Tag der Woche mit ihren Partnern gemeinsame Wege, während 90% der nicht alleinlebenden Rentner an mindestens einem Tag gemeinsame Wege durchführen. Junge Erwachsene im Alter zwischen 18 und 25 hingegen legen ihre Wege in erster Linie ohne Begleitung durch weitere Haushaltsmitglieder zurück. Die Analysen der „Mobilität in Deutschland“ zeigen, dass die Anwesenheit von Kindern unter 6 Jahren sich wie erwartet positiv auf den Anteil der gemeinsamen Wege und die Anzahl der Versorgungswege auswirkt. Die statistischen Analysen zeigen weiterhin, dass Frauen z.T. einen höheren Anteil an Begleitmobilität haben. Allerdings muss hier auch die Erwerbstätigkeit berücksichtigt werden, die einen wesentlich höheren negativen Einfluss auf die Anteile der gemeinsamen Wege ausübt.

Deutlich wird, dass der Einfluss der Haushaltsmitglieder untereinander auf das individuelle Verkehrsverhalten (in Begleitung) unterschiedlich ausfällt, in erster Linie vom Alter, von der Erwerbstätigkeit und der Anwesenheit von Kleinkindern geprägt ist und damit von den einzelnen Lebenssituationen gekennzeichnet wird.

Mit der Multilevel Analyse der Anteile an gemeinsamen Wegen konnten signifikante Kenngrößen identifiziert werden und vor allem auch die Signifikanz des Anteils der Varianz auf der Haushaltsebene, der bei gewöhnlichen Regressions- oder Varianzanalysen nicht gemeinsam modellierbar ist - aufgezeigt werden. Dies gilt für alle untersuchten abhängigen Variablen, wobei deutlich wird, dass z.B. hinsichtlich der Gesamtzahl der Wege oder auch der Wegedauer es angebracht wäre, multivariate Ansätze weiter zu verfolgen. Auf diese Weise können weitere Abhängigkeiten deutlicher herausgearbeitet werden.

5 Algorithmische Umsetzung im Modell

Die Erkenntnisse aus der deskriptiven Analyse und die Herleitungen aus den statistischen Modellansätzen sollen in standardisierte verkehrsplanerische Modellansätze eingebracht werden. In Kapitel 5.1 werden einige Grundlagen zu den zur Zeit verwendeten Modellansätzen dargestellt. Kapitel 5.2 beschäftigt sich mit den Modulen, die durch die in Rahmen dieses Projektes gewonnenen Erkenntnissen verbessert werden können.

5.1 Modellgrundlagen

Zur Zeit werden in der Verkehrsplanung zwei verschiedene Modellsysteme eingesetzt. Schon seit einiger Zeit etabliert sind makroskopische und mikroskopische Modelltypen. Diese Unterscheidung besitzt besonders auf dem Gebiet der Verkehrsnachfragemodellierung Gültigkeit.

Untersucht werden bei makroskopischen Modellen Verkehrsbeziehungen zwischen Verkehrszellen. Die Untersuchungseinheit besteht demnach aus Verkehrsströmen F_{ij} zwischen den Verkehrszellen „i“ und „j“.

Entsprechend der Anzahl der einzelnen Modelle, die für die Ermittlung der netzabhängigen Streckenbelastungen benötigt werden, wird 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 Verkehrsstärken als Summe des Zielverkehrs (Z_i) und Summe des Quellverkehrs (Q_j) mit Hilfe von allgemeinen Strukturdaten bestimmt. Das Verkehrsaufkommen am Wohnort wird z.B. aus der Zahl der Einwohner in verhaltenshomogenen Gruppen (in der Regel klassifiziert nach Alter, Erwerbstätigkeit und Pkw-Verfügbarkeit) und dem zweckspezifischen Verkehrsaufkommen (Zahl der Wege pro Zweck und Tag für jede verhaltenshomogene Personengruppe, ggf. noch differenziert nach dem Wohnumfeld) bestimmt.

Im zweiten Modul 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 Modul „Verkehrsaufteilung“ der Verkehrsstrom F_{ij} auf die einzelnen für diese Relation zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel verteilt. Hierzu werden in der Regel generalisierte Kosten (Zeiten, Kosten) verwendet. Bei einigen Modellansätzen (z.B. dem EVA-Modell von Lohse)

wird die Verkehrsaufteilung und -verteilung parallel bearbeitet.

Die 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 Individualverkehr und den Öffentlichen Verkehr interessant.

Bei mikroskopischen Modellen wird versucht, das Verkehrsverhalten von Menschen als selbständig 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 Nachfragesimulation den Modellbausteinen eines makroskopischen Modells ähneln bzw. daran angelehnt sind, ist der zentrale Unterschied im Untersuchungsgegenstand und in der nicht-aggregierten (im Gegensatz zur disaggregierten) Berechnung zu sehen.

In Abbildung 21 sind die zentralen Modellbausteine bei makroskopischen und bei mikroskopischen Nachfragemodellen gegenübergestellt. Als Ergebnis der einzelnen Modellschritte stehen sowohl beim makroskopischen Modell als auch beim mikroskopischen Modell Verkehrsnachfragematrizen zur Verfügung.

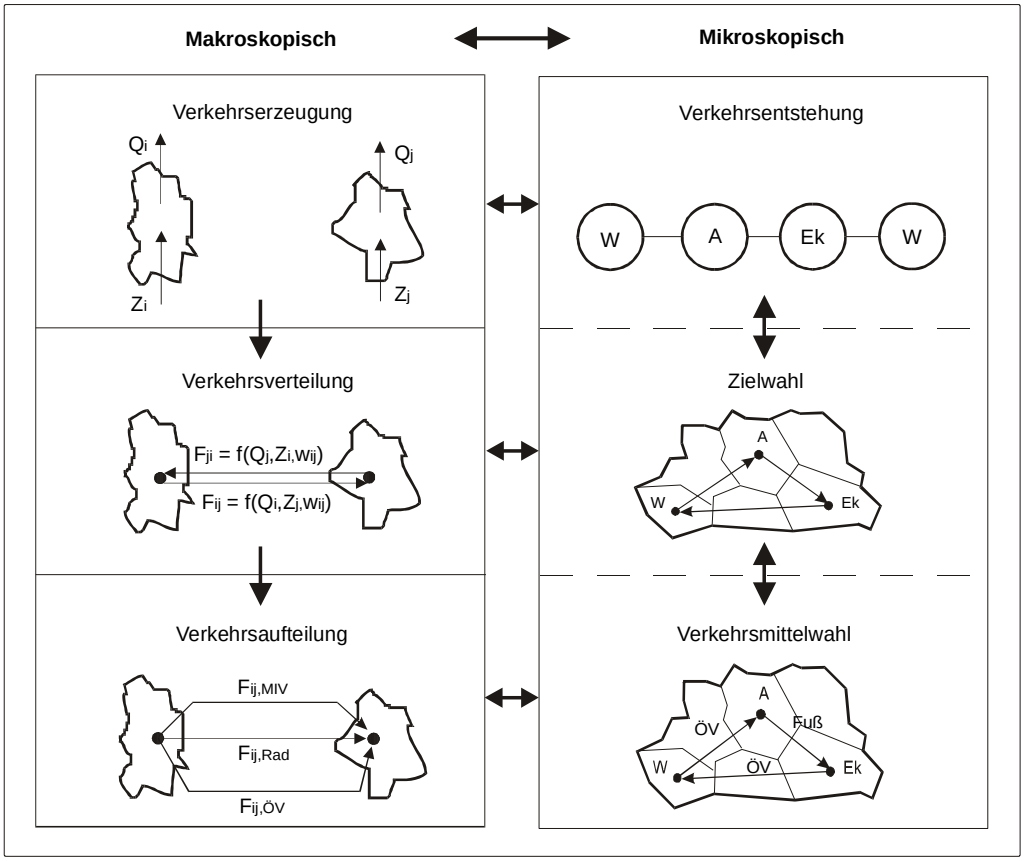


Abbildung 21: Vergleich der Modellbausteine bei makroskopischen und mikroskopischen Nachfragemodellen (Wassmuth 2001)

Der Anspruch des Projektes besteht darin, allgemeingültige, d.h. für mikroskopi-

sche und makroskopische Modelle, Verbesserungen zu empfehlen.

5.2 Umsetzung im Modell

Die modellrelevanten Aussagen der Analyse lassen sich in den folgenden Punkten zusammenfassen:

- Die Berücksichtigung des direkten Lebensumfeldes der Personen erklärt einen Großteil des Mobilitätsverhaltens.
- Das Alter ist als erklärende Variable nur ein sekundärer Indikator für das Lebensumfeld, das sich im Haushalt spiegelt. Gleichaltrige zeigen unterschiedliches Verhalten, wenn z.B. Kinder im Haushalt sind. Die Verwendung des Alters kann nur als Hilfslösung für die Betrachtung der Lebenssituation gesehen werden. Dadurch entsteht die Erfordernis, den Haushalt als primären Indikator für Lebenssituation bei den Verkehrsgrundlagen (Wegezahl, -zwecke) zu berücksichtigen.
- Die Kennzeichnung von gemeinsam durchgeführten Wegen und die konsequente Betrachtung dieser Wege im Modell erlaubt die kausale Berücksichtigung in den Modulen der Zielwahl und der Verkehrsmittelwahl, ggf. sogar in der Umlegung.
- Zur Modellierung von Szenarien ist die Variation der Haushaltszusammensetzung eine relevante und teilweise grundlegende Annahme.

In Abbildung 22 sind die grundlegenden Input-Daten, Zwischenschritte und Modellabläufe dargestellt. Diese Abbildung ist weitgehend allgemeingültig für mikroskopische und makroskopische Ansätze. Zentral (in gelb dargestellt) stehen die vier Stufen der Nachfrageberechnung, die Verkehrserzeugung (oder - entstehung), die Zielwahl (oder Verkehrsverteilung), die Verkehrsmittelwahl (oder Verkehrsaufteilung) und Verkehrsumlegung. Die durch die Belastungsabhängigkeit der Widerstände im Netz entstehenden Rückkopplungen zwischen Ziel-, Verkehrsmittelwahl und Umlegung sind durch hintereinanderliegende Felder charakterisiert. Auf eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Abläufe wird an dieser Stelle verzichtet.

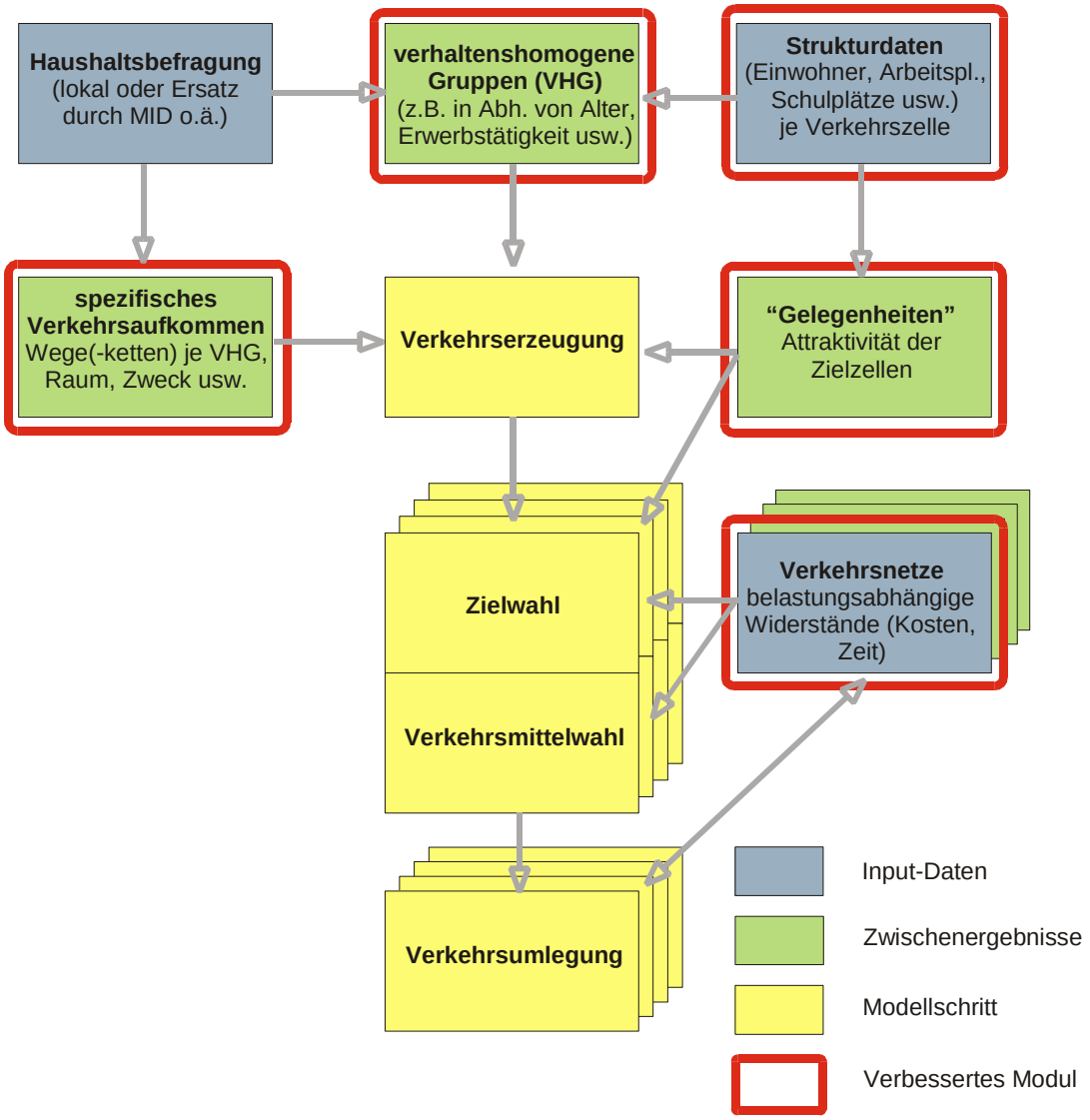


Abbildung 22: Darstellung des grundsätzlichen Modellablaufs und Kennzeichnung der Modellverbesserungen [eigene Darstellung]

Neben den grundlegenden Abläufen ist in der Abbildung gezeigt, bei welchen Modulen sich durch die Berücksichtigung des Haushaltszusammenhangs inhaltliche Verbesserungen bzw. Veränderungen ergeben können. Auf diese Schritte soll im Folgenden näher eingegangen werden.

1. Strukturdaten

An die Strukturdaten entstehen neue Anforderungen, da zumindest grundlegendende Haushaltsverteilungen vorhanden sein müssen. Liegen diese bei den statistischen Ämtern nicht vor, können sekundäre Daten (z.B. auch Auswertung der MiD nach Ortsgrößenklassen o.ä.) verwendet werden, um die Einwohnerzahlen in Haushalte zusammenzufassen. Für Prognoseberechnungen können Ergebnisse von Haushaltsprognosen verwendet werden. Die Strukturdaten dienen als Grundlagen für die Verkehrserzeugung. Daher richtet sich die Aufbereitung der Strukturda-

ten an den Definitionen der verhaltenshomogenen Gruppen.

Diese Anforderungen an die Strukturdaten sind die einzigen zusätzlichen Datenanforderungen durch die hier vorgestellten Verbesserungen. Alle anderen Daten können aus Haushaltsbefragungen abgeleitet werden.

2. Verhaltenshomogene Gruppen

Eine zentrale Änderung im Modellablauf ergibt sich bei der Definition der verhaltenshomogenen Gruppen. Hier ist es nun möglich, von der klassischen, personenbezogenen Definition abzuweichen und haushaltsbezogene Eigenschaften zusätzlich zu berücksichtigen. Die Bevölkerung wird demnach nicht mehr nach Alter, Berufstätigkeit usw. eingeteilt, sondern zusätzlich bzw. alternativ in den hergeleiteten Lebenszyklusgruppen, die einen wesentlich besseren Ursache-Wirkungszusammenhang des Mobilitätsverhaltens ausdrücken können.

3. Spezifisches Verkehrsaufkommen

Analog zu der haushaltsbezogenen Gruppeneinteilung müssen auch die aus empirischen Haushaltsbefragungen zum Mobilitätsverhalten hergeleiteten Grunddaten zum Verkehrsverhalten (Anzahl Wegeketten bzw. Wege) aufbereitet werden. Hierbei ist es sekundär, ob mit Verteilungen (mikroskopisch) oder Mittelwerten (makroskopisch) gearbeitet wird. Relevant ist, dass die Auswertungen exakt für die vorher definierten verhaltenshomogenen (Haushalts-) Gruppen durchgeführt werden.

Hinzu kommt der zweite Schritt der modelltechnischen Verbesserungen: Die konsequente Betrachtung des Haushaltszusammenhangs führt zu der Möglichkeit, gemeinsame Wege im Haushaltskontext zu modellieren. In diesem Projekt wurde dies umgesetzt, indem neben den "klassischen" Wegezwecken (Wohnen, Freizeit usw.), alternativ die Wegezwecke der Wege in Begleitung (Freizeit in Begleitung usw.) definiert wurden. Für diese Wege können ebenfalls spezifische Verkehrsaufkommenswerte aus der Empirie abgeleitet werden. Für eine Person in einem Haushalt mit Schulkindern z.B. werden Wege zur Freizeit ohne Begleitung und mit Begleitung parallel modelliert. Diese Einteilung ergibt Modellverbesserungen auch in den folgenden Modellschritten Ziel- und Verkehrsmittelwahl.

4. Gelegenheiten (als Input für die Zielwahl)

Die Strukturdaten bestimmen neben den in einer Verkehrszelle entstehenden Wege durch die Wohnbevölkerung auch die Attraktivität dieser Zelle als Ziel für bestimmte Wegezwecke. Insbesondere für den Wegezweck Freizeit ist die Definition der Attraktivität einer Zelle kritisch (wie viele m² Park ist gleichbedeutend mit einem Platz im Kino?). Die Betrachtung von gemeinsamen und alleine durchgeführten Freizeitwegen bietet hier die Möglichkeit zur inhaltlichen Verbesserung. Die Auswertung der Empirie hat gezeigt, dass gemeinsame Wege sich durch Zeit, Dauer, Entfernung des aufgesuchten Zieles usw. von den alleine durchgeführten Wegen unter-

scheiden. Dementsprechend kann eine Verkehrszelle für einen alleine durchgeführten Freizeitweg eine höhere Attraktivität besitzen als für einen gemeinsam durchgeführten Weg. Das liegt in der differierenden Unterkategorie von Freizeit begründet. Kuhnimhof und Wassmuth (2002) haben gezeigt, dass nähere Informationen zu dem Kontext eines Freizeitweges zu einer Verbesserung der Modellgenauigkeit betragen können. Begleitung gehört zu einer der zentralen Größen des Kontextes.

5. Verkehrsnetze / Widerstände (als Input für Ziel- und Verkehrsmittelwahl)

Die Kennzeichnung der gemeinsam durchgeführten Wege kann neben der o.g. Verbesserung der Genauigkeit der Attraktivitätsbestimmung auch bei der Bestimmung der Widerstände in den Netzen eingesetzt werden. Als Widerstände oder generalisierte Kosten sind für die Ziel- und Verkehrsmittelwahlberechnung neben der Reisezeit z.B. auch die Entfernung, die Kosten, Bedienungsparameter im ÖV, die Zu- und Abgangszeiten und/oder subjektive Verkehrsmitteleigenschaften relevant. Bei einigen Kenngrößen spielt die Begleitung eine große Rolle. So entstehen bei MIV-Wegen durch Begleitung nur geringe zusätzliche Kosten, im öffentlichen Verkehr (insbesondere im ÖPNV) dagegen ist der Fahrpreis direkt proportional zur Anzahl der mitreisenden Personen.

Untersuchungen (z.B. im Fernverkehr in Manz 2004) haben gezeigt, dass die Zahl der mitreisenden Haushaltsangehörigen den Reisekontext und damit auch die Ziel- und die Verkehrsmittelwahl bei den subjektiven Parametern beeinflusst. Die Separation der Wege in Begleitung ermöglichen eine eigenständige Schätzung der Modellparameter für diese Zwecke und damit auch eine eigenständige Abbildung der subjektiven Parameter.

5.3 Fazit

Die hier vorgestellten Modellverbesserungen beruhen alle auf einer grundlegenden Berücksichtigung des Haushaltskontextes bei der Nachfrageberechnung. Grundsätzlich wird der Haushalt durch neue verhaltenshomogene Gruppen und durch die separate Betrachtung gemeinsam durchgeführter Wege berücksichtigt. Die Anwendung dieser Änderungen in den einzelnen Modulen wurde aufgezeigt. Wenn an einigen Stellen der Konjunktiv verwendet wurde, so liegt dies in der Allgemeingültigkeit begründet. Bei den meisten Modellansätzen werden alle Verbesserungen sinnvoll sein, es sind aber auch Modellansätze denkbar, bei denen diese Berücksichtigung des Haushaltszusammenhangs nur eine geringe Rolle spielen wird. In der folgenden Beispielanwendung wird die grundlegende Funktionalität der Anwendung nachgewiesen.

6 Beispielanwendung

Im Rahmen einer Beispielanwendung wurde exemplarisch für eine Großstadt der Einfluss der Haushaltscharakteristik auf das tägliche Mobilitätsverhalten betrachtet. Gleichzeitig wurde mit dieser Betrachtung die Anwendbarkeit der entwickelten Modellanpassungen getestet.

6.1 Vorgehensweise

Als Grundlage für die Beispielanwendung wurde ein vorliegendes Verkehrsnachfragemodell einer Großstadt mit mehr als 500.000 Einwohnern herangezogen.

Unter Anwendung eines makroskopischen Modells wird im klassischen Vier-Stufen-Algorithmus die Verkehrsnachfrage des Untersuchungsraumes auf der Basis von verhaltenshomogenen Bevölkerungsgruppen und Wegeketten berechnet und die Wegewahl ermittelt:

- Modellierung des Verkehrsaufkommens: Wie viele Wege oder Fahrten werden von den sich im untersuchten Gebiet befindenden Personen unternommen?
- Modellierung der Zielwahl: Welche Ziele werden von den Verkehrsteilnehmern zur Ausführung ihrer Aktivitäten ausgewählt?
- Modellierung der Verkehrsmittelwahl: Mit welchen Verkehrsmitteln werden die Wege durchgeführt?
- Modellierung der Wegewahl: Welche Straßen oder Linien werden bei der Durchführung des Weges in Anspruch genommen?

Das Nachfragemodell wird aus Daten zur Beschreibung des Untersuchungsraumes und der in ihm agierenden Verkehrsteilnehmer gebildet:

- Struktur- und Verhaltensdaten der Einwohner – Einwohnerzahlen, Altersstruktur, Erwerbstätigkeit, Pkw-Verfügbarkeit, …
- Strukturdaten des Untersuchungsgebiets – Anzahl und Art der Arbeitsplätze, Einkaufsmöglichkeiten, Freizeiteinrichtungen, …
- Daten zur Beschreibung der Verkehrsnetze – Lage der Straßen und ihre Leistungsfähigkeiten, Linien und Fahrpläne der öffentlichen Verkehrsmittel...

Im Rahmen der Beispielanwendung wurde der Schwerpunkt auf die Modellierung des Verkehrsaufkommens im Haushaltszusammenhang gesetzt und die Ziel-, Verkehrsmittel und Wegewahl nur ansatzweise betrachtet. Der Haushalt als wesentlicher Einflussfaktor auf Wegezahl und Wegezwecke ging entsprechend der Erkenntnisse der Untersuchungen mit in die Verkehrserzeugung ein.

Die Nachfrageberechnung erfolgte zunächst für das sogenannte Basisszenario. Aus dem vorliegenden Modell wurden die Strukturdaten, Widerstandsmatrizen und Kenngrößen des Verkehrsangebots übernommen und die Definition der verhaltenshomogenen Gruppen, deren Verhaltensparameter und die Zweckdefinitionen ersetzt.

Die erforderlichen Parameter wurden durch Auswertung der Datenbasis „Mobilität in Deutschland ermittelt, wobei nur Haushalte der Ortsgrößenklasse > 500.000 Einwohner berücksichtigt wurden.

Im speziellen wurden folgende Auswertungen durchgeführt:

- Zusammenhang zwischen Alter und Zugehörigkeit zu den Haushaltsgruppen
- Aktivitätenketten, welche die Abfolgen typisierter Aktivitäten von Personen beschreiben
- Aktivitätenübergänge im Tagesverlauf
- Fahrtweitenverteilung der Gruppen differenziert nach Zwecken

Durch Anwendung des Nachfragemodells wurde für jede Haushaltsgruppe und für jede Aktivität die Verkehrsnachfrage berechnet. Innerhalb von zwei weiteren Szenarien wurde durch Variation des Haushaltskontexts die Auswirkung auf die Verkehrserzeugung untersucht.

6.2 Basisszenario

6.2.1 Grundlagen

In das Nachfragemodell gehen Strukturdaten wie die Zahlen der Einwohner, der Arbeitsplätze und der Schul- und Berufsschulplätze sowie Freizeitgelegenheiten und Einkaufsgelegenheiten ein. Die erforderlichen Grundlagedaten wurden aus dem vorliegenden Modell übernommen.

Als Einwohnerdaten wurden für die Beispielanwendung die Prognosewerte des Jahres 2015 verwendet, um den exemplarischen Charakter der Anwendung zu wahren. Sie standen differenziert nach Altersgruppen und Geschlecht, auf der erforderlichen Verkehrszellenebene zur Verfügung. Auch für die Bewertung der Zielattraktivität wurden die Strukturdaten 2015 herangezogen.

6.2.2 Verhaltenshomogene Gruppen

Als Basis der Verkehrserzeugung wird die Bevölkerung in sogenannte „verhaltenshomogene“ Gruppen eingeteilt. Das Verkehrsverhalten zwischen den Gruppen soll

deutliche Unterschiede aufweisen, innerhalb der Gruppen dagegen möglichst ähnlich sein. Bei der klassischen Einteilung der Gruppen waren bisher die Motorisierung und die den Tagesablauf prägende Lebensstellung (Erwerbstätigkeit oder Ausbildung) die entscheidenden Kriterien.

Diese häufig in Verkehrsnachfrageberechnungen eingesetzte klassische Definition wurde in der Beispielanwendung durch Gruppen ersetzt, deren Personen sich durch die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Haushaltstyp auszeichnen (vgl. Kapitel 5.2).

Aus den Daten der MiD wurde der Zusammenhang des Alters einer Person und der Zugehörigkeit zu einer Haushaltsgruppe getrennt nach Geschlecht bestimmt. Dieser Zusammenhang wurde mit den auf Verkehrszellenebene vorliegenden Einwohnerdaten des Jahres 2015 verknüpft und folgende Gruppen gebildet:

Code	Gruppe
1	Kind
2	Grundschüler
3	Schüler
4	Azubi/Wehrdienst/Zivi
5	Studenten (unabhängig in welchem HH sie leben)
6	Alleinlebende (erwerbstätig und nichterwerbstätige)
7	Erwerbstätige im HH ohne Kinder (2+ Erwachsene)
8	Nichterwerbstätige und sonst im HH ohne Kinder (2+ Erwachsene)
9	Erwerbstätige im HH nur mit Schulkindern
10	Nichterwerbstätige und Sonstige im HH nur mit Schulkindern
11	Erwerbstätige im HH mit Kleinkindern
12	Nichterwerbstätige und Sonstige im HH mit Kleinkindern
13	Alleinstehende Rentner
14	Rentner Haushalte

Tabelle 21: Einteilung der Haushaltsgruppen[1]

[1] Bei dieser Zuordnung sind Alleinerziehende den entsprechenden (Nicht-)Erwerbstätigen in HH mit Klein- bzw. Schulkindern zugeordnet worden.

Die unten stehende Tabelle gibt beispielhaft für die männliche Bevölkerung die Anteile der jeweiligen Haushaltsgruppen an den Altersklassen wider:

Alter	Kind	GSch	Sch	Azubi	Stud	Alleinl	EHH oKi	NEH oKi	EHH mSch	NEHH mSch	EHH mKK	NEHH mKK	AlleinR	RHH	Summe
0-2	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
3-5	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
6-9	15%	83%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
10-15	0%	18%	78%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	1%	0%	0%	100%
16-18	0%	0%	59%	15%	0%	0%	7%	10%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	100%
19-20	0%	0%	14%	15%	16%	6%	6%	28%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	100%
21-24	0%	0%	0%	13%	35%	13%	17%	13%	3%	1%	4%	1%	0%	0%	100%
25-29	0%	0%	0%	3%	26%	41%	15%	6%	1%	1%	3%	3%	0%	0%	100%
30-44	0%	0%	0%	0%	2%	40%	21%	5%	9%	3%	13%	5%	0%	0%	100%
45-59	0%	0%	0%	0%	1%	23%	34%	17%	10%	4%	3%	1%	6%	1%	100%
60-64	0%	0%	0%	0%	0%	5%	17%	29%	0%	1%	0%	0%	17%	30%	100%
65-75	0%	0%	0%	0%	0%	3%	2%	16%	0%	1%	0%	0%	23%	55%	100%
>=75	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	0%	1%	0%	0%	32%	59%	100%

Tabelle 22: Zuordnung der männlichen Bevölkerung zu den Haushaltsgruppen

Alle Gruppen haben gruppenspezifische Mobilitäts-, Zielwahl-, und Modal-Split-Parameter, die in die Nachfrageberechnung einfließen.

Dieses Vorgehen kann auch für andere Regionen und Modelle verwendet werden, um Personen zu Haushalten zusammen zu fassen – sei es mit Hilfe einer Auswertung der MiD nach Ortsgrößenklassen, Raumtypen oder durch lokale Haushaltsbefragungen.

6.2.3 Aktivitätenketten

Um die Mobilität der Bevölkerung abzubilden, wurden die täglichen Aktivitätenmuster der Haushaltsgruppen und ihrer relativen Häufigkeiten aus den MiD-Daten ermittelt und nachgebildet. Diese Aktivitätenketten definieren die gruppenspezifische Mobilität, indem sie die Wege pro Kopf und Tag, die Anzahl der verschiedenen Aktivitäten pro Tag und deren Abfolge in Verhaltensmustern bestimmen. Es wurden 14 Aktivitäten unterschieden, wobei die Aktivitäten teilweise in Wege mit oder ohne Begleitung differenziert wurden:

Kürzel	Aktivität
A	zur Arbeit/dienstlich
E	Einkaufen ohne Begleitung
E*	Einkaufen in Begleitung
G	Zur Grundschule ohne Begleitung
G*	Zur Grundschule in Begleitung
S	zur Schule ohne Begleitung

Kürzel	Aktivität
S*	zur Schule in Begleitung
B	Zur Berufsschule
H	Zur Universität
F	Freizeit ohne Begleitung
F*	Freizeit in Begleitung
P	Private Erledigung ohne Begleitung
P*	Private Erledigung (bringen/holen etc.) privat in Begleitung
W	nach Hause

Tabelle 23: Aktivitäten der Verkehrserzeugung

Die Wege zur Arbeit wurden aufgrund des geringen Anteils an Begleitmobilität nicht weiter differenziert.

Als lokale Spezialauswertung der gewichteten MiD gibt Tabelle 24 die durchschnittliche Anzahl der Wege pro Werktag und Haushaltsgruppe wider. Sie zeigt, dass die Personen, die zu einem Haushalt mit Kindern gehören, durchschnittlich mehr Wege durchführen, als Haushalte ohne Kinder, Rentnerhaushalte oder Alleinlebende. Diesen Sachverhalt spiegelt auch die hohe Mobilität der Kinder und Schüler wider. Die hohe Wegezahl ist vor allem auf den großen Anteil der Begleitwege zurückzuführen.

	Kind	GSch	Sch	Azubi	Stud	Alleinl	EHH oKi	NEH oKi	EHH mSch	NEHH mSch	EHH mKK	NEHH mKK	Allein R	R. HH
Wege pro Tag	4	4,46	3,98	4,17	4,52	3,76	3,74	3,32	4,13	3,72	4,44	4,13	2,73	3,25

Tabelle 24: Durchschnittliche Anzahl der Wege pro Werktag und Personengruppe

In der Auswertung traten teilweise Wegeketten auf, die sehr viele Aktivitäten/Wege enthielten. Bei der Modellierung ist es jedoch zweckmäßig, sich auf kürzere Ketten zu beschränken, da bei sehr langen Ketten

- die Wahrscheinlichkeit für die Durchführung und damit die verkehrliche Relevanz stark abnimmt
- die Rechenzeit zur Ermittlung der entsprechenden Verkehrsbeziehungen stark ansteigt.

Mit Hilfe eines Optimierungsverfahrens wurde ein Wegeketten-Satz erzeugt, der sich auf Ketten von bis zu drei Wegen (z.B. W-A-E-W) beschränkt. Anteile der Mobilität aus den längeren Wegeketten wurden darin eingerechnet, ohne die Mobilität, den Aktivitäten-Split und die Häufigkeit aller Aktivitätenübergänge einer jeden Gruppe der Stichprobe zu verfälschen.

In Tabelle 25 sind beispielhaft einige Wegeketten dargestellt. Eine Häufigkeit von

43,7 bedeutet, dass sich 100 Personen dieser Gruppe 43,7 mal pro Tag entsprechend dieser Aktivitätenkette verhalten. In der Summe können 100 Personen mehr als 100 Ketten erzeugen, da eine Person mehrmals am Tag von der Wohnung aus eine Kette beginnen kann (Zahl der Ausgänge).

Kette	Kind	GSch	Sch	Azubi	Stud	Alleinl	EHH oKi	NEH oKi	EHH mSch	NEHH mSch	EHH mKK	NEHH mKK	Allein R	R HH
WAW	0	0	1,5	28,4	12,7	43,1	47,9	22,1	47,3	26,4	48,7	17,4	0	0,5
WBW	0	0	0	32,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WEW	0	6	5,9	13,6	14,8	24,9	18,6	27,8	15,5	17,6	7,3	8,9	43,9	26,6
WFW	8,3	16,4	35,7	38,7	34,1	25,8	13,3	16,9	11,9	19,9	5,8	5,6	27,6	18,8
WGW	0	48,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WHW	0	0	0	0	25,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WG*W	0	20,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WE*W	17,6	2,3	8,2	0	1,6	0	6,5	10,5	9,2	11,9	9,5	21,8	0	21,6
WF*W	43,7	29,4	12,5	1,5	2,4	0	9	10,1	11,4	20,9	13,1	35,2	0	14,3
WPW	0	3,2	10	6,9	13,4	8,5	9,1	16,3	8,8	25,3	22,1	12,6	13,5	17,2
WP*W	53,1	9,9	2	4	2,7	0	3,7	7	7	13,1	15,1	31,8	0	5,6
WSW	0	0	61,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WS*W	0	0	11,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WAAW	0	0	0	2,8	1,8	2,2	4	1,9	2,1	2,7	4,7	4,2	0	0
WAEW	0	0	0	13,7	1,3	10,2	10,5	0,2	11,6	3,8	5,3	2,4	0	0
WAFW	0	0	0	13,5	0	8	4,4	1,7	2,2	1,1	0	1,1	0	0
WAHW	0	0	0	0	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WAE*W	0	0	0	5,8	0	0	0,2	0,4	1,3	0	0	0	0	0
WAF*W	0	0	0	0	0	0	1,4	0,4	1,2	0	0	0	0	0
WAPW	0	0	0,6	0	1,9	5,8	7,3	1,2	5,3	0	7,6	1	0	0
WAP*W	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,5	0	0	0	0	0
WBAW	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WBEW	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WBFW	0	0	0	1,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WEAW	0	0	0	0	0	0,9	1,3	0	0	0	0	0	0	0,3
WEEW	0	0	0	0	7	0,6	0,5	1,3	1	1,4	0	0	1,3	2,5
WEFW	0	0	1,3	0	0,7	1,5	1	1,4	0	1,6	0	2,1	2,4	1,5
WEE*W	0	0	0	0	0	0	0,3	0,1	0,1	2,3	0,9	1,8	0	0
WEF*W	0	0	0	0	0	0	0,1	0,8	0	0,1	0	0,4	0	0,3

Abkürzungen: W=Wohnen A=Arbeit F/F*=Freizeit ohne/in Begl. E/E*=Einkauf ohne/in Begl
G/G*=Grundschule ohne/in Begl. S/S*=Schule ohne/in Begl. B=Berufsschule H=Universität
P/P*= Private Erledigung ohne/in Begl.

Tabelle 25: Beispielhafte Aktivitätenketten und ihre Häufigkeiten bei den verschiedenen Personengruppen

6.2.4 Aktivitätenübergänge

Die zeitliche Verteilung wird aus den Angaben zum Zweck und Beginn des Weges ermittelt. Für die Aktivitätenübergänge „WA“ (Wohnung → Arbeit) und „AW“ (Arbeit → Wohnung) ergeben sich beispielsweise folgende zeitliche Verteilungen:

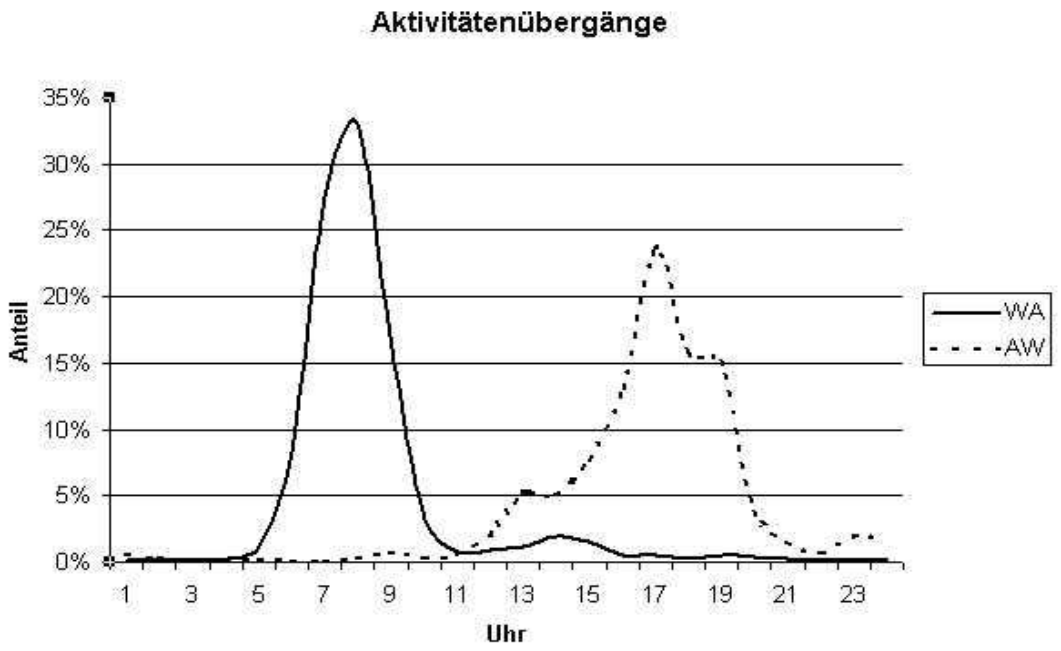


Abbildung 23: Beispielhafte zeitliche Verteilung der Wege bei den Beziehungen Wohnen/Arbeiten und Arbeiten/Wohnen

Diese Verteilung kann dafür verwendet werden, dynamische stundenfeine Umlegungen zu berechnen.

6.2.5 Fahrtweitenverteilung

Die Fahrtweitenverteilung dient zur Anpassung der Parameter der Widerstandsfunktionen. Die Kalibrierungsparameter drücken die Widerstandsempfindlichkeit für jede Gruppe und Aktivität aus. Die Bestimmung und Eichung erfolgt generell mittels linearer Regression an der Fahrtweitenverteilung der realen Nachfrage. Da für das Anwendungsbeispiel keine quelle-ziel-bezogenen Wege vorlagen, wurden zunächst Standardparameter eingesetzt. Die durchschnittliche zweckspezifische Fahrtweite wurde aus den mit dem Nachfragemodell erzeugten Matrizen abgeleitet, den Auswertungen der MiD gegenübergestellt und die Widerstandsparameter gegebenenfalls angepasst.

6.2.6 Relative Zielpotentiale der Aktivitäten

Jeder Aktivität, die in der Nachfrageberechnung berücksichtigt wird, wurde ein quantitatives Strukturmerkmal zugeordnet, das jeden Bezirk als ein potentielles Ziel für Wege dieser Aktivität bewertet. Die Strukturdaten wurden aus dem vorliegenden Verkehrsmodell übernommen und der Beispielanwendung angepasst. Differenziert nach Zwecken wurde den Wegen mit oder ohne Begleitung das gleiche Zielpotential zugewiesen.

Die Zuordnung von Aktivitäten und Zielpotential wurde wie folgt getroffen:

Arbeit	↔	Anzahl der Arbeitsplätze aller Sektoren
Einkauf	↔	Ermittelter Wert aus Arbeitsplätzen im Handel und Verkaufsflächen der städtischen Zentren und großen Einkaufsmärkte
Grundschulbesuch	↔	Grundschulplätze
Schulbesuch	↔	Schulplätze für Haupt-, Realschule, Gymnasium, FOS, BOS, Wirtschaftsschule
Berufsschulbesuch	↔	Anzahl Berufsschulplätze für Auszubildende
Hochschulbesuch	↔	Anzahl der Studienplätze an allen Hochschulen inkl. Fachakademien
Freizeit	↔	Ermittelter Wert aus durchschnittlichen täglichen Besucherzahlen in kulturellen und Freizeiteinrichtungen
Private Erledigung	↔	Anzahl der Einwohnerzahlen

Auf eine Differenzierung der Zielpotentiale der begleitenden Wege wurde hier verzichtet, kann aber grundsätzlich an dieser Stelle eingeführt werden.

6.2.7 Angebotsdaten für Ziel- und Verkehrsmittelwahl

Die Kenngrößen des Verkehrsangebots werden generell aus dem Netzmodell abgeleitet und gehen als Entfernungs- und Fahrzeitenmatrizen der Verkehrsmittel, Bedienungshäufigkeiten und Zu- und Abgangszeiten usw. in das Nachfragemodell ein. In der Nachfrageberechnung sind sie die entscheidenden Parameter bei der Zielwahl und Verkehrsmittelwahl. Im Anwendungsbeispiel wurden diese Kenngrößen aus dem vorliegenden Modell übernommen. Eine Neuberechnung mit Berücksichtigung der Begleitwege hätte aufgrund der erforderlichen lokalen Kalibrierung den Rahmen dieser Beispielanwendung gesprengt, ohne neue Erkenntnisse zu ermöglichen.

6.2.8 Ergebnis der Berechnungen

Das Verkehrsmodell der Beispielanwendung berechnet alle Wege der in der Planungsregion wohnenden Personen, deren Ziele ebenfalls in der Planungsregion liegen. Diese Wege können differenziert nach

- Gruppen
- Aktivitäten
- Verkehrsmitteln

in Matrizen ausgegeben werden. Da die Verkehrsmittel- und Wegewahl nicht weiter betrachtet wird, beschränkt sich die Darstellung der Ergebnisse auf die Gruppen und die Aktivitäten.

Die mit dem Nachfragemodell erzeugten Verkehrsmengen der Beispielanwendung verteilen sich auf die Haushaltsgruppen und Zwecke wie folgt:

Aktivität	**Kind**	**GSch**	**Sch**	**Azubi**	**Stud**	**Alleinl**	**EHH oKi**	**NEH oKi**	**EHH mSch**	**NEHH mSch**	**EHH mKK**	**NEHH mKK**	**Allein R**	**R HH**
A	0%	0%	1%	17%	6%	20%	22%	9%	20%	10%	20%	8%	0%	0%
E	1%	1%	3%	7%	9%	12%	10%	12%	9%	8%	3%	6%	23%	13%
E*	5%	2%	3%	2%	1%	0%	3%	5%	4%	4%	4%	9%	0%	12%
G	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
G*	0%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
S	0%	0%	19%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
S*	0%	0%	3%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
B	0%	0%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
H	0%	0%	0%	0%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
F	4%	12%	15%	16%	17%	17%	9%	10%	6%	10%	3%	2%	19%	9%
F*	17%	12%	5%	1%	2%	0%	5%	6%	5%	6%	6%	14%	0%	8%
P	1%	1%	4%	3%	11%	9%	7%	9%	8%	9%	9%	4%	15%	8%
P*	29%	6%	1%	2%	1%	0%	2%	4%	5%	6%	13%	13%	0%	5%
W	44%	44%	46%	43%	41%	42%	43%	44%	42%	45%	42%	44%	44%	44%
Summe	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabelle 26: Wegezwecke der Bevölkerung differenziert nach verhaltenshomogenen Gruppen

6.3 Szenarien

In der Szenarienbetrachtung wurde die Verkehrserzeugung unter veränderten Rahmenbedingungen untersucht. Dafür wurden bei der Berechnung der Haushaltsgruppen die jeweiligen Anteile der Gruppen an den Altersklassen modifiziert, ohne die Gesamtzahl der Einwohner zu verändern:

- In Szenario1 wurden die Anteile der Rentnerhaushalte zu Lasten der alleinlebenden Rentner erhöht.
- Szenario2 baut auf Szenario1 auf, umfasst aber zusätzlich noch eine Verschiebung der Anteile der Alleinlebenden in den Altersgruppen zwischen 25 und 55 in Richtung Zusammenleben mit/ohne Kinder.

In den folgenden Tabellen sind die Anteile der Gruppen an den Altersklassen je Szenario exemplarisch für die männliche Bevölkerung abgebildet, bei der weiblichen Bevölkerung wurde analog vorgegangen.

Alter	Kind	GSch	Sch	Azubi	Stud	Allein	EHH oKi	NEH oKi	EHH mSch	NEHH mSch	EHH mKK	NEHH mKK	Allein R	R. HH	Summe
0-2	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
3-5	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
6-9	15%	83%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
10-15	0%	18%	78%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	1%	0%	0%	100%
16-18	0%	0%	59%	15%	0%	0%	7%	10%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	100%
19-20	0%	0%	14%	15%	16%	6%	6%	28%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	100%
21-24	0%	0%	0%	13%	35%	13%	17%	13%	3%	1%	4%	1%	0%	0%	100%
25-29	0%	0%	0%	3%	26%	41%	15%	6%	1%	1%	3%	3%	0%	0%	100%
30-44	0%	0%	0%	0%	2%	40%	21%	5%	9%	3%	13%	5%	0%	0%	100%
45-59	0%	0%	0%	0%	1%	23%	34%	17%	10%	4%	3%	1%	6%	1%	100%
60-64	0%	0%	0%	0%	0%	5%	17%	29%	0%	1%	0%	0%	7%	40%	100%
65-75	0%	0%	0%	0%	0%	3%	2%	16%	0%	1%	0%	0%	13%	65%	100%
>=75	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	0%	1%	0%	0%	18%	73%	100%

Tabelle 27: Zuordnung der männlichen Bevölkerung zu den Haushaltsgruppen in Szenario 1

Alter	Kind	GSch	Sch	Azubi	Stud	Allein	EHH oKi	NEH oKi	EHH mSch	NEHH mSch	EHH mKK	NEHH mKK	Allein R	R. HH	Summe
0-2	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
3-5	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
6-9	15%	83%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%
10-15	0%	18%	78%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	1%	0%	0%	100%
16-18	0%	0%	59%	15%	0%	0%	7%	10%	0%	10%	0%	0%	0%	0%	100%
19-20	0%	0%	14%	15%	16%	6%	6%	28%	0%	14%	0%	0%	0%	0%	100%
21-24	0%	0%	0%	13%	35%	13%	17%	13%	3%	1%	4%	1%	0%	0%	100%
25-29	0%	0%	0%	3%	26%	20%	18%	7%	3%	3%	10%	9%	0%	0%	100%
30-44	0%	0%	0%	0%	2%	20%	25%	8%	9%	6%	18%	10%	0%	0%	100%
45-59	0%	0%	0%	0%	1%	10%	37%	17%	14%	10%	3%	1%	6%	1%	100%
60-64	0%	0%	0%	0%	0%	5%	17%	29%	0%	1%	0%	0%	7%	40%	100%
65-75	0%	0%	0%	0%	0%	3%	2%	16%	0%	1%	0%	0%	13%	65%	100%
>=75	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	0%	1%	0%	0%	18%	73%	100%

Tabelle 28: Zuordnung der männlichen Bevölkerung zu den Haushaltsgruppen in Szenario 2

Beide Szenarien setzen eine Zunahme von Mehrpersonenhaushalten voraus. Für Rentner zum Beispiel ist dies durchaus ein plausibles Szenario, wie die aktuellen Prognosen der Alterspyramide zeigen.

6.4 Wirkungs- und Sensitivitätsbetrachtung (Beurteilung)

Die nächste Tabelle zeigt die Verschiebung der Wegeanteile je Gruppe und Szenario:

Alter	Kind	GSch	Sch	Azubi	Stud	Allein	EHH oKi	NEH oKi	EHH mSch	NEHH mSch	EHH mKK	NEHH mKK	Allein R	R. HH	Summe
Basis	5%	4%	6%	2%	5%	18%	16%	10%	6%	3%	3%	3%	9%	10%	100%
Szen1	5%	4%	6%	2%	5%	18%	16%	10%	6%	3%	3%	3%	4%	15%	100%
Szen2	5%	4%	6%	2%	5%	10%	17%	10%	7%	5%	5%	4%	4%	15%	100%

Tabelle 29: Vergleich der Wegeanteile je Gruppe und Szenario

In Szenario1 steigt der Anteil der Rentnerhaushalte im Vergleich zum Basisszenario um 5 % und sinkt entsprechend bei den Alleinlebenden Rentnern und in Szenario2 sinkt der Anteil der Alleinlebenden um 8 % und verteilt sich auf die Gruppen der Zusammenlebenden – analog zu den Annahmen der Haushaltseinteilung.

Die Anzahl der Wege nimmt in den Szenarien im Vergleich zum Basisszenario zu, da die Anteile der Haushaltsgruppen zunehmen, die mehr Wege durchführen:

	Basisszenario	Szenario1	Szenario2
Anzahl Wege	5.192.977	5.245.152	5.268.419
Veränderung	100%	+1%	+1,45%

Tabelle 30: Vergleich der Wege je Gruppe und Szenario

Die Verschiebung der Rentneranteile von Alleinlebenden zu Rentnerhaushalten in Szenario1 führt zunächst zu einer Zunahme von ca. 1 % der Wege, da in den Rentnerhaushalten mehr Begleitwege durchgeführt werden. Eine weitere Zunahme ergibt sich in Szenario2 durch die Verschiebung der Anteile der Alleinlebenden in Richtung Zusammenlebende mit/ohne Kinder, da auch diese Gruppen eine höhere Mobilität aufweisen (vgl. Tabelle 31).

	Kind	GSch	Sch	Azubi	Stud	Alleinl	EHH oKi	NEH oKi	EHH mSch	NEHH mSch	EHH mKK	NEHH mKK	Allein R	R HH	Summe
Basis	5%	4%	6%	2%	5%	18%	16%	10%	6%	3%	3%	3%	9%	10%	100%
Szen1	5%	4%	6%	2%	5%	18%	15%	10%	6%	3%	3%	3%	4%	16%	100%
Szen2	5%	4%	6%	2%	5%	10%	17%	10%	7%	5%	5%	4%	4%	16%	100%

Tabelle 31: Vergleich der Wegeanteile je Gruppe und Szenario

Tabelle 32 zeigt im Szenarienvergleich deutliche Zunahmen bei den Begleitwegen und entsprechende Abnahmen bei den Wegen ohne Begleitung. Dies fällt gerade bei den Versorgungswegen (Einkaufen und Private Erledigungen) und den Frei-

zeitwegen ins Gewicht.

	Basisszenario	Szenario1	Szenario2
Arbeit	11,08%	10,98%	10,69%
Einkauf ohne Begleitung	10,10%	9,60%	9,23%
Einkauf in Begleitung	3,48%	4,21%	4,60%
Grundschule ohne Begleitung	0,58%	0,57%	0,57%
Grundschule in Begleitung	0,27%	0,26%	0,26%
Schule ohne Begleitung	1,15%	1,14%	1,13%
Schule in Begleitung	0,21%	0,21%	0,21%
Berufsschule	0,18%	0,18%	0,18%
Hochschule	0,69%	0,69%	0,68%
Freizeit	11,63%	11,07%	10,21%
Freizeit in Begleitung	4,91%	5,38%	5,93%
Privat ohne Begleitung	8,03%	7,71%	7,58%
Privat in Begleitung	4,33%	4,63%	5,27%
Wohnung	43,35%	43,38%	43,47%
Summe	100%	100%	100%

Tabelle 32: Vergleich der Anteile der Aktivitäten je Szenario

Wenn auf dieser Basis eine Verkehrsmittel- und Zielwahl gerechnet werden würde, können sich durchaus signifikante Änderungen zum Basisszenario einstellen, so dass zum einen die Haushaltszusammensetzung ein relevanter Szenarienparameter ist und zum anderen die Ursache-Wirkungs-Abbildung verbessert werden kann.

7 Fazit und Ausblick

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Einfluss der Haushaltsebene auf das individuelle Mobilitätsverhalten betrachtet. Zentrale Aufgabenstellung war dabei, allgemeingültige Empfehlungen für die Abbildung der Verkehrsnachfrage im Verkehrsplanungsmodell herausstellen zu können.

Eine Recherche der Literatur hat gezeigt, dass die Bedeutung der Haushaltszusammensetzung auf das Verkehrsverhalten in der Wissenschaft bereits häufiger thematisiert wurde, allerdings nicht allgemeingültig und anwendungsorientiert.

Die zur Zeit zur Verfügung stehende außerordentlich gute Datengrundlage (MiD, MoP) ermöglicht eine fundierte Untersuchung der relevanten Zusammenhänge, und zwar nicht begrenzt auf eine bestimmte Region oder eine selektive Stichprobe sondern verallgemeinerbar und im bevölkerungsrepräsentativen Querschnitt für Deutschland.

Beide Datengrundlagen wurden aufbereitet und ausgewertet. Hierzu wurden zunächst deskriptive Analysen durchgeführt, um erste Erkenntnisse über relevante Variablen und determinierende Einflüsse gewinnen zu können. Hierzu wurden gesondert Auswertungen durchgeführt, die auf den intrapersonellen Längsschnittdaten des MoP basieren.

Die Anwendung statistischer Modelle in Form von Multilevel Modellen wurde auf die Daten der MiD beschränkt. Die Modelle konnten die Bedeutung der Haushaltsvariablen für die Erklärung der individuellen Mobilität statistisch bestätigen; die Aussagegenauigkeit hat sich durch die Berücksichtigung der Haushaltvariablen erhöht. Daher können auch die Erklärungsmöglichkeiten eines Verkehrsnachfragemodells durch die Berücksichtigung des Haushaltskontexts erhöht werden. Das Konzept der verhaltenshomogenen Gruppen mit ausschließlich personenbezogenen Variablen wäre demnach durch eine Gruppenbildung unter Verwendung von personen- und haushaltsspezifischen Variablen zu erweitern.

Um diese Erkenntnisse aus der deskriptiven Analyse und dem Einsatz der Multilevel-Modelle für die Verkehrsnachfragemodellierung verfügbar zu machen, wurden in einem nächsten Schritt in einer Clusteranalyse neue verhaltenshomogene Gruppen ermittelt. Die Erweiterung der Anzahl der zugrundeliegenden Variablen um die haushaltsbezogenen Variablen erhöht die Kombinationsmöglichkeiten und reduziert damit die statistische Signifikanz der Aussagekraft jeder einzelnen Gruppe. Zudem führt die Einführung zu vieler Gruppen zu einer unpraktikablen Behandlung im Verkehrsmodell; gegebenenfalls würde dies auch zu technischen Problemen führen.

Aus diesem Grund wurde die Zahl der relevanten Einflussvariablen neu definiert. Im Vergleich zu einer standardisierten Einteilung verhaltenshomogener Gruppen (z.B. im BVWP) aufgrund der Variablen Alter (in Klassen) , Erwerbstätigkeit (ja / nein)

und Pkw-Verfügbarkeit (ja / nein) wurden Gruppen bestimmt, die die Stellung im Lebenszyklus und den Erwerbstätigkeitsstatus berücksichtigen. Im Anwendungsbeispiel wurde demnach auf das Alter (bei Erwachsenen) und die Pkw-Verfügbarkeit verzichtet.

Die relevanten altersbedingten Faktoren werden ersetzt durch die Lebenssituation: Schulausbildung, Studium und Rente sind Lebenssituationen, die in den meisten Fällen implizit von einer bestimmten Altersgruppe dominiert werden. Die Trennung der personenbezogenen VHG z.B. 25 - 40 Jahre und 40 - 65 Jahre dient ebenfalls hauptsächlich der Abbildung unterschiedlicher Lebenssituationen, z.B. Familie mit kleinen Kindern oder Familie mit Schulkindern oder Alleine- bzw. Partnerbeziehungen, die sich in unterschiedlichen Anteilen hinter den Altersgruppen verstecken, aber die ursächlich verhaltensbeeinflussende Faktoren sind. Auf eine ergänzende Abbildung von Altersgruppen kann daher bei einer Berücksichtigung der Lebenssituation verzichtet werden.

Die Pkw-Verfügbarkeit war in vielen Nachfragemodellen Bestandteil der Kriterien für die Einteilung verhaltenshomogener Gruppen. Die zunehmende Motorisierung der letzten 40 Jahre hat inzwischen jedoch zu einem Zustand geführt, dass nahezu jeder Haushalt, der einen Pkw benötigt, auch über einen Pkw verfügt. Zudem hat der Trend zum Zweit- und Dritt-Pkw sowie die Entwicklung alternativer Motorisierungsformen (CarSharing) zu einer zunehmenden Unschärfe des Begriffes "Pkw-Verfügbarkeit" geführt. Die Entscheidung für einen bewussten Verzicht auf einen Pkw wiederum ist stark verbunden mit dem persönlichen Lebensumfeld und den eigenen Mobilitätswünschen. Diese Aspekte werden durch die Ableitung der Mobilitätsgrunddaten (oder -verteilungen) im Modell aus Haushaltsbefragungen eingeschlossen. Diese Betrachtung orientiert sich hauptsächlich an makroskopischen Abläufen. Die Erkenntnisse lassen sich aber analog auch für die den mikroskopischen Modellen zugrundeliegenden Verteilungen einsetzen.

Für die definierten verhaltenshomogenen Gruppen wurden aus der MiD-Erhebung die relevanten Verkehrskenngrößen ermittelt und in einem Testbeispiel angewendet. Die Verkehrskenngrößen berücksichtigen dabei nicht nur das Haushaltsumfeld in dem die Person eingebunden ist, sondern es werden auch mit Haushaltsmitgliedern gemeinsam durchgeführte Wege berücksichtigt. Die konsequente Umsetzung des Haushaltsgedanken bei der Definition der verhaltenshomogenen Gruppen ermöglicht daher auch die für diese Gruppen jeweils spezifische Betrachtung gemeinsamer Wege. Es wurde demnach z.B. der Wegezweck "Freizeit" eingeteilt in die zwei Wegezwecke "Freizeit alleine" und "Freizeit in Begleitung". Diese Differenzierung erhöht zum einen die Erklärungsgenauigkeit der Attraktivität der Zielzellen, verbessert aber vor allen Dingen die Ableitung der Widerstände im Netz (kaum zusätzliche Kosten bei zunehmendem Besetzungsgrad im Pkw). In mikroskopischen Modellen (daher hier im Anwendungsfall nicht umgesetzt) kann die tatsächliche Nutzung eines Haushalts-Pkw ohne großen Zusatzaufwand durch diesen Ansatz abgebildet werden.

In dem Anwendungsbeispiel konnte die grundlegende Funktionalität des Ansatzes nachgewiesen werden. Diese Aufbereitung der Verkehrserzeugung und die separate Berechnung gemeinsamer Wege bildet die Basis für die Verbesserungsmöglichkeiten in der Ziel- und Verkehrsmittelwahl. Aber auch in der Anwendung ergeben sich Vorteile: Zum einen können in Prognosen unterschiedliche Szenarien der Haushaltszusammensetzungen (-größenverteilungen) bei gleicher Bevölkerungsverteilung umgesetzt werden; dies wurde im Anwendungsbeispiel als Sensitivitätsbetrachtung durchgeführt. Zudem ermöglicht die separate Betrachtung gemeinsamer Wege in einer Verkehrsumlegung zusätzliche Informationen für den Anwender des Modells, z.B. Informationen auf welchen konkreten Relationen im Untersuchungsraum Haushaltsmitglieder gemeinsame Wege durchführen.

Die hier angesetzten Mobilitätsgrundwerte aus der MiD-Erhebung sind prinzipiell in Abhängigkeit der Ortsgrößenklasse für den Aufbau lokaler Modelle geeignet. Aufgrund der Stichprobenproblematik ist jedoch für eine lokale Untersuchung die Existenz und Aufbereitung einer lokalen Haushaltsbefragung vorzuziehen.

Die hier vorgestellte Untersuchung hat die Vermutung bestätigt, dass der Haushaltszusammenhang einen hohen Anteil an der Erklärung des individuellen Mobilitätsverhaltens liefert. Die Berücksichtigung im standardisierten Verkehrsmodell liefert einen zusätzlichen Schritt in der Erklärung des Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs und ermöglicht daher eine detailliertere Abbildung, auch in Prognosen, ohne jedoch bestehenden Ansätzen die Berechtigung absprechen zu wollen. Gleichzeitig ist dieser Informationsgewinn aber auch verbunden mit einem höheren Datenaufwand, zumindest durch Annahmen über Haushaltsgrößenverteilungen und einer Zuspielung sekundärer Daten.

Dieses Projekt versteht sich nicht als Abschluss, sondern als Ausgangspunkt der Grundlagenforschung auf diesem Gebiet. Weiterer Entwicklungsbedarf wird vor allen Dingen gesehen bei der

- Neugewichtung der Daten hinsichtlich der Repräsentativität bezüglich derjenigen Haushalte, von denen alle relevanten Informationen vorliegen
- Anwendung von multivariaten Verfahren – neben den Multilevel Verfahren auch z.B. von multivariaten ordered Probit Modellen, so dass die simultane Schätzung von unter anderem gemeinsamen und individuell durchgeführten Wegen möglich wird.

Literaturverzeichnis

Amt der oberösterreichischen Landesregierung (1995) Verkehrserhebung 1992, Stabstelle für Verkehrsplanung und Abteilung Statistischer Dienst, Linz.

Axhausen, K.W., A. Zimmermann, S. Schönfelder, G. Rindsfüser und T. Haupt (2002) Observing the rhythms of daily life: A six-week travel diary, *Transportation*, 29 (2) 95-124.

DIW (2001) Dynamik des Verkehrsverhaltens im Jahresvergleich – Analyse des deutschen Mobilitätspanels 1994 bis 1999, Endbericht, Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn und Berlin.

DIW, Infas (2003) Mobilität in Deutschland 2002, Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten, Endbericht, Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn und Berlin.

Engel, U. (1998) *Einführung in die Mehrebenenanalyse*, Westdeutscher Verlag, Opladen/Wiesbaden.

Gliebe, J.P., F.S. Koppelman (2002) A model of joint activity participation between household members, *Transportation*, 29 (1), 48-72.

Goldstein, H. (1999) : *Multilevel Statistical Models*, Internetquelle: http://arnold-publishers.com/support/goldstein.htm, 1th Internet Edition.

Goulias, K.G. (2002) Multilevel analysis of daily time use and time allocation to activity types accounting for complex covariance structures using correlated random effects, *Transportation*, 29 (1), 31-48.

Hox, J.J. (1995): *Applied Multilevel Analysis*, TT-Publikaties, Amsterdam.

Hox, J.J. (1998): Multilevel Modeling: When and why, in I. Balderhahn, R. Rather, M.Schader (Hrsg.) *Classification, data analysis, and data highways*, Springer Verlag, New York.

IfV (2002) Panelauswertung 2002 – *Schlussbericht*, IfV der Universität Karlsruhe, Karlsruhe.

IfV (2003) Das Panelhandbuch – Informationen über, Anleitung zum Gebrauch und Anregungen zur Nutzung der Daten des deutschen Mobilitätspanels, Version1, Herbst 2003, IfV der Universität Karlsruhe, Karlsruhe.

Infas, DIW (2003): Ergebnistelegramm – Mobilität in Deutschland 2002, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn und Berlin.

Kuhnimhof, T., V. Wassmuth (2002): Do You Go To The Movies During Your Lunch Break? - Trip-Context Data Based Modeling of Activities; *Transportation Research Record,* No. 1807 „Traveler Behavior und Values 2002“, Washington D.C.

Langer, W. (2001): Methoden V – Einführung in die Mehrebenenanalyse, *Internetskript* zur Vorlesung 200/2001: http://www.soziologie.uni-halle.de/langer/-multilevel/skripten.html, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle.

Manz, W.(2004) "Mikroskopische, längsschnittorientierte Abbildung des Personenfernverkehrs" (unveröffentlicht), Karlsruhe 2004

Murakami, E., W.T. Wattersson (1990) Developing a household travel panel survey for the Puget Sound Region, *Transportation Research Record*, 1285, 40-48.

Scott, D.M., P.S. Kanaroglou (2002) An activity-episode generation model that captures interactions between household heads: Development and empirical analysis, *Transportation Research B*, 36, 875-896.

Simma, A. (2000) Verkehrsverhalten als eine Funktion soziodemografischer und räumlicher Faktoren, *Dissertation* an der Universität Innsbruck, Innsbruck.

Simma, A., K.W. Axhausen (2001) Within-household allocation of travel :The Case of Upper Austria, Vortrag beim 80th *Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, D.C.

Train, K.E. (2003) *Discrete Choice Methods with Simulation*, University Press, Cambridge.

Wassmuth, V. (2001) Modellierung der Wirkungen verkehrsreduzierender Siedungskonzepte, *Veröffentlichungen des Instituts für Verkehrswesen der Universität Karlsruhe (TH)*, Heft 60.

Wen, C.H. und F.S. Koppelman (2000) A Conceptual and Methodological Framework for the Generation of Activity-Travel Pattern, *Transportation*, 27 (1), 5-23.