

Résumé

En Europe, la navigation intérieure est marquée depuis de nombreuses années par une surcapacité et de fortes fluctuations du marché. La pression sur les prix et un faible niveau de rendement en sont la conséquence. Ces circonstances ont pour cause la structure particulière des entreprises, les objectifs différents qui en découlent, les variations du niveau d'eau et, en partie, la politique d'état en matière de subvention des investissements. On a tenté par diverses méthodes de déterminer l'ampleur et la durée de la surcapacité. Celles-ci ont conduit à proposer de nombreuses mesures réglementaires. Parmi ces mesures, seules des actions de désarmement sont entrées jusqu'ici dans les faits. Le règlement de mise hors circulation à court terme élaboré par la CE s'est heurté à l'opposition des milieux de la navigation eux-mêmes. La question qui se pose actuellement est celle de savoir s'il sera encore possible de mettre en pratique d'autres mesures réglementaires de la capacité ou bien si la situation de la navigation interne européenne a déjà évolué au point de pouvoir laisser au marché le soin de régler lui-même la capacité.

Das individuelle Verkehrsverhalten in Abhängigkeit von Rollenfaktoren und Lebensphase — Eine multivariate Analyse —

VON PROF. DR. HEINZ HAUTZINGER, HEILBRONN, UND
DR.-ING. PETER KESSEL, FREIBURG

1. Überblick

Durch eine stärkere Einbeziehung sozial- und verhaltenswissenschaftlicher Erkenntnisse und vermehrte Anwendung höherer mathematisch-statistischer Methoden hat die Verkehrsforschung in den letzten Jahren wesentliche Bereicherungen erfahren. Wie die zunehmende Verbreitung der sogenannten „verhaltensorientierten“ Verkehrsprognosemodelle zeigt, hat sich diese Entwicklung über den Grundlagenforschungsbereich hinaus inzwischen auch bereits in der praktischen Verkehrsplanung niedergeschlagen.

Allen verhaltensorientierten Modellen zur individuellen Verkehrsnachfrage ist hierbei als Grundkonzeption der Erklärungsansatz gemein, daß die beobachtbare Mobilität aus Bedürfnissen und Zwängen von Personen zur Ausübung von Aktivitäten wie Arbeiten, Einkaufen und Sich-Erholen abgeleitet ist. Welche und wieviele Aktivitäten und Wege eine Person etwa im Verlauf eines Tages durchführt, hängt dabei vor allem von der „Rolle“, d. h. von den in Haushalt, Familie und Gesellschaft wahrgenommenen Funktionen einer Person ab.

Einige neuere, weitergehende Erklärungsansätze berücksichtigen darüber hinaus auch die Abhängigkeiten zwischen dem Verhalten der verschiedenen Mitglieder einer Familie bzw. eines Haushalts. Wie verhaltensbestimmend solche Abhängigkeiten sein können, zeigt sich etwa recht deutlich im Freizeitverkehr, da viele Freizeitaktivitäten typischerweise von mehreren Haushaltsmitgliedern gemeinsam ausgeübt werden. Abhängigkeiten im Verhalten verschiedener Haushaltsmitglieder äußern sich weiterhin z. B. in der innerfamiliären Koordination der individuellen Aktivitätenprogramme vor allem im Hinblick auf den Zeitpunkt der Aktivitätsausübung und auf die Verkehrsmittelbenutzung. Ein geeigneter Ansatz zur systematischen Erfassung solcher Einflüsse auf das Verkehrsverhalten wird in der Charakterisierung der jeweiligen Lebenssituation einer Familie durch entsprechende Segmentierungen nach Familien- bzw. Haushaltstypen („family-life-cycle groups“) gesehen.

Der hier vorgelegte Beitrag befaßt sich mit der Analyse der Einflüsse von Rolle und Lebensphase auf das individuelle Verhalten im Personenverkehr. Hierbei werden Teilergebnisse

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Heinz Hautzinger
Fachhochschule Heilbronn
FB Verkehrsbetriebswirtschaft
Max-Planck-Straße
7100 Heilbronn

Dr.-Ing. Peter Kessel
BVU Beratergruppe
Verkehr und Umwelt
Schwimmbadstraße 15
7800 Freiburg i. Br.

einer umfassenderen Studie mit breiter empirischer Basis über den Einfluß der Mobilitätschancen auf das Verkehrsverhalten von Personen vorgestellt¹⁾. Als Analysetechniken wurden im Rahmen dieser Untersuchung vor allem Verfahren der multivariaten Statistik angewendet, wobei als wichtigste Instrumente die multivariate Varianzanalyse, verallgemeinerte Abstandsmaße (Mahalanobis-Distanz) und Diskriminanzanalyse genannt seien. Da diese Verfahren in der Verkehrsverhaltensforschung derzeit noch relativ wenig genutzt werden, wurde es für diesen Beitrag als zweckmäßig erachtet, der Methodendarstellung neben den Ergebniserläuterungen ebenfalls breiteren Raum zu widmen.

Die hier vorgestellten Teilergebnisse durchgeführter Mobilitätsuntersuchungen lassen sich dahingehend zusammenfassen, daß das Verkehrsverhalten von Personen am stärksten von der jeweiligen „Rolle“ geprägt wird und daß weitere, wenn auch ungleich schwächere Einflüsse von der jeweiligen „familiären Situation“ ausgehen. Die nachfolgend im einzelnen vorgestellten Ergebnisse sprechen deshalb u. E. dafür, die Segmentierung nach Rolle und Lebensphase von Personen bzw. Haushalten als generelle Basis für Erklärungsansätze des Verkehrsverhaltens zu nehmen, da hierdurch die Erklärungsgüte der heutigen Modelle noch wesentlich verbessert werden kann. Die Ergebnisse zeigen zugleich für die Praxis, wie die Definition und Abgrenzung der einzelnen „Bausteine“ von Verkehrsverhaltensmodellen zweckmäßiger erfolgen sollte.

2. Datenbasis

Die hier vorgestellten Ergebnisse basieren auf der statistischen Analyse von Daten, die im Rahmen der kontinuierlichen Erhebung zum Verkehrsverhalten (KONTIV) erhoben worden sind. Aufgabe dieser in den Jahren 1975 bis 1977 im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums durchgeführten Erhebung war es, möglichst umfassend Informationen zum Verkehrsverhalten der Wohnbevölkerung der Bundesrepublik Deutschland bereitzustellen²⁾.

Die hier genutzten KONTIV-Daten stammen aus dem Erhebungsmonat September 1975. Sie wurden in spezieller Form so aufbereitet, daß schließlich für jede der mehr als 2.600 Personen der verwendeten Teilstichprobe insgesamt über 300 Variable vorlagen. Von diesen Variablen haben weitaus die meisten originären Charakter in dem Sinne, daß sie direkt bestimmten Erhebungsmerkmalen der KONTIV entsprechen. Im einzelnen sind dies 31 Haushaltsmerkmale, 6 Merkmale des Haushaltsvorstandes, 12 Merkmale der Person, 3 Merkmale des Stichtages sowie 198 Merkmale des individuellen Verkehrsverhaltens am Stichtag. Die relativ große Zahl von Verhaltensvariablen ergibt sich aus der Tatsache, daß einerseits durch Differenzierung nach 6 Verkehrszwecken und 11 Verkehrsmitteln bzw. Verkehrsmittelkombinationen insgesamt allein $6 \times 11 = 66$ Kategorien von Wegen unterschieden wurden und andererseits für jede Person in der Stichprobe Häufigkeit,

1) Hautzinger H., Kessel P., Bauer R., Mobilitätschancen unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen im Personenverkehr, Untersuchung im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums (= Schriftenreihe Forschung Stadtverkehr, Heft 25), Bonn 1979.

2) Eine Beschreibung des Erhebungsverfahrens der KONTIV sowie der erhobenen Einzeldaten findet man in: *Sozialforschung Brög*, KONTIV, Methoden, Band I, München 1975.

Länge und Zeitdauer der Wege jeder einzelnen Kategorie festgehalten wurde. Zusätzlich zu diesen originären Variablen wurde eine Reihe weiterer Variabler eingeführt, welche entweder den Charakter von Verhältniszahlen haben oder Indikatorvariable sind, die die Zugehörigkeit einer Person zu einer gewissen Teilgruppe anzeigen. Diese Vielzahl differenzierter Merkmale erlaubt eine sehr detaillierte Beschreibung und Analyse des individuellen Verkehrsverhaltens.

Charakterisiert man das Verkehrsverhalten von Personen durch die tägliche Wegehäufigkeit, die tägliche Wegelänge und den täglichen Zeitaufwand für Ortsveränderungen mit den Zwecken Arbeit, Dienst/Geschäft, Ausbildung, Service, Versorgung und Freizeit und weiterhin durch die Häufigkeit der Benutzung von zusammen elf unterschiedlichen Verkehrsmitteln, so erhält man insgesamt $3 \times 6 + 11 = 29$ Deskriptoren des individuellen Verkehrsverhaltens. Diese Variablen werden im folgenden abgekürzt durch Buchstabenkombinationen gekennzeichnet. Der erste Buchstabe bezeichnet hierbei entweder die Häufigkeit (H), die Länge (L) oder die Zeitdauer (Z) der täglichen Wege einer Person, die folgenden Buchstaben kennzeichnen entweder die Verkehrszwecke Arbeit (ARBT), Ausbildung (AUSB), dienstliche Erledigungen (DIEN), Service (SERV), Versorgung (VERS) und Freizeit (FREI) oder die Fortbewegungsarten zu Fuß (FUSS), Fahrrad (FAHRD), Moped (MOPED), PKW als Fahrer (PKWF), Bus (BUS), Straßenbahn (STRAS), Eisenbahn (BAHN), PKW als Mitfahrer (PKWMF), sonstige Verkehrsmittel (SONST), Verkehrsmittelkombinationen mit Beteiligung des PKW (KOMB 1) und solche ohne PKW-Beteiligung (KOMB 2). So bezeichnet etwa (LPKWF) die tägliche Wegelänge einer Person, die diese am Stichtag mit dem PKW (als Fahrer) zurückgelegt hat; die tägliche Wegelänge ist dabei stets in Kilometern pro Tag, der tägliche Zeitaufwand für Ortsveränderungen stets in Minuten pro Tag angegeben.

Im Idealfall orientieren sich in der empirischen Forschung Erhebung und Auswertung von Daten unmittelbar am jeweiligen Untersuchungsgegenstand und Forschungsziel. Im vorliegenden Fall war die Datenbasis in Form der KONTIV jedoch fest vorgegeben, so daß das Analysekonzept weitgehend an das verfügbare Material anzupassen war. Auf hierdurch begründete Beschränkungen wird bei der Beschreibung und Beurteilung der Ergebnisse noch eingegangen werden.

3. Statistische Analysemethoden

Zur Analyse der Abhängigkeit des Verkehrsverhaltens von Rollenfaktoren und von der jeweiligen Lebensphase wurden vor allem multivariate statistische Verfahren verwendet. Dies war zweckmäßig, da sich die komplexen Verhaltensmuster im Personenverkehr in der Regel nicht durch eine einzelne Variable, sondern nur durch mehrere Variable gleichzeitig beschreiben lassen. So hat man etwa zur Charakterisierung des Verhaltens einer Person im Aktivitätsbereich Freizeit/Erholung notwendigerweise zumindest die tägliche Freizeitwegehäufigkeit (y_1), die dabei zurückgelegte Entfernung (y_2) und den für Freizeitwege benötigten Zeitaufwand (y_3) zu verwenden. Das Verkehrsverhalten einer Person im Bereich Freizeit/Erholung wird in diesem Fall also durch eine vektorielle Variable $y = (y_1, y_2, y_3)'$ beschrieben.

Bei einer Untersuchung der Abhängigkeit des Freizeitmobilitätsverhaltens vom Sozialstatus der Person – gemessen etwa durch das Merkmal Schulabschluß (A) – wäre also die Variation des Variablenvektors y innerhalb und zwischen den einzelnen Kategorien von A statistisch zu analysieren. Hierfür sind aber in jedem Fall multivariate Analysemethoden erforderlich. Da solche Methoden im Bereich der empirischen Verkehrsforschung bisher nur selten in größerem Umfang eingesetzt wurden, erscheint es zweckmäßig, die benutzten Techniken kurz zu erläutern³⁾.

Wird ein zu analysierendes Phänomen gleichzeitig durch p ($p \geq 2$) metrische Variable y_1, \dots, y_p charakterisiert, so kann man von einem Einfluß eines gewissen Faktors A auf das betrachtete Phänomen dann sprechen, wenn sich die Vektoren

$$m_i = (\bar{y}_1^{(i)}, \dots, \bar{y}_p^{(i)})' \quad (i = 1, \dots, r)$$

der Variablenmittelwerte, auch Gruppenzentroiden genannt, für die verschiedenen Kategorien des Merkmals A deutlich voneinander unterscheiden. Ein Test, ob empirisch beobachtete Unterschiede zwischen den p Zentroiden als signifikant anzusehen sind, ist im Rahmen einer multivariaten Varianzanalyse möglich.

Analog zum univariaten Fall basiert auch die multivariate Varianzanalyse auf einer Streuungszerlegung genauer auf einer Partitionierung der $(p \times p)$ -Matrix T der Summen (Summation über alle n Beobachtungen) der Quadrate und Kreuzprodukte der Abweichungen der Variablenwerte von ihrem jeweiligen Gesamtmittelwert (kurz SQKP-Matrix) in zwei $p \times p$ -Matrizen A und W. Hierbei ist A die mit den Gruppengrößen n_i gewichtete Summe der gruppenspezifischen SQKP-Matrizen der Abweichung der Gruppenzentroiden m_i vom Gesamtzentrum m und W die Summe der gruppenspezifischen SQKP-Matrizen der Abweichungen der Einzelbeobachtungen vom jeweiligen Gruppenzentrum. Der Matrix A entspricht im univariaten Fall ($p = 1$) also die Streuung zwischen den Kategorien des Merkmals A, während W das multivariate Analogon zur Reststreuung darstellt. Zum Testen der Hypothese $H_0: \mu_1 = \dots = \mu_r$ wird die Prüfgröße

$$\Delta = \det(W) / \det(T) \quad (\text{Wilks'sches Lambda})$$

verwendet.

In dem Maße, wie die Determinante von W als Folge eines wachsenden Einflusses des Klassifikationsmerkmals im Verhältnis zur Determination von T kleiner wird, sinkt die Teststatistik Δ . Unterschreitet Δ den vom gewählten Signifikanzniveau abhängigen kritischen Wert, so kann die Nullhypothese der Gleichheit der Gruppenzentroiden abgelehnt und damit der Einfluß des Klassifikationsmerkmals auf das durch $y = (y_1, \dots, y_p)'$ beschriebene Phänomen als gesichert angesehen werden.

Die Ablehnung der Gleichheitshypothese für die Gruppenzentroiden aufgrund eines Δ -Tests besagt lediglich, daß es wenigstens eine Kategorie von Beobachtungen gibt, welche sich von den übrigen in systematischer Form unterscheidet. Insofern ist also der Δ -Test eine Verallgemeinerung des F-Tests der univariaten Varianzanalyse. Wenn man sich zusätzlich

3) Anwendungsorientierte Darstellungen multivariater Analysemethoden findet man z. B. bei Cooley, W.W. and Lohnes, P.R., *Multivariate Data Analysis*, New York 1971; Marriott, F.H.C., *The Interpretation of Multiple Observations*, London 1974; Tatsuoka, M.M., *Multivariate Analysis*, New York 1971.

dafür interessiert, ob und ggfs. welche Unterschiede zwischen den Kategorien des untersuchten Einflußfaktors im einzelnen bestehen, ist es zweckmäßig, paarweise Vergleiche der Gruppenzentroiden anzustellen. Als Prüfgröße zum Testen der Hypothese $H_0: \mu_i = \mu_j$ der Gleichheit der Zentroiden der i -ten und j -ten Kategorie von Beobachtungen kann man die durch

$$D_{ij}^2 = d_{ij}' V^{-1} d_{ij}$$

definierte Mahalanobis-Distanz zwischen der i -ten und j -ten Kategorie verwenden. Hierbei ist $d_{ij} = m_i - m_j$ der Spaltenvektor der Differenzen der gruppenspezifischen Variablenmittelwerte und $V = W/(n - r)$ die geschätzte Varianz-Kovarianz-Matrix der y -Variablen innerhalb der Kategorien des Klassifizierungsmerkmals. Die Mahalanobis-Distanz zweier Gruppenzentroiden ist also ein Abstandsmaß, in welches außer der gewöhnlichen Euklidischen Distanz der beiden Zentroiden auch noch die Korrelation zwischen den y -Variablen eingeht. Der darauf aufbauende Test stellt eine Verallgemeinerung des bekannten t -Tests für den Fall von $p \geq 2$ abhängigen Variablen dar.

Hat man durch einen Δ -Test einen signifikanten Einfluß eines Klassifikationsmerkmals (z. B. Berufstätigkeitsstatus) auf die Gruppenzentroiden des Variablenvektors y (z. B. Häufigkeit, Länge und Zeitaufwand von bzw. für Wege) festgestellt und ggfs. durch Bestimmung der Mahalanobis-Distanzen die Gruppenpaare mit besonders ausgeprägten Zentroidsunterschieden ermittelt, so ist es häufig von Interesse, diejenigen theoretischen „Dimensionen“ der y -Variablen zu identifizieren, hinsichtlich derer sich die gebildeten Teilgruppen besonders stark unterscheiden. Ein hierfür geeignetes Verfahren ist die Diskriminanzanalyse, in deren Rahmen aus den p Originalvariablen eine kleinere Zahl von sogenannten Diskriminanzfunktionen konstruiert wird, was die Darstellung der p -dimensionalen Beobachtungen in einem Raum niedrigerer Dimension möglich macht.

Mathematisch gesehen ist eine Diskriminanzfunktion eine Linearkombination der ursprünglichen y -Variablen, d. h. eine gewichtete Merkmalskombination. Bei r Gruppen und p Variablen gibt es $q = \min(r - 1, p)$ solcher Diskriminanzfunktionen. Die h -te Diskriminanzfunktion ($h = 1, \dots, q$) ist von der Form

$$z_h = a_{h1}y_1 + \dots + a_{hp}y_p,$$

wobei die a_{hj} reelle Zahlen (Diskriminanzgewichte) und die y_j die beobachteten Variablen sind. Die Parameter a_{1j} der ersten Diskriminanzfunktion werden so bestimmt, daß sich die Gruppen bezüglich der gewichteten Merkmalskombination z_1 so stark wie möglich unterscheiden. Die Parameter a_{2j} der zweiten Diskriminanzfunktion werden so bestimmt, daß von allen mit z_1 unkorrelierten gewichteten Merkmalskombinationen sich die Gruppen bezüglich der Kombination z_2 so stark als möglich unterscheiden usw. Jeder Diskriminanzfunktion z_h ist ferner eine gewisse nichtnegative Zahl λ_h (h -ter nichtnegativer Eigenwert der Matrix $W^{-1}A$) zugeordnet, welche ein Maß ist für die relative Wichtigkeit der jeweiligen Diskriminanzfunktion im Hinblick auf die Interpretation derjenigen Dimensionen des untersuchten Phänomens (z. B. Verkehrsverhalten), hinsichtlich derer sich die Gruppen am stärksten voneinander unterscheiden. Die Eigenwerte λ_h spielen auch eine Rolle bei der Konstruktion von Tests auf die Signifikanz der einzelnen Diskriminanzfunktionen. Betrachtet man anstelle der Gewichte a_{hj} die standardisierten Diskriminanzgewichte a_{hj}^* , so lassen sich die einzelnen Diskriminanzfunktionen häufig recht anschaulich deuten.

Bei der im folgenden beschriebenen Anwendung der statistischen Verfahren stand die Zielsetzung im Vordergrund, sinnvolle Erklärungsansätze und konsistente Interpretationen von empirischen Beobachtungen zu gewinnen. Im Vergleich hierzu haben die Aspekte der Formulierung und Prüfung von Hypothesen nur untergeordnete Bedeutung. Bei der Beurteilung von Testergebnissen ist weiterhin zu berücksichtigen, daß in einzelnen Fällen die jeweiligen Signifikanzniveaus in gewissem Umfang auch durch Irregularitäten der Daten (Nichtnormalität von Verteilungen, Instabilität von Varianzen und Kovarianzen) verzerrt sein können⁴⁾.

4. Rollenfaktoren und individuelles Verkehrsverhalten

4.1 Rollenindikatoren

Das Verkehrsverhalten von Personen hängt ganz offenkundig vor allem vom individuellen Mobilitätsbedarf, d. h. den individuellen Notwendigkeiten und Zwängen zu Ortsveränderungen ab.

Bestimmend für diesen Bedarf sind in erster Linie die familiäre und gesellschaftliche Rolle von Personen sowie ihre Stellung im Lebenszyklus; hierfür müssen zunächst entsprechende Indikatoren abgeleitet werden.

Im KONTIV-Datenmaterial sind mehrere Personen- und Haushaltsmerkmale verfügbar, welche die familiäre und gesellschaftliche Rolle einer Person sowie die Stellung der Person und des zugehörigen Haushalts im Lebenszyklus charakterisieren. Von den Personenmerkmalen sind dies vor allem die Merkmale Geschlecht, Alter, Stellung im Haushalt, Familienstand, Berufstätigkeit und Stellung im Beruf. Unter den Haushaltscharakteristika gilt dies besonders für die Merkmale Haushaltsgröße, Anzahl Personen ab 10 Jahren sowie Geschlecht, Alter, Familienstand, Berufstätigkeit und berufliche Stellung des Haushaltsvorstandes.

4) Eine detaillierte Diskussion damit zusammenhängender statistisch-methodischer Probleme findet sich in Hautzinger, H., Statistical Analysis of Travel Behaviour: Some Methodological Considerations, in: Sasaki, T. and Yamaoka, T., Proceedings of the Seventh International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Kyoto, 1977.

Tabelle 1: Gemeinsame Häufigkeitsverteilung der Personenmerkmale Berufstätigkeit und Alter in der Stichprobe

Altersgruppe	Berufstätigkeitskategorie						Insgesamt
	Lehr- linge	Schüler/ Studenten	Arbeits- lose	Erwerbs- tätige	Haus- frauen	Rentner	
10-14	5	290					295
15-19	90	138	5	42			275
20-29	6	48	18	208	57		337
30-44		6	11	580	238		835
45-64			11	405	185	55	656
65-74				9	29	124	162
75 u.m.					11	56	67
Insges.	101	482	45	1244	520	235	2627

Bezüglich des Verkehrszwecks werden in der KONTIV die Aktivitäten Wohnen, Arbeiten, dienstliche/geschäftliche Erledigung, Ausbildung, Service, Versorgung und Freizeit unterschieden. Von den verfügbaren Merkmalen wird die auf eine oder mehrere dieser Aktivitäten bezogene Rolle einer Person in Familie und Gesellschaft am ehesten durch das Merkmal „Berufstätigkeit“ charakterisiert, das die sechs Kategorien Hausfrauen, Schüler/Studenten, Lehrlinge, Rentner, Arbeitslose und Erwerbstätige umfaßt. Gleichzeitig wird auch die momentane Stellung im individuellen Lebenszyklus bereits weitgehend durch die Zugehörigkeit zu einer der sechs genannten Kategorien beschrieben (vgl. Tabelle 1). Das Merkmal Berufstätigkeit wurde deshalb als Rollenindikator gewählt.

4.2 Messung der rollenbedingten Verhaltensunterschiede

Um mit statistischen Analysetechniken prüfen zu können, ob von der individuellen Rolle ein Einfluß auf das Verkehrsverhalten ausgeht und wie stark dieser Einfluß ggfs. ist, müssen die Personen in der Stichprobe entsprechend der jeweiligen Ausprägung des Rollenindikators „Berufstätigkeitsstatus“ vorab in Gruppen eingeteilt werden. Um zunächst eine Übersicht darüber zu gewinnen, bezüglich welcher Einzelmerkmale des Verhaltens sich die Gruppen am stärksten unterscheiden, wurde jeder der 29 Verhaltensdeskriptoren einer einfachen Varianzanalyse unterzogen (Tabelle 2). Die dabei berechneten Werte der F-Prüfgröße sowie die zugehörigen Eta-Quadrat-Werte sind ebenfalls in Tabelle 2 aufgelistet. Bei der Interpretation dieser Werte und insbesondere ihrer statistischen Signifikanz ist zu berücksichtigen, daß nicht immer alle Voraussetzungen der Varianzanalyse (Normalität, Varianzstabilität) erfüllt sind. Trotz dieser Einschränkungen kann man feststellen, daß bezüglich der folgenden Variablen die größten Verhaltensunterschiede zwischen den Gruppen bestehen:

1. Tägliche Wegehäufigkeit, Ausbildungswege
2. Tägliche Wegehäufigkeit, Arbeitswege
3. Tägliche Wegelänge, Ausbildungswege
4. Tägliche Wegehäufigkeit, PKW-Fahrten als Fahrer
5. Tägliche Wegelänge, Arbeitswege
6. Täglicher Zeitaufwand, Ausbildungswege
7. Tägliche Wegehäufigkeit, Versorgungswege

Erwartungsgemäß unterscheiden sich die sechs Berufstätigkeitsgruppen vor allem bezüglich solcher Merkmale, welche die Verhaltensweisen im Bereich der „Zwangsmobilität“ (Ausbildungs-, Arbeitswege) beschreiben.

Tabelle 2: Gruppenmittelwerte der Verhaltensvariablen; empirische F-Werte sowie Eta-Quadrat-Werte der univariaten Varianzanalyse

Variable	Mittelwerte							Varianzanalyse	
	Haus- frauen	Schüler/ Student.	Lehr- linge	Rentner	Arbeits- lose	Erwerbs- tätige	Insge- samt	F _{emp} 3)	η ² 4)
	n=522	n=483	n=101	n=236	n=45	n=1246	n=2633		
HARBT	0,08	0,07	0,85	0,15	0,20	1,63	0,85	421,483	0,445
HDIEN	0,02	0,00	0,09	0,02	0,02	0,42	0,21	23,537	0,043
HAUSB	0,02	1,61	1,05	0,01	0,0	0,03	0,36	693,099	0,569
HSERV	0,22	0,02	0,0	0,02	0,04	0,10	0,10	8,309	0,016
HVERS	1,49	0,45	0,16	0,95	0,80	0,64	0,79	54,764	0,094
HFREI	0,57	0,89	0,56	0,72	0,76	0,54	0,63	7,691	0,014
LARBT ¹⁾	0,48	0,71	8,75	1,51	3,34	17,73	9,14	89,955	0,146
LDIEN	0,24	0,01	0,62	0,07	5,56	9,22	4,54	9,779	0,018
LAUSB	0,05	9,24	10,48	0,08	0,0	0,32	2,27	115,669	0,180
LSERV	0,74	0,12	0,0	0,08	0,24	0,55	0,44	2,429	0,005
LVERS	4,36	1,53	0,76	2,47	4,11	2,95	2,86	6,719	0,013
LFREI	5,43	5,69	3,19	9,35	24,38	6,04	6,35	3,065	0,006
ZARBT ²⁾	1,65	1,97	35,09	3,79	4,18	50,37	26,28	39,193	0,069
ZDIEN	0,38	0,02	5,50	0,28	3,56	13,54	6,78	16,354	0,030
ZAUSB	0,33	40,93	47,15	0,21	0,0	0,77	9,76	82,644	0,136
ZSERV	5,24	0,25	0,0	0,27	0,56	1,34	1,75	1,957	0,004
ZVERS	42,68	13,25	3,15	33,12	13,18	15,94	21,75	5,271	0,010
ZFREI	21,64	23,21	38,31	36,71	29,84	16,24	21,50	2,082	0,004
HFUSS	1,15	0,95	0,47	1,06	0,44	0,61	0,81	16,118	0,030
HFAHRD	0,31	0,84	0,56	0,14	0,07	0,22	0,35	31,728	0,057
HMOPED	0,0	0,05	0,16	0,02	0,09	0,02	0,03	4,951	0,009
HPKWF	0,49	0,22	0,18	0,26	0,93	1,93	1,10	109,066	0,172
HBUS	0,09	0,43	0,44	0,14	0,09	0,15	0,20	22,165	0,040
HSTRAS	0,03	0,05	0,12	0,03	0,09	0,04	0,04	2,291	0,004
HBAHN	0,01	0,04	0,07	0,01	0,0	0,02	0,02	2,404	0,005
HPKWMF	0,30	0,24	0,30	0,14	0,07	0,21	0,22	2,584	0,005
HSONST	0,0	0,00	0,0	0,01	0,0	0,01	0,01	0,918	0,002
HKOMB 1	0,01	0,02	0,02	0,0	0,0	0,02	0,01	0,877	0,002
HKOMB 2	0,03	0,22	0,41	0,08	0,04	0,15	0,14	12,809	0,024

1) Wegelänge in km/Tag

2) Zeitaufwand in min/Tag

3) Anzahl Freiheitsgrade 5 und 2,627

4) Durch Gruppenzugehörigkeit erklärter Varianzanteil

Im Bereich der Verkehrsmittelbenutzung sind die Gruppenunterschiede besonders groß im Hinblick auf die Benutzung des PKW als Fahrer. Beim Gelegenheitsverkehr treten Verhaltensunterschiede zwischen den Gruppen vor allem hinsichtlich der Versorgungswegehäufigkeit auf. Der durch die Gruppenzugehörigkeit erklärte Varianzanteil (η^2) der einzelnen Variablen reicht bis 56,9% (Variable HAUSB), einem für Individualdaten bemerkenswert hohen Wert.

Mit der einfachen Varianzanalyse als univariater statistischer Methode ist nicht festzustellen, ob vom Rollenindikator Berufstätigkeit ein signifikanter Einfluß auf das „Verhalten als Ganzes“ ausgeht, welche Gruppen sich hierbei besonders stark unterscheiden und hinsichtlich welcher Verhaltensdimensionen diese Unterschiede besonders ausgeprägt sind. Zur Beantwortung dieser Fragen müssen multivariate Analysemethoden herangezogen werden. Zunächst werden die Verhaltensmerkmale einer multivariaten Varianzanalyse unterzogen. Dabei müssen nicht notwendigerweise alle 29 Variablen einbezogen werden. Zum einen zeigen bereits die univariaten F-Werte in Tabelle 2, daß für eine ganze Reihe von Variablen (solche mit niedrigen F-Werten) gar kein Gruppeneinfluß feststellbar ist. Zum anderen sprechen die teilweise recht hohen Korrelationskoeffizienten (vgl. Tabelle 3) dafür, daß bestimmte Arten von Informationen bereits weitgehend in einigen wenigen Variablen konzentriert sind und eine Hinzunahme weiterer Variablen unter dem Gesichtspunkt der Informationsgewinnung somit nicht notwendig ist.

Tabelle 3: Matrix der Korrelationskoeffizienten (Korrelation innerhalb der Gruppen, gepoolt) zwischen ausgewählten Verhaltensvariablen

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(1) HAUSB	1,000						
(2) HARBT	-0,131	1,000					
(3) LAUSB	0,383	-0,080	1,000				
(4) HPKWF	-0,016	0,109	0,022	1,000			
(5) LARBT	-0,065	0,311	-0,036	0,088	1,000		
(6) ZAUSB	0,353	-0,060	0,318	-0,011	-0,027	1,000	
(7) HVERS	-0,067	-0,132	-0,049	-0,142	-0,104	-0,032	1,000

Um zu einer solchen schrittweisen Variablenauswahl zu kommen, wurde im vorliegenden Fall ein Verfahren gewählt, bei welchem auf jeder Stufe diejenige Variable identifiziert wird, die zusammen mit den bereits ausgewählten Variablen die Lambda-Prüfgröße der multivariaten Varianzanalyse minimiert. Durch dieses Prinzip ist sichergestellt, daß nur solche Variablen gewählt werden, bezüglich derer sich die Gruppen überhaupt unterscheiden und die für sich genommen jeweils eine „echte“ zusätzliche Information zur Unterscheidung der Gruppen liefern. Im Verlauf des Auswahlverfahrens kann dabei eine Variable ihre Bedeutung für die Unterscheidung der Gruppen verlieren, da die in ihr enthaltene Information auch in einer Kombination von anderen ausgewählten Variablen enthalten ist; die betreffende Variable wird dann entsprechend wieder aus der Liste der ausgewählten Variablen gestrichen.

Tabelle 4: Ergebnisse der multivariaten Varianzanalyse bei schrittweiser Variablenauswahl (Gruppen: Berufstätigkeitskategorien)

Stufe (j)	Variable			Multivariate Varianzanalyse		
	gewählt	gestrichen	F part ¹⁾	k ²⁾	Lambda	F.-Approx. ³⁾
1	HAUSB		693,10	1	0,4312	693,10
2	HARBT		350,39	2	0,2586	507,51
3	HPKWF		37,14	3	0,2416	325,16
4	HVERS		21,43	4	0,2321	240,82
5	HFREI		12,69	5	0,2266	191,52
6	HFUSS		8,96	6	0,2228	159,30
7	HDIEN		11,70	7	0,2179	137,53
8	LAUSB		6,15	8	0,2154	120,58
9	HSERV		4,58	9	0,2135	107,35
10	HFAHRD		4,70	10	0,2116	96,90
11	HPKWMF		4,27	11	0,2099	88,37
12	HMOPED		2,59	12	0,2089	81,11
13		HVERS	1,74	11	0,2096	88,47
14	HAUSB		3,02	12	0,2084	81,26
15	LVERS		2,25	13	0,2075	75,10
16	LDIEN		2,15	14	0,2065	69,83

1) F-Test („Partielles“ F) auf die zusätzliche Diskriminationsfähigkeit der gewählten bzw. gestrichenen Variablen. Restriktion für Auswahl: $F > 2$

2) Anzahl Variable in der Varianzanalyse

3) F-Approximation für Lambda. Empirische Werte sind tabellierten F-Werten für $f_1 = (g - 1) k = 5 k$ und $f_2 = \infty$ Freiheitsgraden gegenüberzustellen.

Die in Tabelle 4 zusammengestellten Ergebnisse der schrittweisen Variablenauswahl und der darauf basierenden multivariaten Varianzanalyse verdeutlichen, daß bereits einige wenige der insgesamt 29 Merkmale des Verkehrsverhaltens ausreichen, um alle wesentlichen Aspekte der Verhaltensunterschiede zwischen den sechs Berufstätigkeitskategorien zu erfassen. Entsprechend der Reihenfolge ihrer Auswahl und der Größenordnung der partiellen F-Werte kann man auch hier feststellen, daß sich die Gruppen vor allem hinsichtlich ihres Verhaltens im Bereich der Zwangsmobilität (Häufigkeit von Ausbildungs- und Arbeitswegen) unterscheiden. Es zeigt sich, daß interessanterweise von allen übrigen Verhaltensmerkmalen nur noch die Häufigkeit der Benutzung des PKW als Fahrer die sechs Berufstätigkeitskategorien zusätzlich deutlich voneinander unterscheidet. Alle übrigen Verhaltensvariablen bringen im Hinblick auf die Unterscheidung der Gruppen nach ihrem Verhalten nur noch wenig zusätzliche Informationen. Dies läßt sich auch an der Entwicklung von Lambda ablesen, da diese Größe ähnlich dem „unerklärten Rest“ einer multiplen Regression interpretiert werden kann.

Welche Berufstätigkeitsgruppen sich in ihrem Verkehrsverhalten besonders deutlich voneinander unterscheiden, kann durch Signifikanztests für die Mahalanobis-Abstände der Gruppenzentroide festgestellt werden. Nach den in Tabelle 5 zusammengestellten empirischen F-Werten kann hierzu folgendes Ergebnis festgehalten werden:

Tabelle 5: Matrix der empirischen Werte der F-Prüfgröße für den Test der Signifikanz der Mahalanobis-Distanz zwischen je zwei Gruppenzentroiden

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Hausfrauen (1)	—					
Schüler/Stud. (2)	172,9	—				
Lehrlinge (3)	42,2	16,5	—			
Rentner (4)	4,4	105,6	31,8	—		
Arbeitslose (5)	2,6	28,4	14,0	1,2	—	
Erwerbstätige (6)	118,2	294,7	37,3	59,4	11,4	—

(Anzahl Freiheitsgrade: $p = 14$ und $n - g - p + 1 = 2.614$; $F_{0,01} = 2,10$)

- Das Verkehrsverhalten der Erwerbstätigen, der Schüler/Studenten sowie der Lehrlinge unterscheidet sich signifikant vom Verhalten aller übrigen Gruppen.
- Ganz besonders stark ausgeprägt sind die Verhaltensunterschiede zwischen Schülern/Studenten und Hausfrauen, Schülern/Studenten und Rentnern, zwischen Erwerbstätigen und Schülern/Studenten sowie zwischen Erwerbstätigen und Hausfrauen.
- Zwischen dem Verhalten von Hausfrauen, Rentnern und der Arbeitslosen sind – wenn überhaupt – nur sehr geringe Unterschiede erkennbar.

Würde man diese Analyseergebnisse dazu verwenden, verhaltenshomogene Bevölkerungsgruppen für Verkehrsuntersuchungen voneinander abzugrenzen, so könnte man die vier Gruppen:

- A: Erwerbstätige,
- B: Schüler/Studenten,
- C: Lehrlinge und
- D: Hausfrauen, Rentner, Arbeitslose

unterscheiden. Es sind dies gerade diejenigen sozialen Gruppen, welche als Folge des rollenbedingten Mobilitätsbedarfs ein ausgeprägt unterschiedliches Verhalten im Personenverkehr zeigen.

4.3 Rollenabhängige Dimensionen des Verkehrsverhaltens

Nach dieser Identifikation der Gruppen mit besonders starken rollenbedingten Verhaltensunterschieden interessieren diejenigen Verhaltensdimensionen, hinsichtlich derer sich die Gruppen am stärksten unterscheiden. Aussagen hierzu sind mit Hilfe einer entsprechenden

Diskriminanzanalyse möglich. Bestimmt man dazu die $q = 5$ Diskriminanzfunktionen auf der Basis der 14 zuvor ausgewählten Verhaltensmerkmale, so zeigt die Analyse der Eigenwerte (vgl. Tabelle 6), daß sich die in diesen Variablen enthaltene Information über die Verhaltensunterschiede zwischen den sechs Berufstätigkeitskategorien im wesentlichen bereits durch zwei unkorrelierte Verhaltensdimensionen (Diskriminanzfunktionen) wiedergeben läßt (kumulierte Eigenwertanteile 97,3 %). Dieses deskriptive Ergebnis wird durch einen entsprechenden Signifikanztest für die einzelnen Diskriminanzfunktionen bestätigt.

Tabelle 6: Eigenwerte und kanonische Korrelation der Diskriminanzfunktionen (Gruppen: Berufstätigkeitskategorien)

Diskriminanzfunktion	Analyse der Eigenwerte			Kanonische Korrelation	
	Eigenwert	%	kum. %	einf. ¹⁾	quadr. ²⁾
1	1,63162	67,40	67,40	0,787	0,619
2	0,72313	29,87	97,27	0,648	0,420
3	0,03843	1,59	98,86	0,192	0,037
4	0,02227	0,92	99,78	0,148	0,022
5	0,00540	0,22	100,00	0,073	0,005
Summe	2,42085	100,0	—	—	—

1) Maß für die Abhängigkeit zwischen Diskriminanzfunktion und Gruppierungsmerkmal (Berufstätigkeit)
2) Interpretation: Anteil der Varianz der Diskriminanzfunktion, der durch Gruppierung erklärt ist.

In Tabelle 7 sind die standardisierten Gewichte a_{ij}^* der beiden ersten Diskriminanzfunktionen enthalten. Wie man sieht, wird die erste Diskriminanzfunktion besonders stark von den Variablen HARBT und HAUSB bestimmt, deren Gewichte jedoch entgegengesetzte Vorzeichen aufweisen. Es ist daher naheliegend, die erste Diskriminanzfunktion als diejenige Verhaltensdimension zu deuten, welche die Art der Zwangsmobilität (Arbeit bzw. Ausbildung) charakterisiert. Dieser Aspekt des Verhaltens hat bipolaren Charakter, wobei die erzwungene Arbeitsmobilität im negativen Bereich und die erzwungene Ausbildungsmobilität im positiven Bereich der entsprechenden Skala (Diskriminanzfunktion d_1) angesiedelt ist.

Auch bei der zweiten Diskriminanzfunktion besitzen die Variablen HARBT und HAUSB die betragsmäßig weitaus größten Gewichte, diesmal weisen jedoch beide dasselbe (negative) Vorzeichen auf. Insofern kann man die zweite Diskriminanzfunktion als die Verhaltensdimension interpretieren, welche das Vorhandensein bzw. Fehlen eines Zwangs zur Durchführung von Arbeits- oder Ausbildungswegen charakterisiert. Negative Werte entsprechen hierbei einem vorhandenen Mobilitätswang, positive Werte drücken das Fehlen eines solchen Zwangs aus. Wegen ihrer geringen Bedeutung brauchen die weiteren Diskriminanzfunktionen nicht interpretiert zu werden.

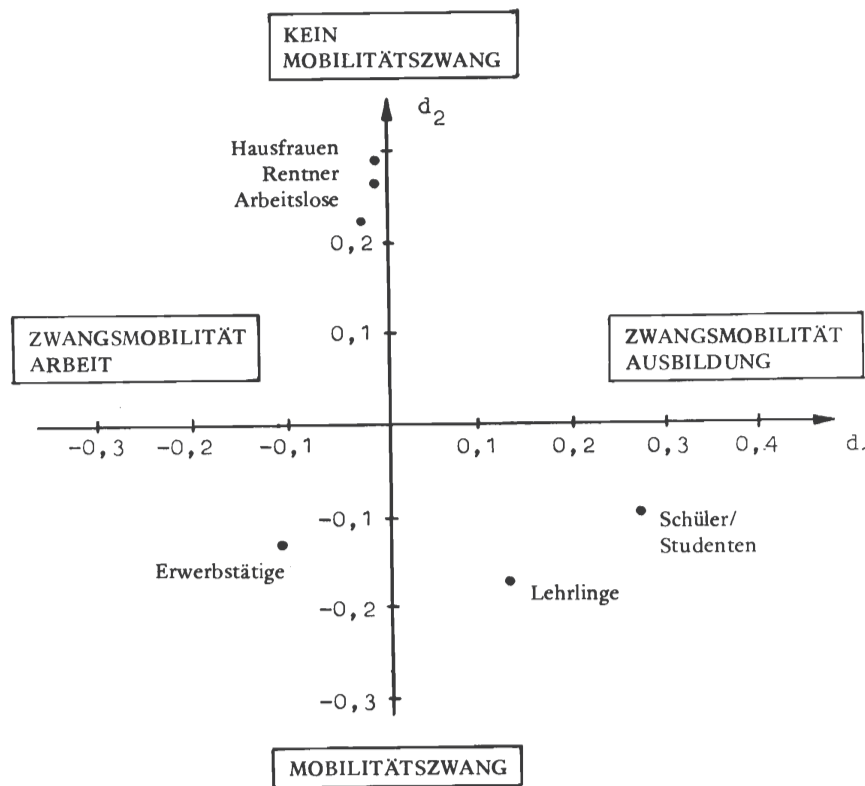
Tabelle 7: Standardisierte Diskriminanzgewichte der beiden ersten Diskriminanzfunktionen (Gruppen: Berufstätigkeitskategorien)

Verhaltensvariable	Standardisierte Diskriminanzgewichte	
	Funktion d_1	Funktion d_2
HARBT	- 0,05831	- 0,28250
HDIEN	- 0,00380	- 0,08127
HAUSB	0,13926	- 0,20437
HSERV	- 0,0276	- 0,02200
HFREI	0,02267	- 0,05389
LDIEN	- 0,00633	- 0,01816
LAUSB	0,00215	- 0,00673
LVERS	- 0,00284	- 0,02316
ZAUSB	- 0,00367	0,00239
HFUSS	- 0,00900	0,08221
HFAHRD	0,01065	0,02817
HMOPED	- 0,00515	0,01370
HPKWF	- 0,02956	0,04125
HPKWMF	- 0,00340	0,02969

Neben dieser auf den Diskriminanzgewichten basierenden Interpretation der rollenabhängigen Verhaltensdimensionen ist es recht instruktiv, die Lage der Diskriminanzfunktionszentroide der sechs Berufstätigkeitskategorien graphisch zu veranschaulichen. Abbildung 1 bestätigt nochmals das Ergebnis des paarweisen Gruppenvergleichs: Während die Zentroide der Kategorien Erwerbstätige, Lehrlinge und Schüler/Studenten als isolierte Punkte in der (d_1 , d_2)-Ebene erscheinen, liegen die Zentroide der Kategorien Hausfrauen, Rentner und Arbeitslose relativ eng beieinander. Bei der Interpretation der Graphik ist zu beachten, daß Abstände längs der d_1 -Achse eine größere Bedeutung haben als Abstände längs der d_2 -Achse. Das (d_1 , d_2)-Koordinatensystem wurde nur aus Gründen der Einfachheit rechtwinklig dargestellt; aus der Unkorreliertheit von d_1 und d_2 folgt nicht die Orthogonalität.

Gemäß Abbildung 1 liefert bereits die erste Diskriminanzachse die Zerlegung in die vier Gruppen A bis D. Daß d_1 tatsächlich als die rollenabhängige Dimension „Art der Zwangsmobilität“ interpretierbar ist, wird durch die Lage der Gruppenzentroide bestätigt. Der d_1 -Wert der Erwerbstätigen liegt am weitesten im negativen Bereich, was auf die erzwungene Arbeitsmobilität zurückgeht. Die d_1 -Werte der Hausfrauen, Rentner und Arbeitslosen liegen alle nahe bei Null. Gruppen, welche zu Ausbildungswegen gezwungen sind, nämlich Schüler/Studenten und Lehrlinge, haben dagegen positive d_1 -Werte.

Abbildung 1: Diskriminanzfunktionszentroide der sechs Berufstätigkeitskategorien



Hinsichtlich der zweiten rollenabhängigen Verhaltensdimension „Vorhandensein eines Mobilitätswanges“ lassen sich ganz klar zwei Personentypen unterscheiden, zum einen Personen *ohne* Mobilitätswang, nämlich Hausfrauen, Rentner und Arbeitslose (positive d_2 -Werte), zum anderen Personen *mit* Mobilitätswang, nämlich Erwerbstätige, Lehrlinge und Schüler/Studenten (negative d_2 -Werte). Im Hinblick auf die Gruppenbildung liefert die zweite Verhaltensdimension damit keine neue Information.

Bei der Bildung der verhaltenshomogenen Gruppen A bis D wurden die Verhaltensdimensionen „Vorhandensein eines Mobilitätswanges“ und „Art des Mobilitätswanges“ als Segmentierungskriterien verwendet. Da sich hinsichtlich dieser beiden Dimensionen des Verkehrsverhaltens die Gruppen der Hausfrauen, Rentner und Arbeitslosen tatsächlich nicht unterscheiden, bot sich eine Zusammenfassung zu einer Gruppe (Gruppe D) an. Diese zunächst nicht erwartete Verhaltenshomogenität von Hausfrauen, Rentnern und

arbeitslosen Personen erklärt sich aus der Tatsache, daß Arbeits-, Ausbildungs- und Dienst-/Geschäftswege für die drei genannten Personenkategorien nur eine ganz untergeordnete Rolle spielen; Verhaltensunterschiede können deshalb, wenn überhaupt, nur bei den Verkehrszwecken Versorgung, Freizeit und Service sowie bei der Verkehrsmittelbenutzung auftreten.

Um dies zu belegen, wurde ein Test der Signifikanz der Mahalanobis-Abstände zwischen den drei Gruppenzentroiden durchgeführt, wobei nur Verhaltensvariable, welche mit den Verkehrszwecken Versorgung, Freizeit und Service sowie mit der Verkehrsmittelbenutzung im Zusammenhang stehen, einbezogen wurden. Dazu wurden zunächst die Variablen HVERS, HMOPED, HSERV und HPKWF in einer schrittweisen multivariaten Varianzanalyse als diejenigen Verhaltensmerkmale herausgefiltert, welche zusammen am besten zwischen den drei Gruppen zu unterscheiden erlauben ($\Delta = 0,914$ bzw. $F = 9,13$ bei 8 und 1.594 Freiheitsgraden). Gemäß Tabelle 8 sind die Abstände zwischen den Gruppenzentroiden im vierdimensionalen Stichprobenraum so groß, daß sie alle als von Null verschieden angesehen werden können.

Betrachtet man also die Gruppen der Hausfrauen, Rentner und Arbeitslosen, d. h. die Gruppen ohne Mobilitätswang für sich allein und beschränkt sich auf Wege mit Gelegenheitscharakter, so sind auch hier durchaus signifikante Verhaltensunterschiede erkennbar.

Tabelle 8: Empirische Werte der F-Prüfgröße für den Test der Signifikanz der Mahalanobis-Abstände zwischen je zwei Gruppenzentroiden (Gruppen: Hausfrauen, Rentner, Arbeitslose)

Gruppenpaar	Empirischer F-Wert ¹⁾
Hausfrauen/Rentner	9,474
Hausfrauen/Arbeitslose	10,426
Rentner/Arbeitslose	5,929

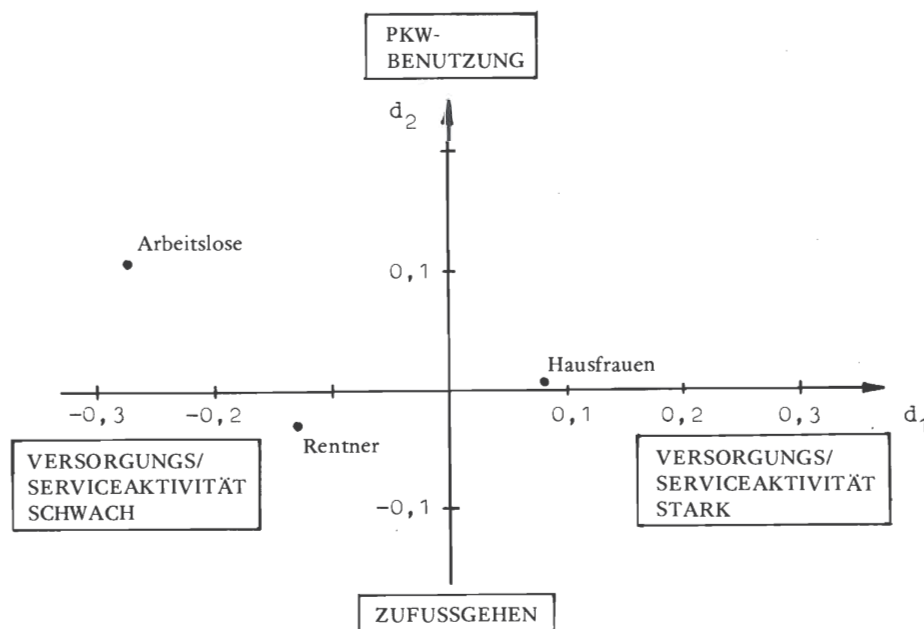
1) Anzahl Freiheitsgrade 4 und 797; $F_{0,01} = 3,35$

Auch in diesem Fall lassen sich rollenabhängige Dimensionen des Verkehrsverhaltens mit diskriminanzanalytischen Methoden identifizieren. Gemäß den in Tabelle 9 zusammengefaßten Ergebnissen kann man zwei Diskriminanzfunktionen konstruieren, wobei die erste als die Dimension „Ausmaß von Versorgungs- und Serviceaktivitäten“ (positive Gewichte von HSERV und HVERS) und die zweite als die Dimension „Verkehrsmittelbenutzung“ (positives Gewicht von HPKWF, negatives Gewicht von HFUSS) interpretierbar ist. Die kanonische Korrelationsanalyse bestätigt nochmals das bereits angesprochene Resultat, daß die Verhaltensunterschiede zwischen Hausfrauen, Rentnern und Arbeitslosen zwar im statistischen Sinn signifikant und, wie Abbildung 2 zeigt, auch sinnvoll interpretierbar sind, daß die Gruppenbildung aber insgesamt nur einen geringen Erklärungswert besitzt. So sind z. B. nur 8,9 % der interpersonellen Verhaltensunterschiede bezüglich der ersten Verhaltensdimension „Ausmaß von Versorgungs- und Serviceaktivitäten“ durch die Zugehörigkeit zu einer der drei genannten Gruppen erklärbar. Dieses Ergebnis bestätigt insofern auch nochmals die Aussagen des Abschnitts 4.2 über die rollenabhängige Bildung verhaltenshomogener Bevölkerungsgruppen.

Tabelle 9: Standardisierte Diskriminanzgewichte der beiden ersten Diskriminanzfunktionen; Gruppen: Hausfrauen, Rentner, Arbeitslose

Variable		Standardisierte Diskriminanzgewichte	
		Funktion d ₁	Funktion d ₂
HSERV		0,20816	0,01230
HVERS		0,34601	0,07199
HFUSS		-0,14067	-0,08601
HPKWF		-0,14607	0,08022
Eigenwerte	abs.	0,09764	0,03570
	(%)	(73,2 %)	(26,8 %)
Kanonische Korrelation	einf.	0,298	0,186
	quadr.	0,089	0,035

Abbildung 2: Diskriminanzfunktionszentroide der Gruppen Hausfrauen, Rentner, Arbeitslose



5. Haushaltstyp und individuelles Verkehrsverhalten

5.1 Verhaltensorientierte Haushaltstypisierung

Für Einzelpersonen wie für Familien bzw. Haushalte lassen sich bekanntermaßen sehr verschiedene Stufen im Lebenszyklus unterscheiden. Je nach Stellung eines Haushalts im Lebenszyklus existieren für die einzelnen Haushaltsmitglieder unterschiedliche Notwendigkeiten und Zwänge zur Ausübung oder Unterlassung bestimmter Aktivitäten und entsprechender Wege. So ist etwa die Mutter eines Kleinkindes im allgemeinen nicht frei in der Wahl der Tageszeit für ihre Einkaufswege, sondern an den Schlafrhythmus des Kindes gebunden. Ebenso ist sie in der Regel ganz erheblichen artmäßigen und räumlichen Beschränkungen bei der Ausübung von Freizeitaktivitäten unterworfen. In der Verkehrsforschung werden deshalb zunehmend auch Indikatoren für die Stellung eines Haushalts im Lebenszyklus zur Erklärung des Verkehrsverhaltens herangezogen⁵⁾. In Anlehnung an bereits erarbeitete Ansätze wurden im vorliegenden Fall folgende Haushaltstypen („family life-cycle groups“) gebildet:

Typ 1: 1-Personenhaushalte, Person erwerbstätig

Typ 2: 2-Personenhaushalte, mindestens ein Erwerbstätiger

Typ 3: Haushalte mit drei und mehr Personen, mindestens ein Erwerbstätiger, jüngste Person unter 6 Jahren

Typ 4: wie Typ 3, jedoch jüngste Person im Alter von 6 bis unter 13 Jahren

Typ 5: wie Typ 3, jedoch jüngste Person im Alter von 13 bis unter 18 Jahren

Typ 6: wie Typ 3, jedoch jüngste Person 18 und mehr Jahre

Typ 7: Nichterwerbstätigenhaushalte

Bei den Haushaltstypen 1 bis 6 handelt es sich um Erwerbstätigenhaushalte (Haushalte mit mindestens einer Erwerbsperson), die Nichterwerbstätigenhaushalte (Haushalte ohne Erwerbsperson) bilden die Gruppe 7. Diese Unterscheidung ist insofern wesentlich, als das tägliche Aktivitätenprogramm der Mitglieder eines Haushalts – insbesondere die zeitliche Koordination der Aktivitäten der verschiedenen Haushaltsmitglieder – stark davon abhängt, ob es im Haushalt Erwerbspersonen mit einem täglich wiederkehrenden Zwang zu Arbeitswegen nach stets demselben Muster gibt. Mit dieser Differenzierung erfolgt natürlich zugleich auch schon in starkem Maße eine Trennung nach der Rolle in der Gesellschaft und der Stellung im individuellen Lebenszyklus.

Es erschien im vorliegenden Fall nicht zweckmäßig, außer dem oben definierten Merkmal „Haushaltstyp“ weitere Personen- oder Haushaltscharakteristika als Indikatoren für die Stellung des Haushalts im Lebenszyklus zu verwenden. Dies umso mehr, da zur Definition des Merkmals „Haushaltstyp“ ja bereits die Merkmale Anzahl Erwerbstätige im Haushalt, Haushaltsgröße, Alter der jüngsten Person im Haushalt und Berufstätigkeit des Haushaltsvorstandes benutzt worden sind.

Führt man eine Kreuzklassifikation der Personen in der Stichprobe durch, so erhält man das in Tabelle 10 dargestellte Ergebnis. Von den $6 \times 7 = 42$ möglichen Kombinationen von Berufstätigkeitskategorien und Haushaltstypen sind 6 aufgrund der Definition der beiden Klassifikationsmerkmale nicht sinnvoll und demgemäß auch nicht besetzt. Wie

5) Vgl. insbesondere *Heggi, I.G.*, Putting Behaviour into Behavioural Models of Travel Choice, Working Paper No. 22, Transport Studies Unit, University of Oxford, 1977

man sieht, konzentriert sich der Großteil der Personen auf einige wenige der 36 möglichen Kombinationen.

Tabelle 10: Kreuzklassifikation der Personen in der Stichprobe nach Berufstätigkeit und Haushaltstyp

Haushaltstyp	Berufstätigkeitskategorie						Insgesamt
	Hausfrauen	Schüler/Studenten	Lehrlinge	Rentner	Arb.lose	Erw.tätige	
1	* 1)	*	*	*	*	43	43
2	45	9	2	15	7	256	334
3	137	50	12	11	9	225	444
4	146	250	34	13	7	336	786
5	63	123	37	8	4	210	445
6	66	21	9	44	8	176	324
7	51	24	5	141	10	*	231
Insges.	508	477	99	232	45	1.246	2.607

1) Kombination ist aus definitorischen Gründen nicht möglich

So entfallen z. B. auf die zehn am stärksten besetzten Merkmalskombinationen bereits mehr als drei Viertel aller Personen in der Stichprobe.

5.2 Haushaltstyp und Verkehrsverhalten bei Erwerbstätigen

Bei der Gruppe der Erwerbstätigen führt eine weitere Differenzierung nach dem Haushaltstyp zu folgenden sechs Teilgruppen:

E1: Erwerbstätige aus 1-Personenhaushalten

E2: Erwerbstätige aus 2-Personenhaushalten

E3: Erwerbstätige aus Haushalten mit drei und mehr Personen, jüngste Person unter 6 Jahren

E4: wie Typ E3, jedoch jüngste Person 6 bis unter 13 Jahre

E5: wie Typ E3, jedoch jüngste Person 13 bis unter 18 Jahre

E6: wie Typ E3, jedoch jüngste Person 18 und mehr Jahre.

Die Zugehörigkeit einer erwerbstätigen Person zu einer dieser Teilgruppen kann a priori sicher als Indikator der Notwendigkeiten und Restriktionen vor allem im Bereich des Gelegenheitsverkehrs akzeptiert werden. Von praktischer Bedeutung ist eine solche Untergliederung jedoch nur dann, wenn sich auch signifikante Verhaltensunterschiede zwischen den Teilgruppen nachweisen lassen. Hier zeigt aber bereits die univariate Varianzanalyse (Tabelle 11), daß die Verhaltensunterschiede zwischen den Gruppen offensichtlich relativ gering sind. Nur bei 6 der insgesamt 29 Verhaltensmerkmale erhält man einen empirischen F-Wert, der auf dem 1-Prozent-Niveau signifikant ist; die durch die Gruppe

erklärten Varianzanteile (η^2) liegen alle unter 3 Prozent. Am deutlichsten sind die Gruppenunterschiede noch bei den Variablen HSONST (Häufigkeit der Benutzung „sonstiger“ Verkehrsmittel, insbesondere Taxi), HPKWMF (Häufigkeit von PKW-Fahrten als Mitfahrer) und HSERV (Häufigkeit von Servicewegen). Aus dem Vergleich der entsprechenden Gruppenmittelwerte (Tabelle 11) ergibt sich, daß dies im wesentlichen darauf zurückzuführen ist, daß allein lebende Erwerbspersonen (Gruppe E1) überdurch-

Tabelle 11: Mittelwerte ausgewählter Verhaltensvariablen für die Teilgruppen der Erwerbstätigen; empirische F-Werte sowie Eta-Quadrat-Werte der einfachen Varianzanalyse (nur Variable mit $F > 3$)

Teilgruppe	Personen	Gruppenmittelwerte der Variablen					
		HSERV	LDIEN	HFUSS	HPKWF	HPKWMF	HSONST
E1	43	0,05	35,50	0,98	1,63	0,05	0,12
E2	256	0,05	5,80	0,59	1,60	0,40	0,00
E3	225	0,27	12,18	0,81	2,19	0,16	0,01
E4	336	0,10	9,96	0,50	2,30	0,14	0
E5	210	0,07	7,33	0,64	1,80	0,17	0,00
E6	176	0,03	4,79	0,44	1,60	0,18	0,01
Insges.	1.246	0,10	9,22	0,61	1,93	0,21	0,01
Varianzanalyse	$F_{emp}^{1)}$	4,945	3,527	3,016	4,632	5,215	7,203
	η^2	0,020	0,014	0,012	0,018	0,021	0,028

1) Anzahl Freiheitsgrade: 5 und 1.240; $F_{0,01} = 3,03$

schnittlich viele Fahrten mit „sonstigen“ Verkehrsmitteln (insbesondere Taxifahrten) und besonders wenige PKW-Fahrten als Mitfahrer machen und daß Erwerbspersonen aus Mehrpersonenhaushalten mit Kleinkindern (Gruppe E3) weit überdurchschnittlich viele Servicewege (Bringen und Holen von Personen) durchführen.

Im Rahmen einer multivariaten Varianzanalyse mit schrittweiser Variablenauswahl erwiesen sich ebenfalls die bereits genannten Verhaltensdeskriptoren HSONST, HPKWMF und HSERV in dieser Reihenfolge als diejenigen Merkmale, welche die sechs Teilgesamtheiten besonders deutlich zu unterscheiden erlauben (Tabelle 12). Ein Test der Signifikanz der Mahalanobis-Abstände zeigt, welche Gruppenpaare im Hinblick auf ihr Verkehrsverhalten als voneinander verschieden betrachtet werden können (Tabelle 13):

– Das Verkehrsverhalten von allein lebenden Erwerbspersonen unterscheidet sich signifikant vom Verhalten aller übrigen Teilgruppen der Erwerbspersonen. Dasselbe gilt in abgeschwächter Form auch für die Erwerbstätigen aus Mehrpersonenhaushalten mit Kleinkindern.

Tabelle 12: Ergebnisse der multivariaten Varianzanalyse bei schrittweiser Variablenauswahl (Gruppen: Teilgruppen E1 bis E6 der Erwerbstätigen)

Stufe k	Variable		Multivariate Varianzanalyse	
	gewählt	F _{part}	Lambda	F-Approx. ¹⁾
1	HSONST	7,203	0,9718	7,203
2	HPKWMF	5,288	0,9515	6,240
3	HSERV	5,060	0,9324	5,850
4	LDIEN	3,533	0,9193	5,273
5	HPKWF	3,220	0,9075	4,865
6	LSERV	2,779	0,8974	4,520
7	HKOMBI	2,683	0,8877	4,261
8	HFUSS	2,316	0,8795	4,020
9	LVERS	2,108	0,8720	3,810

1) Anzahl Freiheitsgrade $f_1 = 5 \cdot k$ und $f_2 = \infty$

– Zwischen den übrigen Teilgruppen der Erwerbstätigen sind keine wesentlichen Unterschiede im Verkehrsverhalten erkennbar.

Die F-Werte sind allerdings in keinem Fall so groß, daß man unter Berücksichtigung der Beschaffenheit der Daten von hochsignifikanten Unterschieden sprechen könnte.

Tabelle 13: Matrix der empirischen Werte der F-Prüfgrößen für den Test der Signifikanz des Mahalanobis-Abstands zwischen je zwei Gruppenzentroiden (Gruppen: Teilgruppen E1 bis E6 der Erwerbstätigen)

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
E1	–					
E2	7,82	–				
E3	7,19	5,62	–			
E4	7,69	3,46	2,80	–		
E5	6,57	1,73	3,93	1,42	–	
E6	6,57	1,59	5,08	2,09	0,56	–

Anzahl Freiheitsgrade 9 und 1.232; $F_{0,01} = 2,42$

Damit wird deutlich, daß es offenbar nur drei Teilgruppen von Erwerbstätigen gibt, die aufgrund ihrer Zugehörigkeit zu unterschiedlichen Haushaltstypen ein spezifisches Ver-

kehrsverhalten zeigen. Die Gruppe der Erwerbstätigen läßt sich dementsprechend in drei Segmente aufspalten, nämlich in

- allein lebende Erwerbstätige,
- Erwerbstätige aus Haushalten mit drei und mehr Personen, wobei die jüngste Person unter 6 Jahren ist, sowie
- alle übrigen Erwerbstätigen.

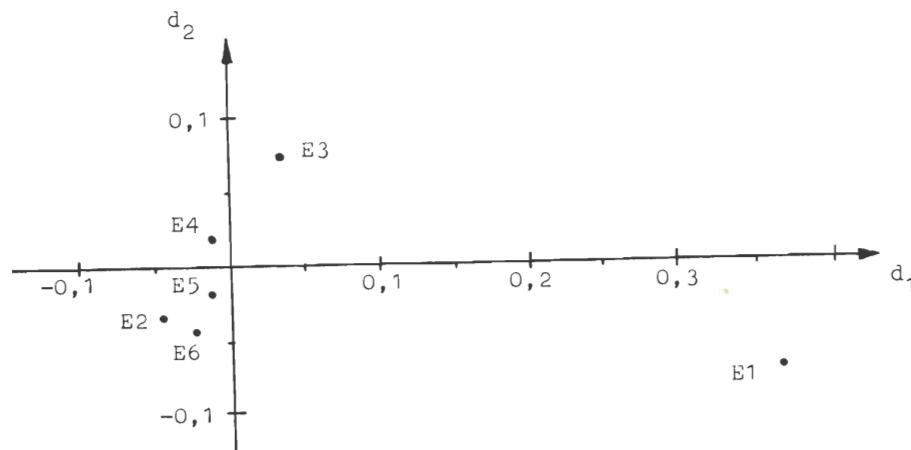
Zur Interpretation der Verhaltensunterschiede zwischen den sechs Teilgruppen E1 bis E6 wurde wiederum eine Diskriminanzanalyse durchgeführt. Für die beiden ersten der insgesamt 5 Diskriminanzfunktionen sind die Gewichte in Tabelle 14 wiedergegeben. Man sieht, daß die Funktion d_1 , deren zugehöriger Eigenwert λ_1 einen Anteil von 42 Prozent an der Summe aller Eigenwerte hat, besonders stark von den Variablen HSONST und LDIEN bestimmt wird. Für die Funktion d_2 (Eigenwertanteil 37,1 Prozent) ist besonders die Variable HSERV von Bedeutung. Mit 0,237 bzw. 0,222 sind die kanonischen Korrelationen relativ niedrig, was eine Folge der insgesamt doch nur mäßigen Verhaltensunterschiede zwischen den sechs Gruppen ist. Eine anschauliche Interpretation der Diskriminanzachsen bietet sich im vorliegenden Fall nicht ohne weiteres an. Die graphische Darstellung der Gruppenzentroiden in der (d_1, d_2) -Ebene bestätigt und veranschaulicht nochmals die Ergebnisse des Tests der Mahalanobis-Abstände zwischen den Gruppenzentroiden

Tabelle 14: Standardisierte Diskriminanzgewichte, Eigenwerte und kanonische Korrelationen der beiden ersten Diskriminanzfunktionen (Gruppen: Teilgruppen E1 bis E6 der Erwerbstätigen)

Verhaltensvariable	Standardisierte Diskriminanzgewichte	
	Funktion d_1	Funktion d_2
HSERV	0,02406	0,14692
LDIEN	0,17151	– 0,00552
LSERV	0,00850	– 0,09132
LVERS	0,09964	– 0,02857
HFUSS	0,09855	0,03113
HPKWF	– 0,04236	0,10243
HPKWMF	– 0,11257	– 0,02444
HSONST	0,20947	– 0,04186
HKOMBI	0,01494	0,09126
Eigenwerte	λ_i	
	(42,4 %)	(37,1 %)
Kanonische Korrelation	einf.	0,237
	quadr.	0,056
		0,222
		0,049

(Abbildung 3). Danach unterscheidet sich das Verhalten der allein lebenden Erwerbstätigen besonders stark vom Verhalten aller übrigen Teilgruppen von erwerbstätigen Personen.

Abbildung 3: Diskriminanzfunktionszentroide der Teilgruppen E1 bis E6 der Erwerbstätigen



Die familiäre Lebensphase wirkt sich bei Erwerbstätigen also insgesamt nur schwach auf das werktägliche Verkehrsverhalten aus. Wirklich deutliche Unterschiede sind eigentlich nur zwischen dem Verhalten der Erwerbstätigen aus 1-Personenhaushalten und den übrigen Erwerbstätigenhaushalten erkennbar. Allenfalls das Vorhandensein von Kleinkindern hat noch eine verhaltensbeeinflussende Wirkung.

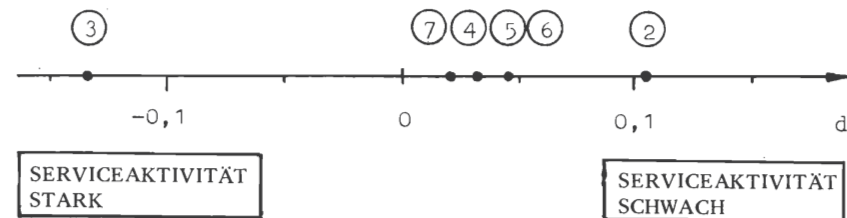
5.3 Haushaltstyp und Verkehrsverhalten bei Nichterwerbstätigen

Wie bei erwerbstätigen Personen wurde auch bei nichterwerbstätigen Erwachsenen untersucht, ob von der Stellung des Haushalts im Lebenszyklus ein signifikanter Einfluß auf das individuelle Verkehrsverhalten ausgeht. Die entsprechenden Analysen wurden für die Gruppen der Hausfrauen und Rentner getrennt durchgeführt.

Die Gruppe der Hausfrauen wurde nach dem Haushaltstyp in sechs Teilgruppen zerlegt (Haushaltstypen 2 bis 7). Die schrittweise Variablenauswahl zeigte, daß die Merkmale HSERV, ZVERS und HFREI zusammengenommen am besten geeignet sind, zwischen den Gruppen zu unterscheiden ($\Delta = 0,886$, bzw. $F = 4,11$ bei 15 und 1.381 Freiheitsgraden). Ein Signifikanztest des Mahalanobis-Abstandes der Gruppenzentroide zeigte jedoch, daß sich lediglich die Gruppe der Hausfrauen aus Haushalten des Typs 3 (Erwerbstätigenhaushalte mit drei und mehr Personen, jüngstes Kind unter 6 Jahren) von allen übrigen Gruppen unterscheidet. Die empirischen F-Werte lagen hierbei zwischen 5,13 und 10,51. Für alle übrigen Gruppenpaare lagen die F-Werte unter dem kritischen Wert $F_{0,01} = 3,82$ (Anzahl Freiheitsgrade 3 und 500).

Von den drei Diskriminanzfunktionen erwies sich nur die erste mit einem Eigenwert von 0,0997 (Anteil 79,3 %) und einer kanonischen Korrelation von 0,301 als statistisch signifikant. Als standardisierte Diskriminanzgewichte der drei oben genannten Variablen ergaben sich die Werte $-0,236$, $-0,115$ und $0,086$, d. h. diese Diskriminanzfunktion mißt vor allem die Intensität von Serviceaktivitäten. Hinsichtlich dieser Verhaltensdimensionen unterscheidet sich die Gruppe der Hausfrauen mit Kleinkindern am deutlichsten von den übrigen Gruppen, was in einem negativen d_1 -Wert (starke Serviceaktivität) zum Ausdruck kommt. Wie Abbildung 4 zeigt, stellt die Gruppe der Hausfrauen aus 2-Personenhaushalten ohne Kinder (Haushaltstyp 2) hinsichtlich der Verhaltensdimensionen „Intensität von Serviceaktivitäten“ das andere Extrem (geringe Serviceaktivität) dar.

Abbildung 4: Diskriminanzfunktionsmittelwerte der sechs Teilgruppen von Hausfrauen



(Erklärung: (2) Nr. des Haushaltstyps)

Angesichts dieser Analyseergebnisse erscheint eine weitere Untergliederung der Gruppe der Hausfrauen in die beiden Segmente

- Hausfrauen mit Kleinkindern und
- übrige Hausfrauen

sinnvoll. Es werden hierdurch die verhaltensbeeinflussenden Notwendigkeiten und Restriktionen berücksichtigt, welche von Kleinkindern in einer Familie ausgehen.

Schließlich wurden auch die Rentner in der Stichprobe nach dem Haushaltstyp in zwei Teilgruppen gegliedert, nämlich in Rentner aus Erwerbstätigenhaushalten und Rentner aus Nichterwerbstätigenhaushalten (Rentnerhaushalten). Tatsächlich lassen sich für diese beiden Gruppen auch einige signifikante Verhaltensunterschiede nachweisen. Besonders stark sind diese Unterschiede bei den Freizeitaktivitäten (vgl. Tabelle 15).

Eine weitergehende Analyse zeigt jedoch, daß die beobachteten Verhaltensunterschiede wohl weniger auf den unterschiedlichen Haushaltstyp als vielmehr auf das erheblich höhere Durchschnittsalter der Rentner aus Erwerbstätigenhaushalten zurückzuführen sind.

Table 15: Unterschiede im Freizeitmobilitätsverhalten von Rentnern aus Erwerbstätigenhaushalten und Rentnerhaushalten

Freizeitwege	Variablenmittelwerte für Rentner aus			F ¹⁾
	Erwerbst.-haushalten	Rentnerhaushalten	Insgesamt	
Häufigkeit (Wege/Tag)	0,36	0,95	0,72	13,25
Länge (km/Tag)	2,58	13,92	9,47	3,26
Zeitaufwand (min/Tag)	10,76	54,06	37,08	5,70
Anzahl Personen	91	141	232	—

1) Univariate F-Werte, Anzahl Freiheitsgrade 1 und 230; $F_{0,001} = 6,75$

Auf einen eigenständigen Einfluß des Haushaltstyps auf das Verhalten liefern die hier verwendeten Daten in diesem Fall keinen Hinweis.

Bei nichterwerbstätigen Erwachsenen, so kann man zusammenfassend feststellen, schlagen sich Unterschiede in der familiären Situation nur vergleichsweise schwach im werktäglichen Verkehrsverhalten nieder. Anzahl, Länge und Zeitaufwand von bzw. für Ortsveränderungen werden innerhalb der Gruppen der Hausfrauen und Rentner nur relativ schwach vom Typ des Haushalts beeinflusst, dem die jeweiligen Personen angehören. Lediglich bei den Hausfrauen mit Kleinkindern bis 6 Jahren wird das Verhaltensmuster in eindeutiger Weise vom Haushaltstyp — genauer vom Vorhandensein von Kleinkindern — geprägt.

Summary

The paper deals with the impact of role factors and stage in family life cycle on individual travel behaviour. The empirical analysis is based mainly on the application of multivariate statistical methods like multivariate analysis of variance, generalized distance measures, and discriminant analysis. After a discussion of appropriate role indicators the extent of role-dependent behavioural differences is measured and the most important role-dependent dimensions of travel behaviour are identified. Analogously, the influence of family life cycle status is examined. It appears that individual travel behaviour is strongest affected by role factors whereas the stage in family life cycle is of relatively minor importance. The results can be used to improve the construction of behaviourally homogeneous population segments as the basic elements of behavioural travel forecasting models.

Résumé

La présente étude traite de l'influence exercée par le rôle et la phase de la vie sur le comportement individuel dans le transport de personnes. Les instruments utilisés pour l'analyse sont surtout des méthodes relevant de la statistique multivariée, comme par ex. l'analyse multivariée de variance, les mesures d'écart généralisées et l'analyse de discriminance. En partant d'une discussion des indices de rôle appropriés, on montre l'importance des différences de comportement imputables au rôle et l'on poursuit l'étude en représentant les dimensions essentielles spécifiques au rôle du comportement dans le trafic. On étudie par analogie l'influence exercée par la position occupée dans le cycle de la vie familiale. On constate que le comportement individuel dans le trafic est essentiellement caractérisé par des facteurs ayant trait au rôle et que par contre, l'influence émanant de la situation familiale est comparativement faible. Les résultats fournissent en même temps d'importance enseignements en vue de constituer adéquatement des groupes de population à comportement homogène appelés à servir de modules de base pour l'établissement de modèles de pronostics de transport basés sur le comportement.