Eidgenössisches Verkehrs- und Energiedepartement
Bundesamt für Strassenbau

UNTERSUCHUNG VON GESETZMAESSIGKEITEN DES INDIVIDUELLEN MOBILITAETSVERHALTENS

Forschungsauftrag Nr. 3/86

Forschungsstelle: Jenni + Gottardi AG, beratende Ingenieure
8002 Zürich, Mutschellenstr. 21
Tel. 01/201 24 22

Sachbearbeiter: Dr. sc.techn. G. Gottardi
Prof. Dr. H. Hautzinger

Begleitende Kommission: VSS-Kommission 171

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
KURZFASSUNG/RESUME	
ZUSAMMENFASSUNG DER WICHTIGSTEN ERGEBNISSE	I
1. Problemstellung und Zielsetzungen	1
1.2 Aufbau und Inhalt	2
2. Datenbasis und Untersuchungsmethodik	4
2.1 Die Repräsentative Haushalterhebung	4
2.2 Untersuchungsmethodik	6
3. Automobilbesitz	15
3.1 Haushaltsstrukturelle Bestimmungsfaktoren	15
3.2 Siedlungsstrukturelle Einflüsse	22
4. Aktivitätenhäufigkeit	27
4.1 Lebensphase und Aktivitätenhäufigkeit	27
4.2 Soziale Rolle und Aktivitätenmuster	30
4.3 Verkehrsangebot und Aktivitätenhäufigkeit	38
5. Wegehäufigkeit	42
5.1 Empirische Verteilung der täglichen Wegehäufigkeit	42
5.2 Strukturmodell der Aktivitäten und Wegehäufigkeit	44
5.3 Aktivitätenverkettung und Wegehäufigkeit	46
6. Wegelängen	54
6.1 Fahrzweck, Verkehrsmittel und Wegelänge	54
6.2 Geschwindigkeit und Wegelänge	57
6.3 PW-Verfügbarkeit und tägliche Verkehrsleistung	62
6.4 Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Fahrzwecken	66
7. Erkenntnisse aus der Mobilitätsuntersuchung	68
7.1 Eignung der Mikrozensusdaten	68
7.2 Untersuchungskonzeption und statistische Verfahren	70
7.3 Diskussion der Hypothesen des Forschungsprogramms Mobilität	72
7.4 Möglichkeiten und Grenzen der Mobilitätsbeeinflussung	75
8. Weiteres Vorgehen	79
Literaturverzeichnis	
Anhänge	

K U R Z F A S S U N G

Aufgabenstellung

Das Hauptziel der Arbeit ist die Erforschung von Möglichkeiten zur Beeinflussung der Mobilität (= Ortsveränderungen von Personen ausserhalb des Hauses), um daraus konkrete Handlungsempfehlungen ableiten zu können für eine mögliche Reduktion oder Verlagerung der Mobilitätsbedürfnisse auf umweltfreundliche Verkehrsmittel.

Die Untersuchung steht im Rahmen des übergeordneten Forschungsprogramms MOBILITAET der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS (Forschungsauftrag 14/83, IVT-ETHZ, März 1986).

Methodik und Vorgehen

Die Untersuchung ist schwerpunktmässig darauf ausgerichtet, die Gesetzmässigkeit des Verkehrsverhaltens mit statistischen Methoden aufzudecken. Die individuelle Verkehrsmobilität resultiert aus dem Wunsch oder der Notwendigkeit, Aktivitäten ausserhalb der eigenen Wohnung auszuüben. Das tägliche Aktivitätenmuster (Art, Ort und Zeitaufwand der Aktivitätenausübung) ist zentraler Bestimmungsfaktor des täglichen Verkehrsverhaltensmusters einer Person. Neben Lebensphase und sozialer Rolle sind Lebensstil, Werthaltungen und die finanziellen Möglichkeiten des Individuums bzw. des Haushaltes sowie die Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln als massgebende Faktoren für das Aktivitätenmuster und damit das Verkehrsverhalten einzubeziehen. Der gewählte Forschungsansatz lässt sich deshalb in inhaltlicher Hinsicht als aktivitätenorientiert und bezüglich der Methodik als analytisch bezeichnen.

Mit dem Mikrozensus 1984 'Verkehr und Umwelt' (Bundesamt für Statistik, Stab für Gesamtverkehrsfragen) stehen von 3573 repräsentativen Haushalten Angaben zum Verkehrsverhalten zur Verfügung. Darin sind nebst den Merkmalen der Haushalte und der Haushaltmitglieder sämt-

liche Wege aller Personen ab 10 Jahren an einem Stichtag detailliert festgehalten. Für die Mobilitätsuntersuchung mussten diese Daten grundlegend umgestaltet und durch Transformation der in der Datei enthaltenen Merkmale erweitert werden (z.B. Gesamtzahl der Freizeitaktivitäten der Personen am Stichtag). Ergänzt wurde die Datei durch verschiedene exogene Informationen (z.B. Verkehrsgunstwerte aus dem gesamtschweizerischen Personenverkehrsmodell).

Im Rahmen dieser Studie wurden ausgewählte Aspekte des Verkehrsverhaltens empirisch untersucht

- Automobilbesitz von Haushalten
- Verkehrsverhalten, Lebensphase und soziale Rolle
- Zwangs- und Gelegenheitsmobilität
- Aktivitäten- und Wegemuster
- Mobilitätschancen, Aktionsraum und Zeitaufwand für Wege
- Verkehrsmittelverfügbarkeit und Verkehrsmittelnutzung

Dabei kamen neben elementaren statistischen Testverfahren auch höhere statistische Analysetechniken zu Anwendung.

Ergebnisse

Zahlreiche Gesetzmässigkeiten des Mobilitätsverhaltens lassen sich mit Hilfe der statistischen Verfahren und des erweiterten Mikrozensus 1984 herleiten. Mit den Mikrozensusdaten lässt sich vor allem beschreiben, wie sich Individuen unter gewissen sozialen und raumstrukturellen Bedingungen verhalten. Ueber die Natur des zugrundegelegten Entscheidungsprozesses bei der Wahl von Aktivitäten, Zielen, Verkehrsmitteln usw., können aus diesen Daten aber nur in begrenztem Umfang Erkenntnisse abgeleitet werden. Hierfür sind in Ergänzung zum Mikrozensus spezielle, verhaltenspsychologisch fundierte Befragungen oder Experimente notwendig. Die Untersuchung zeigt schliesslich Ansatzpunkte auf, zur Beeinflussung der Mobilität. Insgesamt konnte die Zweckmässigkeit des gewählten statistischen Vorgehens in der empirischen Mobilitätsforschung klar aufgezeigt werden.

RESUME

Définition des objectifs

L'objectif principal de l'étude est de rechercher des solutions susceptibles d'influencer la mobilité (déplacement de personnes hors des habitations), et d'être ainsi en mesure de suggérer des interventions en vue d'une réduction possible, ou d'une modification des conditions de déplacement tendant à privilégier des moyens de transport plus respectueux de l'environnement.

Cette enquête se situe dans le cadre du programme de recherche pricipal "MOBILITE" promu par l'Union des Professionnels Suisses de la Route, VSS, (mandat de recherche 14/83, IVT-ETHZ, mars 1986).

Méthodologie et procédure

L'enquête a comme objectif principal de découvrir avec des moyens statistiques les lois qui régissent le comportement du trafic. La mobilité individuelle dépend du désir ou de la nécessité d'exercer des activités hors de son domicile. L'échantillonnage des activités quotidiennes (genre, lieu et temps passé à l'exercice de l'activité) constitue le facteur central et déterminant de l'échantillonnage quotidien des déplacements d'une personne.
La période de la vie, la position sociale, le style de vie, les valeurs propres, les possibilités financières de l'individu, éventuellement du ménage, ainsi que le fait de pouvoir disposer d'un moyen de transport, représentent des facteurs essentiels pour établir l'échantillonnage des activités et comprendre le comportement du trafic.
C'est pourquoi la méthode de recherche suivie, analytique du point de vue de la méthodologie, est caractérisée, quant au contenu, par une orientation vers les différentes activités.
Grâce au recensement détaillé "Trafic et Environnement", établi en 1984, (Bureau fédéral de statistique, Etat-major pour les questions de transport), nous disposons de formulaires remplis par 3573 ménages représentatifs, sur les conditions de déplacement. Dans ces

questionnaires nous trouvons, à côté des caractéristiques du ménage et des éléments qui le composent, les données exhaustives sur les trajets effectués, durant une journée déterminée, par les personnes âgées de plus de dix ans. Pour réaliser l'étude sur la mobilité il a été nécessaire de remanier entièrement les données. Ce remaniement a permis de fournir des informations complémentaires aux éléments déjà connus (comme par exemple les activités de loisirs des personnes durant un jour fixé).
Par ailleurs cet ensemble de données a été complété par l'apport d'informations extérieures (par exemple les valeurs de trafic extraites du modèle de trafic global suisse).
Dans le cadre de cette étude certains aspects particuliers du comportement du trafic ont été analysés de façon empirique:

- propriété du véhicule dans le ménage
- comportement du trafic, période de la vie, position sociale
- mobilité forcée et possibilités de déplacement
- échantillonnage des activités et des trajets
- probabilités de déplacement, rayon d'action et temps passé pour effectuer le déplacement
- disponibilité et utilisation d'un moyen de transport.

Pour réaliser cette étude il a été nécessaire d'utiliser, soit des tests statistiques élémentaires, soit des méthodes plus sophistiquées d'analyse statistique.

Résultats

L'emploi de procédés statistique et l'extension du micro-recensement de 1984 nous ont permis de découvrir de nombreuses lois régissant les événements en relation avec la mobilité.

Grâce aux données du micro-recensement, il a été possible de déduire comment les personnes se comportent en fonction de certaines conditions sociales et d'environnement.
Cependant ces données ne permettent d'avoir qu'une connaissance partielle de la nature du processus décisionnel lors du choix des activités, des buts, des moyens de transport etc.

Pour cela il serait nécessaire d'effectuer des tests ou des enquêtes spécifiques contenant des informations au niveau du comportement psychologique afin de pouvoir ainsi compléter le micro-recensement.

En conclusion l'enquête fait apparaître des points d'application permettant d'exercer une influence sur la mobilité.
Globalement il a pu être clairement démontré le caractère adéquat du procédé statistuque choisi pour la recherche empirique sur la mobilité.

ZUSAMMENFASSUNG DER WICHTIGSTEN ERGEBNISSE

Problemstellung und Zielsetzung

Das Hauptziel der Arbeit ist die Erforschung von Möglichkeiten zur Beeinflussung der Mobilität (= Ortsveränderungen von Personen ausserhalb des Hauses), um daraus konkrete Handlungsempfehlungen ableiten zu können für eine mögliche Reduktion oder Verlagerung der Mobilitätsbedürfnisse auf umweltfreundliche Verkehrsmittel. Die vorliegende Arbeit ist Teil eines umfassenden Forschungsprogramms. Es wird versucht, kausale Zusammenhänge zwischen der Mobilität und 'mobilitätsverursachenden' Kenngrössen mit statistischen Verfahren aufzudecken.

Vorgehen

Mit dem Mikrozensus 1984 zum Thema 'Verkehr und Umwelt' existiert eine neue Datenbasis, welche auf ihre Verwendbarkeit für die Mobilitätsforschung geprüft werden soll. Diese Daten werden unter Verwendung auch neuerer statistischer Methoden einer umfassenden verkehrswissenschaftlichen Analyse unterzogen.

Autobesitz

Die Verfügbarkeit individueller Verkehrsmittel ist eine wesentliche Voraussetzung zur Realisierung der Mobilitätsnachfrage. Ausmass und Dringlichkeit der Mobilitätsnachfrage eines Haushaltes werden vor allem durch die Haushaltgrösse und die Stellung der Haushaltmitglieder im Lebenszyklus (vorab Erwerbstätigkeit) bestimmt. Diese Faktoren beeinflussen den Autobesitz. Gestützt auf die vorhandene Datenbasis kann ein Modell hergeleitet werden, welches den Zusammenhang aufzeigt zwischen der Haushaltgrösse und der Wahrscheinlichkeit des Besitzes von keinem, einem oder mehreren Autos pro Haushalt. Neben der Haushaltgrösse ist auch die Haushaltstruktur, vorab die Zahl der Erwerbstätigen im Haushalt, für

eine zunehmende Wahrscheinlichkeit des Autobesitzes verantwortlich. Mit Hilfe loglinearer Modelle konnte zudem die Wechselwirkung zwischen dem PW-Besitz, der Haushaltgrösse und der Ortsgrösse aufgedeckt werden.

Aktivitäten-häufigkeit

Die Zahl der Wege einer Person hängt von der Zahl der ausserhalb der eigenen Wohnung ausgeübten Aktivitäten ab. Die mittlere Aktivitätenhäufigkeit ist primär davon abhängig, ob ein 'Mobilitätszwang' (Arbeit, Ausbildung) vorliegt oder nicht, was mit der Lebensphase und der Rolle des Individuums zusammenhängt. So ist beispielsweise die Aktivitätenhäufigkeit für die Gruppe der voll Erwerbstätigen (1) mit Wegfall des Mobilitätszwangs am Wochenende deutlich niedriger, (2) in nichtlinearer Form vom Alter abhängig und (3) bei Frauen tendenziell niedriger als bei Männern.
Bezüglich der 'Beschäftigungssituation' (Voll-Erwerbstätige, Teil-Erwerbstätige, Hausfrauen, Rentner als Indikator für die soziale Rolle) bestehen die grössten Unterschiede bezüglich der Häufigkeit von Arbeits- und Einkaufsaktivitäten. Weitgehend unabhängig von der sozialen Rolle sind demgegenüber die Freizeitaktivitäten.
Im wesentlichen kann festgestellt werden, dass (1) Lebensphase und soziale Rolle des Individuums bestimmend sind für Zahl und Art der ausgeübten Aktivitäten, (2) innerhalb der verschiedenen Lebenszyklus- und Rollengruppen primäre Aktivitätsarten vorhanden sind für deren Durchführung ein hohes Mass an Notwendigkeit besteht und die mit grosser Regelmässigkeit ausgeübt werden, (3) daneben sekundäre Aktivitätsarten existieren, welche nicht so regelmässig ausgeübt werden. Die PW-Verfügbarkeit hat bei den meisten Personengruppen keinen

sehr grossen Einfluss auf die Aktivitätenhäufigkeit. Nur in der Gruppe der voll Erwerbstätigen führen Personen mit PW-Verfügbarkeit rund 50 % mehr Aktivitäten durch als Personen ohne PW. Dabei handelt es sich vor allem um geschäftliche Aktivitäten und Freizeitbetätigungen. Die Zahl der Einkaufs- und Versorgungsaktivitäten ist hingegen in dieser Personengruppe wiederum vollständig unabhängig von der PW-Verfügbarkeit.
Hervorzuheben ist, dass die PW-Verfügbarkeit keinen Einfluss auf die Verkehrsbeteiligungsquote hat, d.h. ob jemand überhaupt die Wohnung verlässt oder nicht, hängt nicht von der Verfügbarkeit eines Autos ab. Die PW-Verfügbarkeit beeinflusst weniger die Zahl der Aktivitäten als vielmehr die räumliche Lage der Aktivitätsorte und damit die Wegelängen.

Wegehäufigkeit

Im Durchschnitt beteiligen sich 84 % der Personen am Verkehrsgeschehen mit rund 4 Wegen pro Tag. Es liegt auf der Hand, dass zwischen der Aktivitätenhäufigkeit und der Zahl der Wege ein enger Zusammenhang besteht. Dabei kann festgestellt werden, dass mit zunehmender Aktivitätenhäufigkeit die Wegehäufigkeit nicht im selben Mass zunimmt, weil eine wachsende Tendenz zur Verkettung von Aktivitäten festgestellt werden kann, d.h. ohne einen dazwischenliegenden Rückweg zur Wohnung.
Je mehr Aktivitäten eine Person ausübt, desto 'rationeller' wird das tägliche Aktivitätenprogramm in ein Verkehrsverhaltensmuster umgesetzt. Bei gleichbleibender Aktivitätenzahl wäre durch Verhaltensänderung (stärkere Verkettung von Aktivitäten) also nur sehr begrenzt eine Reduzierung der Verkehrsnachfrage möglich. Eine spürbare Verringerung der Verkehrsnachfrage würde sich also wohl nur durch Aktivitätenverzicht einstellen.

Wegelänge

Wie weit die gewählten Ziele für die Ausübung von Aktivitäten vom Ausgangspunkt der Fahrt entfernt sind, hängt in starkem Mass von der Verkehrsmittelverfügbarkeit ab. Je höher etwa der Grad der PW-Verfügbarkeit ist, desto grösser ist die Distanz zwischen Wohnung und Arbeitsplatz. Die Verfügbarkeit eines individuellen Verkehrsmittels ermöglicht also das Pendeln über grössere Entfernungen innerhalb akzeptabler Zeitgrenzen. Vielfach erzwingt aber ein weiter entfernt gelegener Arbeitsplatz die Anschaffung eines Autos, weil Standortentscheidungen über Wohn- bzw. Arbeitsplatz nur in grösseren Zeitabständen revidiert werden. Bei den übrigen Fahrzwecken besteht oft eine echte Wahlmöglichkeit im Hinblick auf den Aktivitätsort. Es zeigt sich, dass Ziel- und Verkehrsmittelwahl vom Individuum simultan getroffen werden. Dabei kann festgestellt werden, dass die mittlere Wegelänge sehr stark vom Verkehrsmittel, dagegen nur schwach vom Fahrzweck abhängt. Das mit einem bestimmten Verkehrsmittel verbundene 'Mobilitätspotential' - in Form der innerhalb akzeptabler Zeitgrenzen realisierbaren Distanz - wird weitgehend unabhängig vom Fahrzweck immer in ähnlicher Weise genutzt. Zu jedem Verkehrsmittel gibt es eine charakteristische, vom Fahrzweck praktisch unabhängige Wegelängenverteilung.

Die Unterschiede im räumlichen Verhalten sind in dem nach Verkehrsmitteln unterschiedlichen Geschwindigkeitsniveau begründet. Bei gegebener Wegelänge hat ein PW-Benützer verglichen mit dem Benützer des öffentlichen Verkehrsmittels im Durchschnitt einen um 43 % geringeren Fahrzeitaufwand. Bei gegebenem Zeitaufwand beträgt die von PW-Benützern zurückgelegte Distanz im Mittel sogar das 4-fache der Wegelänge des Benützers des öffentlichen Verkehrs.

Unter gegenwärtigen Bedingungen ist also das Auto sehr viel mehr zur Vergrösserung des individuellen Aktionsraumes als zur Einsparung von Fahrzeit geeignet.
Dieser grundlegende Tatbestand erklärt zumindest teilweise das rapide Anwachsen der Verkehrsleistung im Individualverkehr. Die Verfügbarkeit eines schnelleren Verkehrsmittels wird, unabhängig vom Fahrzweck, vorzugsweise zur Wahl entfernt gelegener Ziele und weniger zur Zeiteinsparung genutzt. Es handelt sich dabei um eine gesicherte Gesetzmässigkeit des individuellen Mobilitätsverhaltens. Eine verhaltenswissenschaftliche Erklärung dieses Phänomens ist bisher noch nicht in vollem Umfang gelungen, einfache Hypothesen z.B. über konstante individuelle Reisezeitbudgets reichen hier sicher nicht aus.
Während die tägliche Verkehrsleistung (km/Tag) stark von der PW-Verfügbarkeit abhängt, ist die tägliche Verkehrsbeteiligungsdauer (min/Tag), also der Mobilitätszeitaufwand, hiervon weitgehend unabhängig. Wieviel Zeit ein Individuum pro Tag für Ortsveränderungen verwendet, hängt nur sehr schwach von systematischen Faktoren, wie z.B. Lebensphase und raumstrukturellen Bedürfnissen ab.
Die individuelle Verkehrsleistung (km/Tag), welche für verschiedene Fahrtzwecke erbracht werden, sind voneinander abhängig. Dies kann allein schon wegen des begrenzten täglichen Zeitbudget für Ortsveränderungen erwartet werden. So sind Erwerbstätige mit einer hohen Verkehrsleistung im Arbeits- und Geschäftsverkehr tendenziell weniger aus sonstigen Anlässen unterwegs.

Eignung der Mikrozensus-daten

Obwohl der Mikrozensus 1984 nicht vor dem Hintergrund eines bestimmten Forschungsprojektes durchgeführt wurde, sondern vielmehr eine allgemeine Er-

hebung des Verkehrsverhaltens darstellt, kann dieser Datenbasis dennoch ein hohes Mass an Eignung für Studien zur Erforschung der Mobilität von Individuen und Haushalten bescheinigt werden. Die Erhebung erfüllt alle Anforderungen, die heute an wissenschaftlich fundierte Verkehrserhebungen auf nationaler Ebene gestellt werden können.

Untersuchungskonzeption

Der gewählte Forschungsansatz lässt sich in inhaltlicher Hinsicht als aktivitätenorientiert und bezüglich der Methode als analytisch charakterisieren. Mit Hilfe des Mikrozensus 1984 kann das beobachtete Mobilitätsverhalten in detaillierter und systematischer Form beschrieben werden. Was mit den Mikrozensusdaten allerdings nur bedingt oder überhaupt nicht möglich ist, ist die Formulierung und Prüfung von Hypothesen über die grundlegenden psychologischen Mechanismen des individuellen Verkehrsverhaltens. Mit den Mikrozensusdaten lässt sich sehr genau beschreiben, wie sich Individuen unter gewissen sozialen und raumstrukturellen Bedingungen verhalten, über die Natur des Entscheidungsprozesses bei der Wahl von Aktivitäten, Zielen, Verkehrsmitteln usw. können aus diesen Daten aber nur in begrenztem Umfang Erkenntnisse abgeleitet werden.

statistische Verfahren

Die Komplexität des Untersuchungsgegenstandes 'Mobilität' verlangt die Anwendung höherer statistischer Verfahren. Dank diesen Verfahren, insbesondere der multivariaten Techniken, lassen sich Gesetzmässigkeiten des Verkehrsverhaltens aus der zunächst unüberschaubaren Vielfalt der individuellen Beobachtungen herausfiltern. Insgesamt konnte die Zweckmässigkeit des gewählten statistischen Vorgehens in der empirischen Mobilitätsforschung klar demonstriert werden.

Mobilitäts-beeinflussung

Personen mit grosser täglicher Aktivitätenhäufigkeit haben dank einer starken Wegeverkettung bereits eine sehr rationelle Wegeabwicklung. Durch zusätzliche Verkettung ist folglich nur noch eine geringe Einsparung von Wegen möglich. Eine Reduktion der Wegehäufigkeit würde deshalb eine Reduktion der Aktivitätenhäufigkeit erfordern.

Durch die Verfügbarkeit eines Autos entsteht nur eine geringe Zahl zusätzlicher Wege. Die PW-Verfügbarkeit ist hingegen zentraler Bestimmungsfaktor für die Verkehrsmittelwahl. Durch eine Beschränkung der individuellen Verfügbarkeit des Automobils würde zwar nicht die Zahl der Wege reduziert, hingegen würden diese auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel verlagert.

Die Wegelänge ist vor allem vom Verkehrsmittel und von der Reisegeschwindigkeit abhängig. Bei gleichem Zeitaufwand legen die PW-Benutzer im Durchschnitt die 4-fache Wegelänge der Benutzer des öffentlichen Verkehrs zurück. Eine Reduktion der Verkehrsleistung und damit der verkehrsbedingten Umweltbelastung kann deshalb durch eine Einschränkung der PW-Verfügbarkeit und durch die Reduktion der Geschwindigkeiten auf der Strasse erreicht werden. Um jedoch zu diesem brisanten Thema fundierte Aussagen machen zu können, müsste ein entsprechendes Verkehrsmodell formuliert werden, mit welchem sich die Auswirkungen derartiger Massnahmen quantifizieren lassen.

Weiteres Vorgehen

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um einen ersten Forschungsteil im Rahmen des übergeordneten Forschungsprogrammes Mobilität. Gestützt auf die dort formulierten Zielsetzungen und die vorliegenden Ergebnisse, sehen die Vorschläge für das weitere Vorgehen wie folgt aus:

a) Verbesserung des Auswertungsverfahrens des Mikrozensus durch die Einbringung zusätzlicher Gewichtungsfaktoren zum Ausgleich systematischer Fehler. Im weiteren ist ein Verfahren zur Bestimmung des Zufallsfehlers anzuwenden.

b) Fortsetzung der Ursachenforschung durch Prüfung des Zusammenhangs zwischen Siedlungsstruktur und Verkehrsmobilität sowie zwischen Verkehrsangebot und Verkehrsmittelwahl; Untersuchung der Frage nach dem Mobilitätsniveau ganz allgemein und der Auswirkungen des PW-Mehrfachbesitzes von Haushalten. Im weiteren ist die Frage der Zeitbudgettheorie näher zu prüfen, sowie die Frage, wie weit motorisierte Formen der Verkehrsteilnahme durch nichtmotorisierte Formen substituiert werden können. Unter dem Aspekt der Mobilitätsbeeinflussung sind vor allem die Fragen der Geschwindigkeitsreduktion und der Verkehrsmittelverfügbarkeit einzubeziehen.

c) Schliesslich könnte der Aspekt der Prognose der Verkehrsmobilität angegangen werden. Zu diesem Zweck sind verschiedene Szenarien und verschiedene steuernde Eingriffsmöglichkeiten zu prüfen. Von besonderem Interesse ist dabei die Frage nach Veränderung des zukünftigen Verkehrsverhaltens unterschiedlicher Altersgruppen.

1. PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG

1.1 Einleitung

In der vorliegenden Untersuchung wird individuelle Mobilität als 'Ortsveränderungen von Personen ausserhalb des Hauses' verstanden. Sie resultiert aus dem Bedürfnis oder dem Zwang, bestimmte Aktivitäten ausserhalb der Wohnung durchzuführen. In diesem Sinn ist Mobilität realisierte Verkehrsnachfrage und wird oft auch als Verkehrsmobilität bezeichnet. Sie ist eine in der Schweiz bisher weitgehend unerforschte Verhaltensform des Individuums. Die Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute (VSS) hat deshalb einen umfassenden Forschungsplan [1)] ausarbeiten lassen, um das Wesen und die Zusammenhänge des Phänomens 'Mobilität' verstehen zu lernen. Das Hauptziel der Arbeit ist die Erforschung von Möglichkeiten zur Beeinflussung der Mobilität, um daraus konkrete Handlungsempfehlungen ableiten zu können für eine mögliche Reduktion oder Verlagerung der Mobilitätsbedürfnisse auf umweltfreundliche Verkehrsmittel. Die vorliegende Arbeit ist Teil dieses umfassenden Forschungsprogramms. Es wird insbesondere versucht, kausale Zusammenhänge zwischen der Mobilität und 'mobilitätsverursachenden' Kenngrössen mit statistischen Verfahren aufzudecken. Konkret werden dazu Hypothesen zum Mobilitätsverhalten formuliert und anhand verfügbarer Erhebungsdaten geprüft.

---

1) Erarbeitung eines Forschungsprogrammes Mobilität, Forschungsauftrag VSS 14/83, IVT-ETHZ, März 1986

1.2 Aufbau und Inhalt

Mit dem Mikrozensus 1984 zum Thema 'Verkehr und Umwelt' *1)* existiert eine neue Datengrundlage, welche auf ihre Verwendbarkeit für die Mobilitätsforschung geprüft werden soll. Diese Daten werden zunächst einer umfassenden verkehrswissenschaftlichen Analyse unterzogen, wobei auch neuere statistische Methoden zur Anwendung gelangen. Ziel der Forschungsarbeit ist die Aufdeckung von Gesetzmässigkeiten des individuellen Mobilitätsverhaltens. Zur Einordnung der vorliegenden Arbeit in den erkenntnis- und wissenschaftstheoretischen Rahmen wurde zunächst der Begriff 'Gesetzmässigkeit in der Verkehrswissenschaft' untersucht. Damit wurde die theoretische Ausgangslage der Arbeit festgelegt. Für das konkrete Verständnis der verwendeten Methoden und der Ergebnisse ist dieser Teil aber nicht erforderlich. Er befindet sich deshalb im Anhang 1. Im Kapitel 2 wird die verwendete Datenbasis der Untersuchung vorgestellt, sowie der gegenwärtige Stand der theoretischen Diskussion zum Komplex 'Verkehrsmobilität' kurz zusammengefasst und die einzubeziehenden Bestimmungsfaktoren vorgestellt.

Die zur Anwendung gelangenden Forschungsmethoden werden in den Kapiteln 3 bis 6 exemplarisch erläutert. Diese Kapitel enthalten neue Ergebnisse und Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten, welche bisher in der Schweiz nicht verfügbar waren. Die dazugehörenden statistischen Resultate sind im Anhang zusammengefasst.

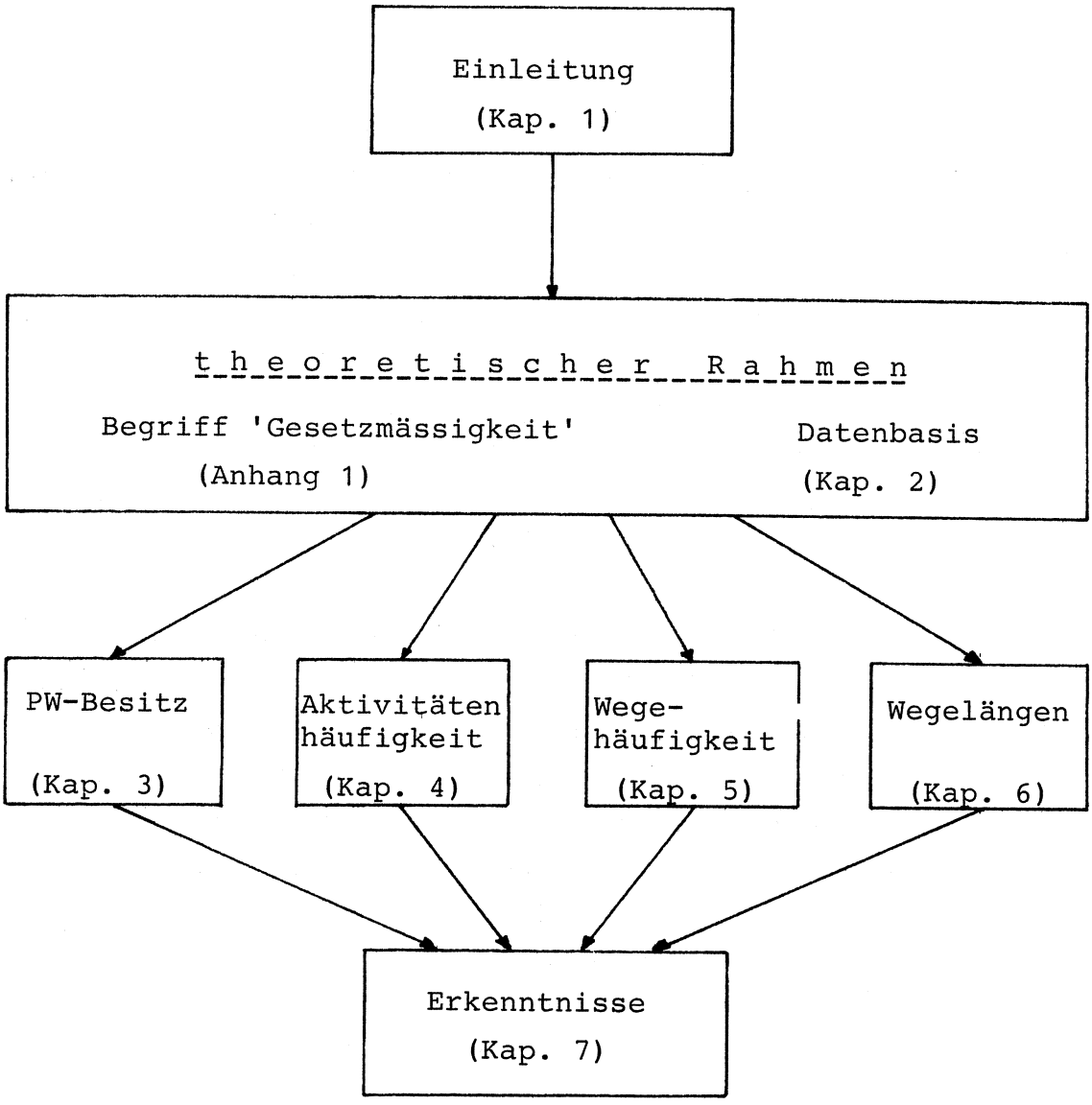
Im Kapitel 7 wird die Eignung der verwendeten Datenbasis (Mikrozensus sowie die gewählte Untersuchungskonzeption, beurteilt. Sodann werden die Ergebnisse der Arbeit den im Forschungsprogramm 'Mobilität' formulierten Hypothesen gegenübergestellt und schliesslich einige Ueberlegungen zu den Möglichkeiten und Grenzen der Mobilitätsbeeinflussung angestellt.

---

1) 'Mikrozensus 1984' Repräsentative Haushalterhebung über das Verkehrsverhalten der Schweizer Bevölkerung, Stab für Gesamtverkehrsfragen im EVED

Im Kapitel 8 schliesslich wird die Stossrichtung der weiteren Forschungsarbeiten aufgezeigt sowie eine Reihe konkreter Vorschläge formuliert.

Abb. 1.1 Aufbau und Inhalt (Uebersicht)



2. DATENBASIS UND UNTERSUCHUNGSMETHODIK

2.1 Die Repräsentative Haushaltsbefragung "Verkehr und Umwelt"

Um dem wachsenden Informationsbedarf zu gesellschaftlich relevanten Problemkreisen gerecht zu werden, hat das Bundesamt für Statistik ein neues Erhebungsinstrument, die sogenannten "Repräsentativen Haushaltserhebungen" (RHE) entwickelt. Die Repräsentativen Haushaltserhebungen sind als Mehrzweckerhebungen konzipiert, bei denen stichprobenartig ausgewählte Haushalte und Personen befragt werden.

Die erste RHE wurde im Zeitraum Mai/Juni 1984 mit dem thematischen Schwerpunkt "Verkehr und Umwelt" durchgeführt. Hierbei waren das Bundesamt für Statistik und der Stab für Gesamtverkehrsfragen gemeinsam für Planung und Durchführung verantwortlich. Bei der Erhebung handelt es sich um eine kombinierte schriftliche und mündliche Befragung, wobei der schriftliche Befragungsteil methodisch weitgehend an die deutsche Verkehrserhebung KONTIV 82 angelehnt ist. Eine ausführlichere Beschreibung der RHE "Verkehr und Umwelt" wird im GVF-Bericht 2/86 gegeben (EVED, 1986).

Bei der schriftlichen Befragung wurden im Rahmen eines zweistufigen geschichteten Zufallsauswahlverfahren knapp 6000 Haushalte in der ganzen Schweiz ausgewählt. Jeder ausgewählte Haushalt sollte Angaben zu einigen Merkmalen des Haushalts (Grösse und Zusammensetzung, Fahrzeugbesitz usw.) machen und es sollten für jede Person ab 10 Jahren Merkmale wie Alter, Geschlecht und Fahrausweisbesitz angegeben werden. Wesentlich war nun folgendes: Jedem Haushalt wurde ein bestimmter Stichtag als "Berichtstag" zugeordnet und jede Person ab 10 Jahren sollte ein Protokoll über alle an diesem Tag ausserhalb der eigenen Wohnung bzw. ausserhalb von Haus und Garten durchgeführten Wege erstellen. Gefragt wurde unter anderem nach dem Zweck des Weges, dem benützten Verkehrsmittel, der Wegelänge und ähnlichen Merkmalen.

Von 3513 antwortenden Haushalten wurden verwertbare Angaben zum Verkehrsverhalten gemacht. Die Rohdaten wurden in einem aufwendigen Verfahren vom Bundesamt für Statistik aufbereitet, d.h. überprüft, ergänzt und plausibilisiert. Daneben war es notwendig, den Haushalten bzw. den Personen bzw. den Wegen Gewichtungsfaktoren zuzuordnen. Diese Gewichtung ist aus zwei Gründen erforderlich. Zum einen muss den unterschiedlichen Auswahlwahrscheinlichkeiten der Haushalte Rechung getragen werden und zum anderen müssen Antwortausfälle durch nachträgliche Schichtung (Anpassung von Stichprobenverteilungen soziodemographischer Merkmale an die entsprechenden Grundgesamtheitsverteilungen) berücksichtigt werden.

Das Bundesamt für Statistik erstellte eine (mit Gewichtungsfaktoren versehene) SPSS^X-Datei mit den Ergebnissen der RHE "Verkehr und Umwelt". Diese Datei bildet die Datenbasis der vorliegenden Untersuchung. Bei der Formulierung der Details der Untersuchungsmethodik (vgl. Abschnitt 2.2), zeigte es sich, dass die RHE-Datei in der uns übergebenen Form nicht vollständig ausreichend war.

Die Datei wurde deshalb grundlegend umgestaltet und um eine grosse Zahl von Variablen erweitert. Dies sind zum einen Variable, die durch Transformation der in der Datei bereits enthaltenen Merkmale neu gebildet wurden (z.B. Gesamtzahl der Freizeitaktivitäten der Person am Stichtag), zum anderen wurden die Datensätze um exogene Informationen[1)] erweitert (z.B. Verkehrsgunst von Ausgangs- und Zielzone jedes Weges in der Stichprobe). Der Umfang der Datei wurde hierdurch etwa verdoppelt. Auswertungen sind jetzt möglich auf den Ebenen Haushalt, Person (bzw. "Personentag"), Aktivität und Weg (die Ebene "Aktivität" war in der ursprünglichen Form der Datei nicht enthalten). Auch die neue Datei liegt in Form eines SPSS^X-Files vor.

---

1) Die zusätzlichen Variablen stammen aus dem Gesamtschweizerischen Personenverkehrsmodell 1984. Die Verkehrsgunstwerte wurden modellmässig für rund 1200 Verkehrszonen neu berechnet. (Jenni + Gottardi, Feb. 1986)

2.2 Untersuchungskonzeption

Die vorliegende Untersuchung ist schwerpunktmässig darauf ausgerichtet, mit statistischen Methoden Gesetzmässigkeiten des Verkehrsverhaltens aufzudecken. Nun ist ein solches Untersuchungsziel nur dann zu erreichen, wenn das empirische Vorgehen von gewissen theoretischen oder zumindest theorieartigen Vorstellungen über Ursache-Wirkungsbeziehungen im Bereich der Verkehrsmobilität geleitet wird. Aus diesem Grund wird im folgenden kurz der gegenwärtige Stand der theoretischen Diskussion zum Komplex "Verkehrsmobilität" zusammenfassend und in elementarer Form referiert. Detaillierte Darstellungen findet man unter anderem in den folgenden Sammelbänden: HENSHER und DALVI (1978), HENSHER und STOPHER (1979) sowie STOPHER u.a. (1981).

Die individuelle Verkehrsmobilität resultiert aus dem Wunsch und/oder der Notwendigkeit zur Ausübung bestimmter Aktivitäten ausserhalb der eigenen Wohnung (Arbeit, Einkauf, Freizeit u.ä.). Welcher Art diese Aktivitäten sind, wie häufig sie ausgeübt werden, wo die Aktivitätsorte liegen und welche Zeit die Aktivitätenausübung in Anspruch nimmt, all dies beeinflusst das Verkehrsverhalten des Individuums. In diesem Sinne ist das tägliche Aktivitätenmuster ein zentraler Bestimmungsfaktor des täglichen Verkehrsverhaltensmusters einer Person. Da das Aktivitätenmuster eng mit soziodemographischen Merkmalen wie z.B. Haushaltsgröße und -struktur oder Alter, Geschlecht und Berufstätigkeit verknüpft ist, sind diese Deskriptoren der Lebensphase und sozialen Rolle von Personen bei der Beschreibung und Analyse der Verkehrsmobilität wichtige Erklärungsgrössen.

Neben Lebensphase und sozialer Rolle (Funktion des Individuums innerhalb des Haushalts und der Gesellschaft) sind Lebensstil, Werthaltungen und natürlich die finanziellen Ressourcen des Individuums bzw. des Haushalts von ausschlaggebender Bedeutung für das Aktivitätenmuster und damit das Verkehrsverhalten. Die RHE "Verkehr und Umwelt" bietet in diesem Zusammenhang einige Möglichkeiten der Auffindung und Prüfung von Hypothesen, da Merkmale wie Wohnverhältnisse,

Besitz einer Zweitwohnung, Zahl der Erwerbstätigen im Haushalt, Zahl und Hubraum der Automobile im Haushalt sowie Schulabschluss und Beschäftigungssituation der Haushaltsmitglieder erhoben worden sind.

Die Verkehrsmobilität muß auf jeden Fall auch differenziert nach den individuellen Mobilitätschancen, also nach der Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln, betrachtet werden, da von der Verkehrsmittelverfügbarkeit ein wesentlicher Einfluss auf die Verkehrsmittelbenützung und das räumliche Verhalten ganz allgemein ausgeht. Fahrausweis- und Automobilbesitz sind deshalb weitere wichtige Bestimmungsfaktoren. Merkmale des öffentlichen Verkehrsangebots wurden im Rahmen der RHE "Verkehr und Umwelt" nicht direkt erfasst, es wurde lediglich der Besitz von Bahn-, Bus- und anderen Abonnements erhoben. Durch Ergänzung der RHE-Daten um Merkmale, welche die auf den öffentlichen (und privaten) Verkehr bezogene "Verkehrsgunst" der Wohnzone des Individuums sowie der Quell- und Zielzone der Wege charakterisieren, konnte diesem Datenmangel in begrenztem Umfang abgeholfen werden.

Als weiterer individueller Faktor ist schliesslich noch die Subjektivität der Wahrnehmung objektiver Gegebenheiten (z.B. Entfernungen, Kosten u.ä.) durch das Individuum zu nennen. Die objektiv gegebenen Rahmenbedingungen sind für das Individuum nicht unmittelbar handlungsrelevant, es kommt hier also nicht nur auf die Wirklichkeit als solche sondern auch auf die Vorstellung des Individuums über die Wirklichkeit an. Hierzu gehört auch die subjektive Informiertheit des Individuums über bestimmte objektive Gegebenheiten (z.B. Zielorte für Einkaufsfahrten oder Vorhandensein und Qualität eines öffentlichen Verkehrsangebots). Die RHE-Daten lassen Tests von Hypothesen über die Bedeutung der Subjektivität der Wahrnehmung nicht zu; hierfür sind speziellere Techniken der Datengewinnung erforderlich.

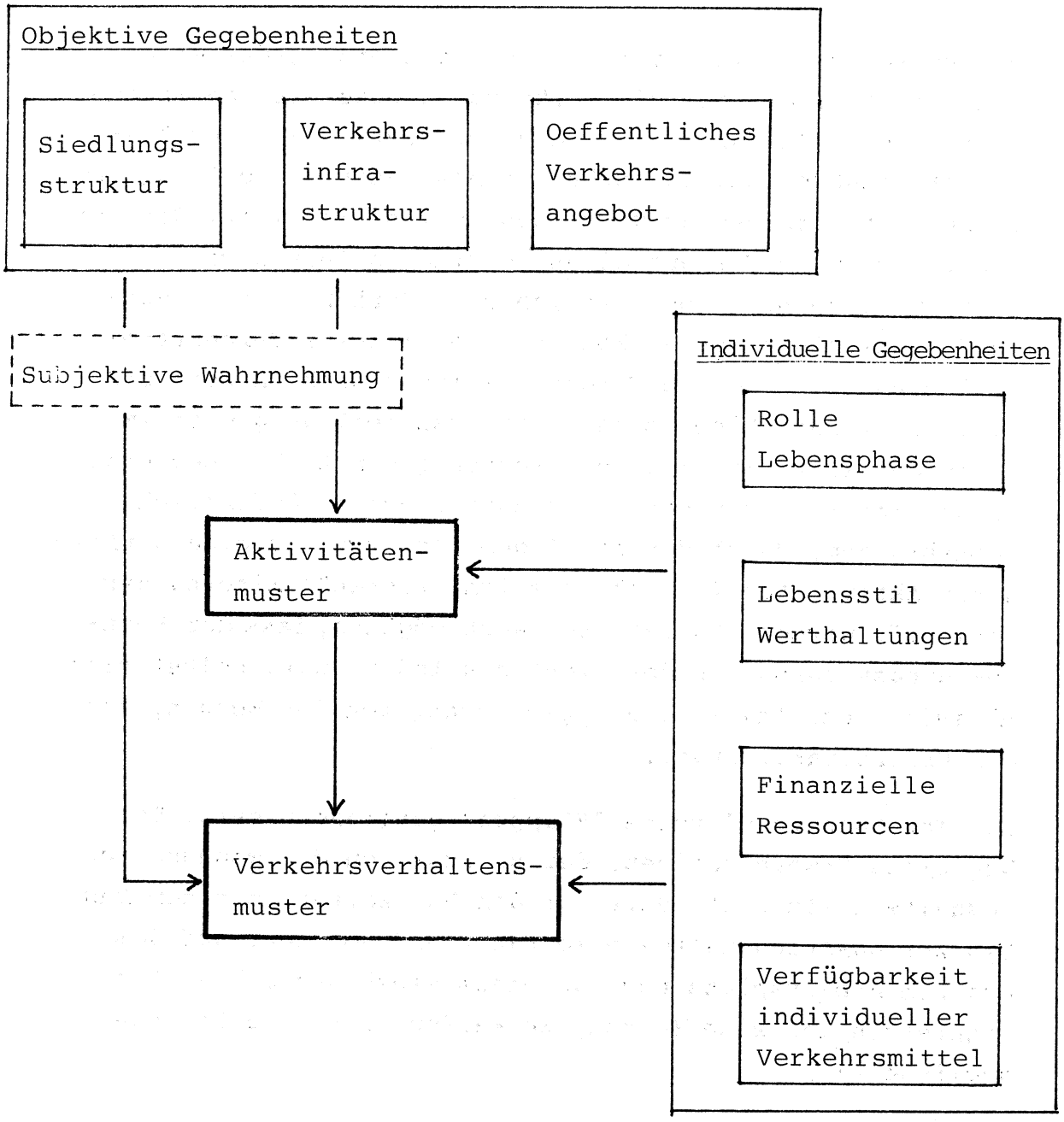
Unter den objektiven Gegebenheiten sind neben dem Verkehrsangebot vor allem die raumstrukturellen Bedingungen bedeutsam, da sie sowohl Anzahl und Art der vorhandenen Aktivitätsgelegenheiten als auch ihre räumliche Lage relativ zur

Wohnung des Individuums beeinflussen. Insofern muß die Verkehrsmobilität in Abhängigkeit von Siedlungsstrukturmerkmalen dargestellt werden. In diesem Zusammenhang werden die Gemeindegröße (Einwohnerzahl) des Wohnorts, der raumwirtschaftliche Regionstyp und die Sprachregion, zu welcher der Wohnort gehört, als Indikatoren verwendet.

Schliesslich hängt sowohl das Aktivitätenmuster als auch das daraus resultierende Verkehrsverhaltensmuster der Person sehr stark vom Wochentag und auch von der Jahreszeit ab. Zum einen ist diese Abhängigkeit direkter Art (z.B. jahreszeitlich-witterungsmässige Einflüsse) zum anderen rührt sie vom Zusammenhang zwischen dem Wochentag oder der Jahreszeit und verhaltensbeeinflussenden Merkmalen her (z.B. Zusammenhang zwischen Wochentag und Oeffnungszeiten von Einkaufsorten oder Zusammenhang zwischen Jahreszeit und Ferienregelung).

In graphischer Form können die verschiedenen Gruppen von Bestimmungsfaktoren des Verkehrsverhaltens wie in Abbildung 2.1 veranschaulicht werden. Der Untersuchungsansatz in der hier vorgestellten Form kann als Erweiterung von bereits bewährten Konzepten (vergl. HAUTZINGER und KESSEL, 1977, sowie HAUTZINGER, KESSEL und BAUR, 1982) betrachtet werden.

Abbildung 2.1: Bestimmungsfaktoren des Verkehrsverhaltens in schematischer Darstellung



Bisher war ganz allgemein von "Aktivitätenmuster" und "Verkehrsverhaltensmuster" die Rede. Im folgenden wird nun auf die Frage der Operationalisierung dieser Begriffe eingegangen. Eine solche Operationalisierung ist notwendige Voraussetzung für die Hypothesenprüfung mit statistischen Methoden.

Das Verkehrsverhalten von Personen hat eine ganze Reihe von Aspekten, die für die Verkehrswissenschaft von Bedeutung sind. Wenn man sich vergegenwärtigt, daß unter "Verkehrsteilnahme" der Aufenthalt eines Individuums im öffentlichen Verkehrsraum zu verstehen ist, so ist klar, daß bei einer Person im Verlauf eines bestimmten Zeitraums (z.B. Tag) keine, eine oder mehrere "Verkehrsbeteiligungen" registriert werden können. Die einzelne Verkehrsbeteiligung ist also ein Vorgang, welcher sich in Zeit und Raum vollzieht. Eine solche Verkehrsbeteiligung wird im folgenden kurz ein "Weg" der Person genannt. Ein Weg einer Person ist also ein Fortbewegungsvorgang im öffentlichen Verkehrsraum, durch den im allgemeinen zwei aufeinanderfolgende Aktivitäten (einschliesslich "Wohnen") miteinander verknüpft werden. Es ist aber auch möglich, dass der Fortbewegungsvorgang aus der Sicht des Individuums selbst eine Aktivität darstellt (z.B. Spaziergang von der Wohnung aus als Freizeitaktivität).

Ein Weg kann in einzelne "Etappen" gegliedert sein. Der Weg eines Erwerbstätigen, der zu Fuss von der Wohnung zur Bushaltestelle geht, dort auf den Bus wartet, mit dem Bus bis zur Ausstiegshaltestelle fährt und von dort auf dem Weg zum Arbeitsplatz noch an einem Kiosk stehenbleibt um Zigaretten und eine Zeitung zu kaufen, ist in 6 Etappen gegliedert:

Etappen-Nr.	Typ der Etappe
1	Fortbewegungsetappe (zu Fuss)
2	Warteetappe (Haltestelle)
3	Fortbewegungsetappe (Bus)
4	Fortbewegungsetappe (zu Fuss)
5	Subaktivität (Kiosk)
6	Fortbewegungsetappe (zu Fuss)

Eine neue Etappe beginnt also jedesmal, wenn das Verkehrsmittel (genauer: die Fortbewegungsart) gewechselt wird, wenn im Rahmen des Weges eine Subaktivität durchgeführt wird bzw. wenn die Person im Rahmen des Weges wartet. Etappen dienen also der Raumüberwindung, der Ausübung von Aktivitäten mit untergeordneter Bedeutung oder der Zeitüberbrükkung im Rahmen eines Wegs.

Bei allgemeinen Haushaltsbefragungen vom Typ der RHE "Verkehr und Umwelt" ist es nicht möglich, neben dem Weg als solchem auch noch die Etappengliederung des Weges zu erfassen. Trotzdem erscheint es wichtig, hierauf hinzuweisen, da nur so verständlich wird, weshalb die "Verkehrsmittelbenützung" ein Merkmal mit Mehrfachnennungen ist. Ebenso wird klar, dass unter den "zu Fuss" zurückgelegten Wegen nur die "reinen" oder "eigenständigen" Fusswege zu verstehen sind. Die "Zu-Fuss-Etappen" von Wegen, die mit individuellen oder öffentlichen Verkehrsmitteln durchgeführt werden, werden von den Befragten in der Regel nicht angegeben. Näheres hierzu findet man bei HAUTZINGER, TASSAUX u.a. (1987).

Je nachdem, ob die einzelne Aktivität bzw. der einzelne Weg oder das gesamte tägliche Aktivitäten- bzw. Verkehrsverhaltensmuster der Person im Vordergrund des Interesses steht, ist die Aktivität bzw. der Weg bzw. der "Personentag" die adäquate Analyseeinheit. Zum Begriff "Personentag" sei noch folgendes angemerkt: Hätte man die Möglichkeit, das Verkehrsverhalten von N Personen über ein ganzes Jahr

hinweg zu erfassen, so lägen für die betreffenden Personen Verhaltensangaben zu jeweils 365 Tagen vor; insgesamt hätte man Angaben zu 365·N "Personentagen". Tatsächlich wurde in der RHE "Verkehr und Umwelt" bei den befragten Personen das Verkehrsverhalten nur an einem Tag des Erhebungszeitraums erfasst, sodass hier in der Stichprobe die Zahl der Personen mit der Zahl der Personentage übereinstimmt.

Als Deskriptoren des Verkehrsverhaltens werden auf der Ebene der Personentage folgende Merkmale verwendet:

- Verkehrsteilnahme (ja/nein) und gegebenenfalls Grund der Nichtteilnahme
- Zahl der Aktivitäten bzw. Wege
- Zahl der Aktivitäten bestimmten Typs bzw. der Wege bestimmten Zwecks
- Zahl der Wege mit bestimmten Verkehrsmitteln
- Gesamtdauer der Aktivitäten bestimmten Typs (in min)
- Gesamtdauer der Wege mit bestimmtem Zweck bzw. Verkehrsmittel (in min)
- Gesamtlänge der Wege mit bestimmtem Zweck bzw. Verkehrsmittel (in km)
- Beginn des ersten Wegs in der Wohnung (ja/nein) bzw. Ende des letzten Wegs in der Wohnung (ja/nein).

Mit Hilfe dieser Merkmale wird also das Verkehrsverhalten von Personen an ihrem "Berichtstag" insgesamt beschrieben.

Auf der Ebene der Aktivitäten sowie der Wege spielen eine ganze Reihe von Merkmalen eine Rolle. Diese Merkmale beleuchten unterschiedliche Aspekte der Verkehrsmobilität:

- Funktionale Aspekte der Verkehrsmobilität
  - (a) Aktivitätstyp
  - (b) Wegzweck
  - (c) Typ der Aktivität am Ausgangs- und Zielort des Wegs

(d) Stellung des Wegs (lfd. Nr.) innerhalb des gesamten Wegemusters der Person

(e) Stellung der Aktivität (lfd. Nr.) innerhalb des gesamten Aktivitätenmusters der Person

- Modale Aspekte der Verkehrsmobilität

  (a) Hauptverkehrsmittel des Wegs

  (b) Verkehrsmittel/Verkehrsmittelkombination

  (c) Benutztes Verkehrsmittel auf dem Hinweg zur Aktivität bzw. dem Rückweg von der Aktivität

- Räumliche Aspekte der Verkehrsmobilität

  (a) Zone der Aktivitätsausübung

  (b) Quell- und Zielzone des Wegs

  (c) Wegelänge (in km)

  (d) Länge des Hin- bzw. Rückwegs zur bzw. von der Aktivität (in km)

- Zeitliche Aspekte der Verkehrsmobilität

  (a) Uhrzeit Beginn und Ende der Aktivität bzw. des Wegs (Stunde und Minute)

  (b) Dauer der Aktivität bzw. des Wegs (in min)

  (c) Dauer des Hin- bzw. Rückwegs zur bzw. von der Aktivität (in min)

In ihrer Gesamtheit erlauben die einzelnen Aktivitäten- und Wegemerkmale eine umfassende quantitative Charakterisierung des Verkehrsverhaltens von Personen.

Im Rahmen dieser Studie konnten die verschiedenen Aspekte der Verkehrsmobilität natürlich nicht in umfassender Weise analysiert werden. Eine solche vertiefte Nutzung der nunmehr in Form einer Haushalts-, Personen-, Aktivitäten- und Wegedatei vorliegenden Ergebnisse der RHE "Verkehr und Umwelt" muss nachfolgenden Forschungsarbeiten vorbehalten bleiben.

Die nachfolgenden Abschnitte 3 bis 6 enthalten die Ergebnisse der empirischen Untersuchungen zum Verkehrsverhalten. Diese Untersuchungen beziehen sich auf die im Rahmen der 'Erarbeitung eines Forschungsprogramms Mobilität' (IVT-ETHZ, 1986) dargestellten Verhaltenshypothesen. Dabei werden die folgenden Themenkreise angesprochen:

- Automobilbesitz von Haushalten
- Verkehrsverhalten, Lebensphase und soziale Rolle
- Verkehrsverhalten und Siedlungsstruktur
- Zwangs- und Gelegenheitsmobilität
- Aktivitäten- und Wegemuster
- Mobilitätschancen, Aktionsraum und Zeitaufwand für Wege
- Verkehrsmittelverfügbarkeit und Verkehrsmittelnutzung

Je nach Problemstellung und Skalenniveau der verwendeten Merkmale kommen unterschiedliche statistische Analysetechniken zur Anwendung. Neben elementaren statistischen Testverfahren sind dies unter anderem

- Varianzanalyse (Einweg- und Mehrweganalyse)
- multivariate Varianzanalyse sowie Diskriminanzanalyse
- multiple Regressionsanalyse
- loglineare Modelle für Kontingenztafeln
- Methoden der statistischen Ereignisanalyse

Während im Forschungsbericht selbst das Schwergewicht auf der Darstellung von Untersuchungsansatz und Untersuchungsergebnis liegt, findet man Details zur statistischen Methodik im Anhang.

3. AUTOBESITZ

3.1 Haushaltsstruktur und Automobilbesitz

Der Automobilbesitz ist als zentraler Bestimmungsfaktor der Mobilitätschancen von Personen und Haushalten anzusehen. Insofern ist es naheliegend zu untersuchen, wie sich der Automobilbesitz zwischen verschiedenen Gruppen von Haushalten unterscheidet. Die empirische Analyse muss dabei selbstverständlich von einer theoretischen Vorstellung über die Bestimmungsfaktoren des Automobilbesitzes geleitet werden. Als Ausgangspunkt eignen sich hier die Hypothesen, dass der Automobilbesitz von Haushalten

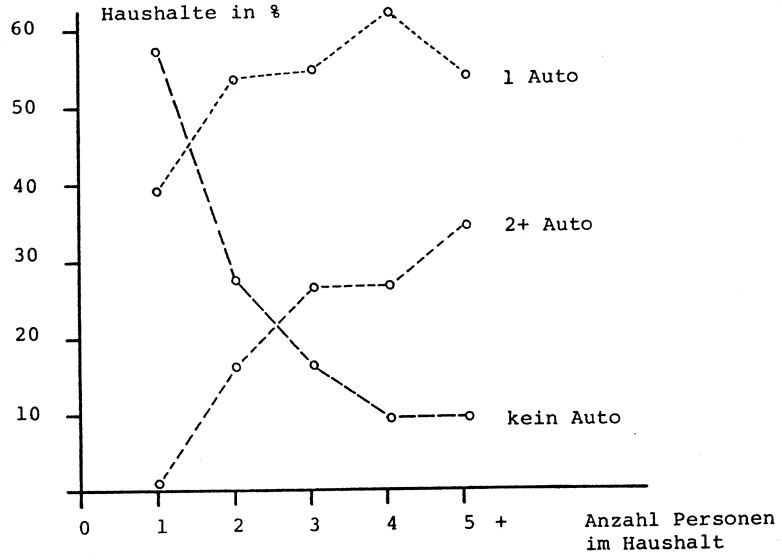
- an bestimmte Vorbedingungen (Fahrausweisbesitz der Haushaltsmitglieder) geknüpft ist,
- von den finanziellen Möglichkeiten des Haushalts abhängt,
- durch die Mobilitätswünsche und -notwendigkeiten der Haushaltsmitglieder geprägt wird und schliesslich auch
- von der Qualität des öffentlichen Verkehrsangebots beeinflusst wird.

Im folgenden wird ein Teil dieser Hypothesen empirisch überprüft.

Ausmass und Dringlichkeit der Mobilitätsnachfrage eines Haushalts wird vor allem durch die Haushaltsgrösse und die Stellung der Haushaltsmitglieder im Lebenszyklus bestimmt. Man kann deshalb erwarten, dass diese Faktoren den Automobilbesitz beeinflussen, da die Verfügbarkeit individueller Verkehrsmittel als wesentliche Voraussetzung zur Realisierung der Mobilitätsnachfrage anzusehen ist.

Tatsächlich zeigt auch ein Blick auf Abbildung 3.1, dass der Anteil der Haushalte ohne PW mit wachsender Haushaltsgrösse stark abnimmt. Der Anteil der Haushalte mit genau einem PW steigt zunächst an und sinkt dann aber wieder ab, wäh-

Abb. 3.1 Automobilbesitz von Haushalten in Abhängigkeit von der Haushaltgrösse



rend der Anteil der Haushalte mit zwei oder mehr PW kontinuierlich mit der Haushaltsgrösse wächst. Wie ist dieses Phänomen nun zu erklären?

Wir können annehmen, dass der Besitz einer bestimmten Anzahl x von Automobilen $(x=0,1,2...,M)$ für einen Haushalt einen gewissen "Nutzen" $u(x)$ darstellt. Dieser Nutzen $u(x)$ des Besitzes von x Automobilen ist aber nicht für alle Haushalte derselbe, sondern hängt von der Haushaltsgrösse n $(n=1,2,...)$ und natürlich auch noch von weiteren Faktoren ab. Es sei nun $u(x|n)$ der Nutzen, den die Haushalte mit n Personen dem Besitz von x Automobilen im Durchschnitt beimessen. Geht man von einem Zufallsmodell des Nutzens[1] ("random utility model") aus, so gilt für die Wahrscheinlichkeit $p(x|n)$, dass ein zufällig herausgegriffener n-Personen-Haushalt genau x Automobile besitzt

---

1) vergl. McFADDEN (1974) und RAPOPORT (1980)

$$(3.1) \qquad p(x|n) = \frac{\exp[u(x|n)]}{\sum_{k=0}^{M} \exp[u(k|n)]} \qquad (x=0,1,2,\ldots,M)$$

In diesem multinomialen Logitmodell des Automobilbesitzes kann bei gegebener Haushaltsgrösse n der Nutzen $u(x|n)$ nicht absolut sondern nur relativ zu einer "Basisalternative" angegeben werden. Wir betrachten hier $x=0$ (Haushalt besitzt kein Automobil) als Basisalternative und setzen deshalb für $x=0$ den Nutzen gleich Null, d.h.

$$u(0|n) = 0 \qquad \text{für alle } n=1,2,\ldots$$

Für $x \geq 1$ unterstellen wir, dass der Nutzen $u(x|n)$ eine lineare Funktion der Haushaltsgrösse n ist:

$$u(x|n) = \alpha_x + \beta_x n \qquad (x=1,2,\ldots)$$

Wenn man nun die Parameter α_x und β_x der Nutzenfunktion $u(x|n)$ zahlenmässig bestimmt (Maximum-Likelihood-Schätzung), so werden Aussagen über den relativen Nutzen des Besitzes von x Automobilen - verglichen mit dem Nicht-Besitz - möglich und zwar in Abhängigkeit von der Haushaltsgrösse n. Abbildung 3.2 zeigt den Verlauf der (relativen) Nutzenfunktionen

$u(1|n)$ Nutzen des Besitzes von einem Automobil

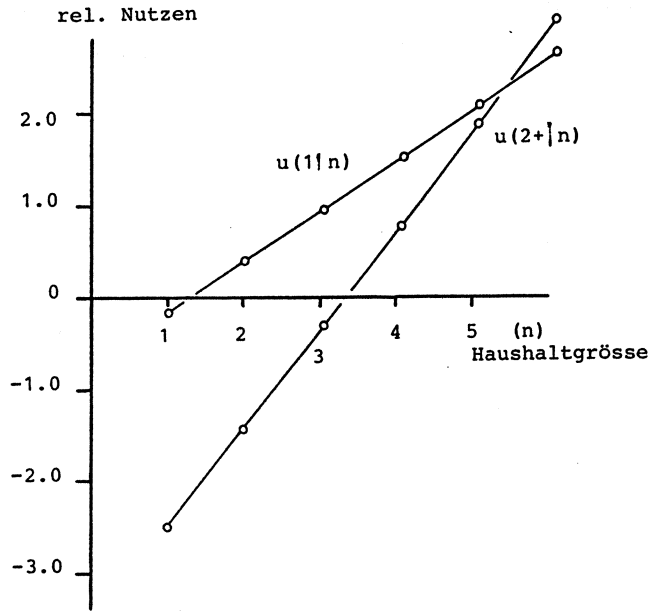
und

$u(2+|n)$ Nutzen des Besitzes von zwei oder mehr Automobilen.

Die Graphik kann wie folgt interpretiert werden:

1. Verglichen mit der Alternative "Kein Automobil" wächst der Nutzen $u(1|n)$ des Besitzes von genau einem Automobil ($x=1$) mit der Haushaltsgrösse. Allerdings ist bei den 1-Personen-Haushalten der Nutzen $u(1|n)$ noch negativ, d.h. im Durchschnitt messen diese Haushalte dem

Abb. 3.2: Nutzenfunktionen



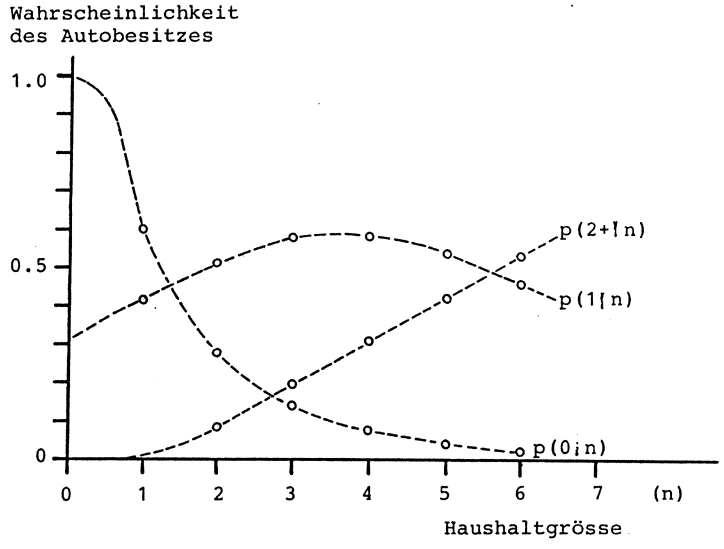
Nicht-Besitz eines Automobils einen höheren "Nutzen" bei als dem Besitz. Dies hängt unter anderem damit zusammen, dass allein lebende Personen zu einem hohen Prozentsatz schon älter sind und häufig keine PW-Fahrerlaubnis besitzen; unter jüngeren Personen, die allein leben, findet man immer häufiger - besonders in grösseren Städten - aus Umweltschutzmotiven einen bewussten Verzicht auf den Besitz eines Automobils. Je grösser aber der Haushalt ist, desto mehr wird der Besitz eines Automobils dem Nicht-Besitz vorgezogen.

2. Der Nutzen des Besitzes von 2 oder mehr Automobilen ist - relativ zum Nicht-Besitz - zunächst stark negativ, wofür es vor allem bei den 1-Personen-Haushalten naheliegende Erklärungen gibt. Bis zu einer Haushaltsgrösse von n=5 Personen gilt $u(2+|n) < u(1|n)$ und erst ab n=6

ist $u(2+|n) > u(1|n)$. Dies bedeutet, dass der Nutzen des Mehrfachbesitzes von Automobilen den Nutzen des Besitzes von genau einem Automobil erst bei den grossen Haushalten ($n \geq 6$) übersteigt. Die Ursache hierfür liegt einmal im höheren Mobilitätsbedarf grosser Haushalte und zum anderen darin, dass mit der Haushaltsgrösse auch das Haushaltseinkommen (mehrere Erwerbstätige im Haushalt) steigt.

Setzt man die Nutzenwerte $u(x\ n)$ gemäss Abbildung 3.2 in Formel (3.1) ein, so ergeben sich die in Abbildung 3.3 dargestellten Funktionen, welche die Wahrscheinlichkeit des Besitzes von 0 bzw. 1 bzw. 2 oder mehr Automobilen in Abhängigkeit von der Haushaltgrösse zeigen. Diese Funktionen $p(x\ n)$ in Abbildung 3.3 können als theoretische Modelle der empirischen Kurven von Abbildung 3.1 angesehen werden.

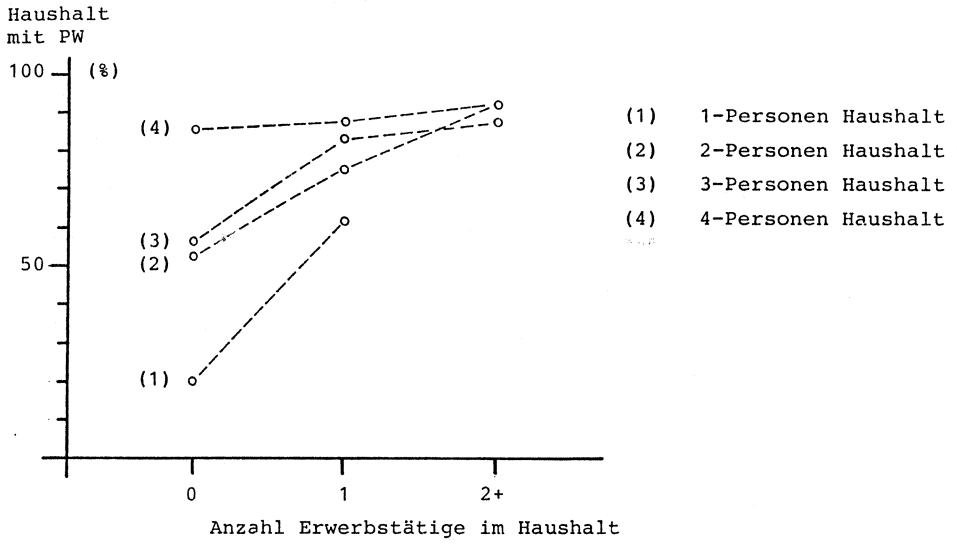
Abbildung 3.3: Multinominales Logit-Modell für den Automobilbesitz von Haushalten

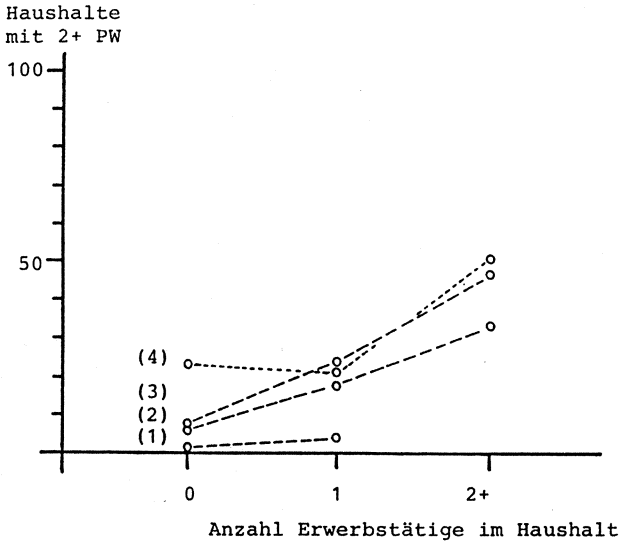


Legende: $p(1|n)$ = Wahrscheinlichkeit, dass ein Haushalt mit n Personen 1 Auto besitzt.

Neben der Haushaltsgrösse ist die Haushaltsstruktur (genauer: Lebensphase und Rolle der Haushaltsmitglieder) für den Automobilbesitz ausschlaggebend. Betrachtet man z.B. als Strukturindikator die Zahl der Erwerbstätigen im Haushalt, so stellt man gemäss Abbildung 3.4 fest, dass bei gegebener Haushaltsgrösse die Wahrscheinlichkeit für den Besitz eines Automobils mit der Zahl der Erwerbstätigen im Haushalt wächst. Dasselbe gilt für den Mehrfachbesitz von Automobilen. Diese Gesetzmässigkeit erklärt sich daraus, dass mit der Zahl der Erwerbstätigen im Haushalt einerseits das Haushaltseinkommen steigt und sich andererseits die Notwendigkeit des Automobilbesitzes verstärkt.

Abbildung 3.4: Anteil der Haushalte mit mindestens einem bzw. mindestens zwei Automobilen in Abhängigkeit von der Zahl der Erwerbstätigen im Haushalt sowie der Haushaltgrösse





3.2 Siedlungsstrukturelle Einflüsse

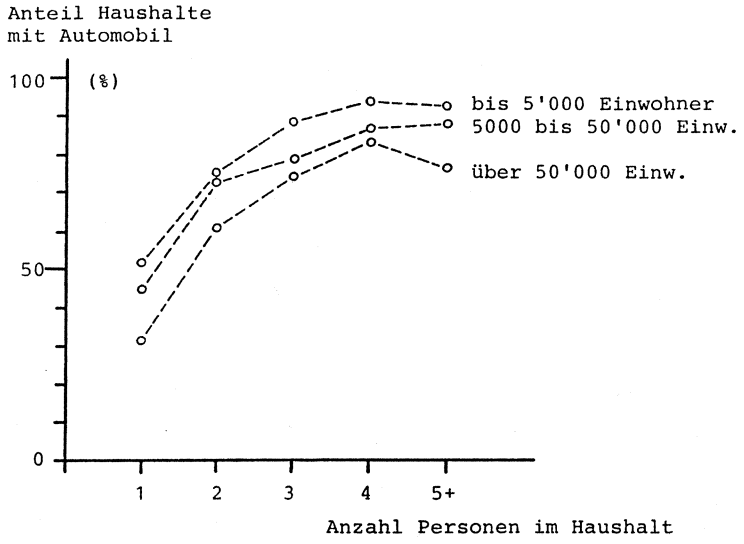
Die Siedlungsstruktur steht mit dem Automobilbesitz aus verschiedenen Gründen im Zusammenhang. Zum einen variiert die räumliche Verteilung der Gelegenheiten (Arbeits-, Einkaufs- und Freizeitstätten) beträchtlich mit dem Siedlungsstrukturtyp: Während in Verdichtungsräumen viele dieser Einrichtungen noch zu Fuss erreichbar sind, ist im ländlichen Raum aufgrund der grösseren Distanzen die Benutzung eines Verkehrsmittels erforderlich, wenn nicht ein übermässiger Zeitaufwand entstehen soll. Andererseits ist das öffentliche Verkehrsangebot in Verdichtungsräumen qualitativ und quantitativ besser als auf dem Land. Diese beiden Gegebenheiten führen dazu, dass in allen Haushaltsgrössenklassen der Motorisierungsgrad der Haushalte mit wachsender Gemeindegrösse abnimmt (Abbildung 3.5).

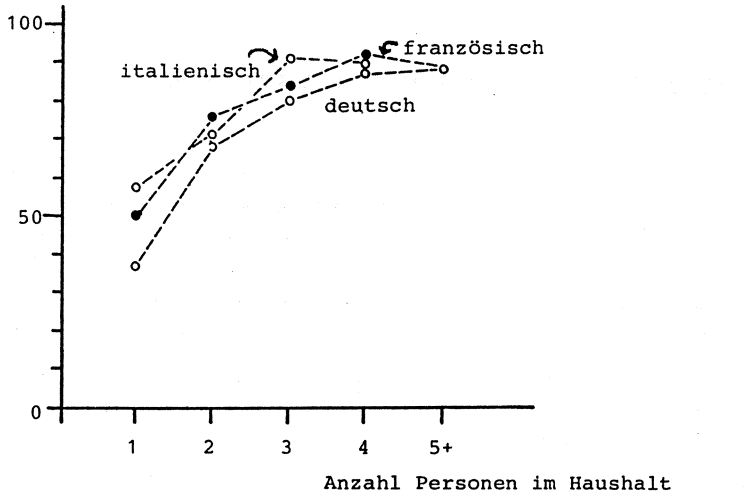
Betrachtet man - wieder bei gegebener Haushaltsgrösse - den Automobilbesitz in Abhängigkeit von der Sprachregion, so stellt man fest, dass im deutschen Sprachgebiet der Motorisierungsgrad der Haushalte unter dem der französischen und italienischen Sprachregion liegt (Abb. 3.5).

Die Stichprobenergebnisse deuten darauf hin, dass der Automobilbesitz sowohl von der Haushaltsgrösse als auch von der Gemeindegrösse abhängt. Hier treten nun mehrere Fragen auf:

1. Sind die genannten Zusammenhänge statistisch signifikant?
2. Hat die Haushaltsgrösse oder die Gemeindegrösse den stärkeren Einfluss auf den Automobilbesitz?
3. Welche Rolle spielt bei der Beantwortung von Frage 1 und 2 der Zusammenhang zwischen den beiden Faktoren Haushaltsgrösse und Gemeindegrösse?

Abbildung 3.5: Anteil Haushalte mit Automobil in Abhängigkeit von der Gemeindegrösse bzw. der Sprachregion





Als statistische Methode zur Klärung dieser Fragen bietet sich die Kontingenztabellenanalyse mittels loglinearer Modelle an (vgl. ARMINGER, 1986 und HAUTZINGER, 1986). Die im Anhang 2.1 dargestellte 3-dimensionale Kontingenztabelle A x H x G, wobei,

A: Anzahl PW im Haushalt (0,1,2+)

H: Anzahl Personen im Haushalt (1,2,3,4,5+)

G: Gemeindegrössenklasse (bis 5000 Einw., 5001-50000 Einw., über 50000 Einw.)

wurde mit Hilfe eines hierarchischen loglinearen Modells analysiert. Die im Anhang 2.2 zusammengefassten Testergebnisse zeigen, dass nur die drei Haupteffekte sowie die drei bivariaten Effekte statistisch signifikant sind. Letzteres bedeutet, dass nicht nur signifikante Wechselwirkungen zwischen dem Automobilbesitz und der Haushaltsgrösse sowie zwischen dem Automobilbesitz und der Gemeindegrösse bestehen, sondern dass es auch eine Abhängigkeit zwischen Haushaltsgrösse und Gemeindegrösse gibt. Das Abhängigkeitsmuster geht aus den nachfolgenden Übersichten über die Parameter des loglinearen Modells (nur bivariate Effekte) hervor:

Wechselwirkung "Automobilbesitz/Haushaltsgrösse"

Anzahl PW im Haushalt	Haushaltsgrösse				
	1	2	3	4	5+
0	1.47	0.19	-0.34	-0.73	-0.59
1	0.16	-0.12	-0.11	0.14	-0.07
2+	-1.63	-0.07	0.45	0.59	0.66

Wechselwirkung "Automobilbesitz/Gemeindegrösse"

Anzahl PW im Haushalt	Gemeindegrösse		
	bis 50000 Einwohner	5001-50000 Einwohner	über 50000 Einwohner
0	-0.37	0.01	0.36
1	0.05	0.03	-0.08
2+	0.32	-0.04	-0.28

Wechselwirkung "Haushaltsgrösse/Gemeindegrösse"

Anzahl Personen im Haushalt	Gemeindegrösse		
	bis 5000 Einwohner	5001-50000 Einwohner	über 50000 Einwohner
1	-0.26	-0.27	0.53
2	-0.10	-0.04	0.14
3	-0.06	0.03	0.03
4	-0.07	0.17	-0.10
5+	0.49	0.11	-0.60

Hat ein Parameter ein positives (negatives) Vorzeichen, so bedeutet dies, dass die betreffende Merkmalskombination häufiger (seltener) auftritt, als dies bei Unabhängigkeit der beiden Merkmale zu erwarten wäre. Verkehrswissenschaftlich interessant sind die Wechselwirkungen zwischen dem Automobilbesitz und der Haushaltsgrösse bzw. der Gemeindegrösse. Die dritte Wechselwirkung "Haushaltsgrösse/Gemeindegrösse" bringt demgegenüber nur zum Ausdruck, dass die Haushaltsgrösse mit der Gemeindegrösse abnimmt.

Vorzeichen und Betrag der Parameter lassen folgende Interpretation der Daten zu:

1. Zwischen Haushaltsgrösse und Automobilbesitz besteht ein statistisch signifikanter Zusammenhang derart, dass die Zahl der Automobile im Haushalt mit der Zahl der Haushaltsmitglieder wächst. Dieser Zusammenhang gilt unabhängig von der Grösse der Gemeinde, in welcher der Haushalt lebt.

2. Zwischen Gemeindegrösse und Automobilbesitz gibt es einen Zusammenhang in der Form, dass Haushalte ohne PW überproportional häufig in Städten über 50000 Einwohner aber nur relativ selten in Gemeinden bis 5000 Einwohner zu finden sind. Bei Haushalten mit zwei und mehr PW sind die Verhältnisse genau umgekehrt. Dieser Zusammenhang ist unabhängig von der Haushaltsgrösse.

Die im Anhang 2.2 dargestellten Tests der sogenannten "partiellen Assoziation" von Effekten zeigen klar, dass die Abhängigkeit zwischen Automobilbesitz und Haushaltsgrösse weitaus stärker ist als der Zusammenhang zwischen Gemeindegrösse und Automobilbesitz. Man erkennt dies im übrigen auch schon daran, dass die Wechselwirkungseffekte "Automobilbesitz/Haushaltsgrösse" einen wesentlich grösseren Schwankungsbereich haben als die Wechselwirkungseffekte "Automobilbesitz/Gemeindegrösse" (Bereich -1.63 bis +1.47 bzw. -0.37 bis +0.36).

4. AKTIVITAETENHAEUFIGKEIT

4.1 Lebensphase, Rolle und Aktivitätenhäufigkeit

Die Zahl der ausserhalb der eigenen Wohnung ausgeübten Aktivitäten bestimmt wesentlich die Zahl der Wege einer Person. Im folgenden wird gezeigt, dass die tägliche Aktivitätenhäufigkeit in charakteristischer Weise von der Lebensphase des Individuums und seiner Rolle in Familie und Gesellschaft abhängt.

Eine Analyse der Verteilung der täglichen Aktivitätenhäufigkeit liefert als Schätzwert für die mittlere Aktivitätenhäufigkeit (Durchschnitt über alle Personen und alle Tage des Untersuchungszeitraums) den Wert

$$\bar{x} = 1.94 \quad \text{Aktivitäten pro Person und Tag.}$$

Geht man davon aus, dass der Variationskoeffizient $v = s_{\bar{x}}/\bar{x}$ im vorliegenden Fall in der Grössenordnung von 0,015 liegt (vgl. HAUTZINGER, 1987), so erhält man als 95-Prozent-Konfidenzintervall für die mittlere Aktivitätenhäufigkeit μ das Intervall

$$1.88 \leq \mu \leq 2.00$$

Gemäss Abbildung 4.1 liegt der durchschnittliche Anteil "immobiler" Personen etwa 17 Prozent, was einer "Verkehrsbeteiligungsquote" von 83 Prozent entspricht. Die Aktivitätenhäufigkeit einer Person kann in guter Näherung als poissonverteilte Variable betrachtet werden. Näheres hierzu vgl. Anhang 3.1.

Wenn man die tägliche Aktivitätenhäufigkeit als poissonverteiltes Merkmal auffasst, so lässt sich empirisch leicht zeigen, dass die mittlere oder erwartete Aktivitätenhäufigkeit nicht für alle Personen dieselbe ist. Vielmehr hängt die mittlere Aktivitätenhäufigkeit (also die "Aktivitätenrate") von der Lebensphase und der Rolle des Individuums ab, wie

Abbildung 4.1 Stichprobenverteilung der täglichen Aktivitätenhäufigkeit

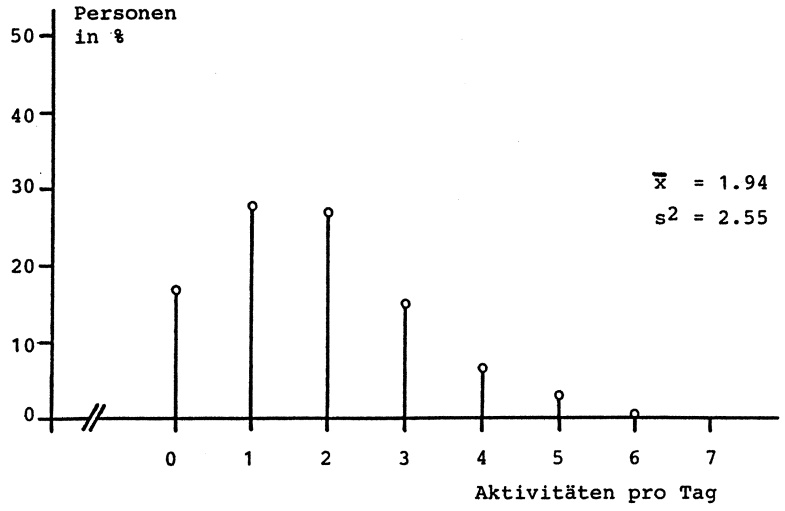


Tabelle 4.1 verdeutlicht. Man erkennt, dass die Aktivitätenrate in erster Linie davon abhängt, ob ein "Mobilitätszwang" (Arbeit, Ausbildung) vorliegt oder nicht.

Der Einfluss von Lebensphase und Rolle auf die Aktivitätenhäufigkeit kann als statistisch gesichert gelten ($p < 0.001$), wie man varianzanalytisch leicht nachweist. Obschon sich die Gruppenmittelwerte der Aktivitätenhäufigkeit signifikant voneinander unterscheiden, ist der Einfluss von Lebens-

Tabelle 4.1 Verkehrsbeteiligungsquote sowie Mittelwert und Standardabweichung der Aktivitätenhäufigkeit in Abhängigkeit von Lebensphase und Rolle

Lebensphase/ Rolle	Verkehrsteilnahme (%)	Aktivitäten pro Tag		Personen (gewichtet)
		Mittelwert	Standardabweichung	
Sch/Stud 10-13	89	1.83	1.03	471
Sch/Stud 14-17	90	2.04	1.17	401
Sch/Stud ab 18	83	1.95	1.44	270
Lehrling	87	2.15	1.58	293
Teil-Erwerbstätig	88	2.00	1.43	639
Voll-Erwerbstätig	89	2.31	1.82	2919
Hausarbeit	77	1.53	1.34	1280
Rentner	71	1.20	1.13	773
Übrige	57	1.33	1.50	118
Insgesamt	84	1.94	1.59	7165

Fehlende Werte: 252 (= 3.4 %)

phase und Rolle (in der hier gewählten Operationalisierung) doch nicht sehr stark. Der Anteil der "erklärten" Varianz liegt für die in Tabelle 4.1 dargestellten Daten nur bei rund 6 Prozent (vgl. Anhang 3.2).

Für die Gruppe der voll Erwerbstätigen, die eine mittlere Aktivitätenhäufigkeit von 2,31 (Aktivitäten/Tag) aufweist, wurde der Einfluss der Faktoren (1) Altersklasse, (2) Geschlecht und (3) Wochentagstyp auf die Aktivitätenhäufigkeit untersucht. Im Rahmen einer 3-Weg-Varianzanalyse (mit vorausgegangener logarithmischer Transformation der Aktivitätenhäufigkeit $x^* = \ln (x + 0,5)$ zur Varianzstabilisierung) zeigte sich, dass die (Haupt-) Faktoren

- Wochentagstyp
- Altersklasse
- Geschlecht

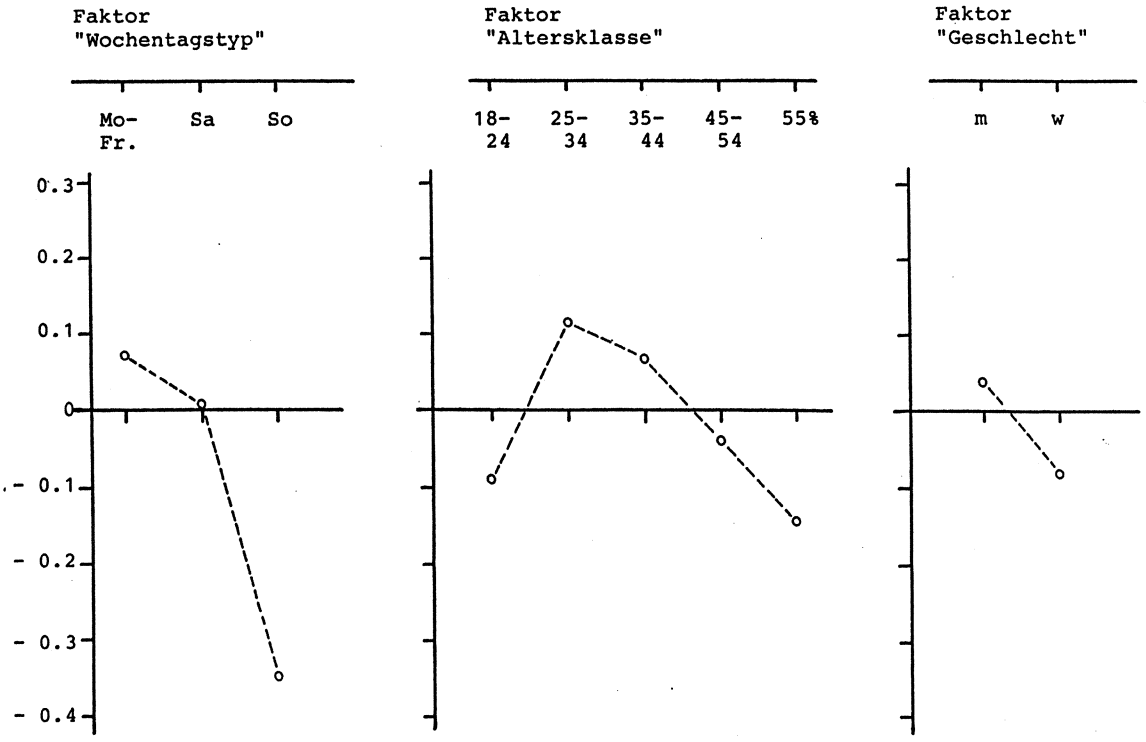
in dieser Reihenfolge als Bestimmungsgrössen der Aktivitätenhäufigkeit von Erwerbstätigen anzusehen sind. Vgl. Anhang 3.3

Das Muster des Zusammenhangs der Aktivitätenhäufigkeit mit den drei genannten Faktoren wurde mittels einer multiplen Klassifikationsanalyse näher untersucht (vgl. Anhang 3.3 Die Abweichungen zwischen den kategorienspezifischen Effekten jedes Merkmals und dem Gesamtmittelwert sind in Abbildung 4.2 dargestellt. Man erkennt, dass - bei Kontrolle des Einflusses der jeweils beiden übrigen Faktoren - die Aktivitätenhäufigkeit

- mit Wegfall des Mobilitätszwangs am Wochenende deutlich niedriger ist,
- in nichtlinearer Form vom Alter abhängt und
- bei Frauen tendenziell niedriger als bei Männern ist.

Diese Ergebnisse beziehen sich, wie gesagt, auf die Gruppe der voll erwerbstätigen Personen.

Abbildung 4.2 Muster der Abhängigkeit der Aktivitätenhäufigkeit von den Faktoren Wochentagstyp, Altersklasse und Geschlecht (Voll-Erwerbstätige)



4.2 Soziale Rolle und Aktivitätenmuster

Es gibt eine ganze Reihe von Möglichkeiten, den Begriff "Aktivitätenmuster" zu operationalisieren. Ein möglicher Ansatz ist folgender: Man unterscheidet verschiedene Aktivitätsarten (Arbeit, Einkauf usw.) und beschreibt das Aktivitätenmuster einer Person durch einen Variablenvektor

$$x = (x_1, x_2, \ldots, x_p)$$

wobei x_i die Zahl der Aktivitäten des Typs i am jeweiligen Stichtag bezeichnet. Der Einfluss der sozialen Rolle auf das Aktivitätenmuster kann dann im Rahmen einer multivariaten Varianzanalyse statistisch getestet werden. Die im folgenden verwendeten Techniken werden ausführlich beschrieben in HARTUNG und ELPELT (1986).

Im folgenden beschränken wir uns auf Werktage sowie auf erwachsene Personen und verwenden als Indikator für die soziale Rolle die "Beschäftigungssituation", wobei wir die vier Gruppen Teil-Erwerbstätige, Voll-Erwerbstätige, Hausfrauen/-männer und Rentner unterscheiden. Wir unterscheiden ferner $p = 5$ Aktivitätsarten: (1) Arbeit, (2) Geschäft, (3) Ausbildung, (4) Einkauf/Versorgung/Inanspruchnahme von Dienstleistungen sowie (5) Feizeit. Den Einfluss der sozialen Rolle auf das werktägliche Aktivitätenmuster kann man als statistisch gesichert betrachten, wenn die Hypothese, dass die gruppenspezifischen Vektoren der Variablenmittelwerte (die sogenannten "Gruppenzentroide") gleich sind, abgelehnt werden kann. In Tabelle 4.2 sind die vier empirischen Gruppenmittelwertsvektoren (Gruppenzentroide) angegeben.

Testet man zunächst den Einfluss der Beschäftigungssituation getrennt für jede der 5 Aktivitätsarten, so zeigen die univariaten F-Tests gemäss Tabelle 4.2, dass die grössten Gruppenunterschiede bezüglich der Häufigkeit von Arbeits- und

Tabelle 4.2 Gruppenmittelwerte der Häufigkeit bestimmter Aktivitätsarten sowie univariate F-Tests

Gruppe	Anzahl Personen	Mittlere tägliche Aktivitätenhäufigkeit				
		Arbeit	Gesch.	Ausb.	Einkauf	Freizeit
Teil-Erw.	457	0.74	0.19	0.08	0.61	0.46
Voll-Erw.	2015	1.29	0.46	0.03	0.25	0.40
Hausfrauen	900	0.03	0.06	0.03	0.87	0.47
Rentner	541	0.02	0.06	0.01	0.61	0.46
Insgesamt	3912	0.76	0.28	0.03	0.48	0.43
Univariater F-Test		901.34	63.58	10.02	181.88	3.11
3 u. 3908 FG; Sign.		*	*	*	*	0.026

* unter 0.001

Einkaufsaktivitäten bestehen. Die Freizeitaktivitätenhäufigkeit ist demgegenüber als weitgehend unabhängig von der sozialen Rolle anzusehen. In einem multivariaten Signifikanztest zeigt sich naturgemäss auch der Einfluss der sozialen Rolle auf das Aktivitätenmuster als Ganzes (Lambda-Prüfgrösse nach Wilks = 0.688; Signifikanz unter 0.001).

Um zu verdeutlichen, zwischen welchen der insgesamt vier Personengruppen die grössten Unterschiede hinsichtlich des gesamten Aktivitätenmusters bestehen, kann man für jedes Paar von Gruppen die sogenannte Mahalanobis-Distanz berechnen und einen paarweisen Gruppenvergleich durchführen. Entsprechend der Grösse der F-Werte in Tabelle 4.3 ist folgendes festzustellen:

Tabelle 4.3: Matrix der F-Werte für den Test der Signifikanz der Mahalanobis-Distanz für jedes Paar von Gruppenzentroiden

Gruppe	Gruppe		
	Teil-Erwerb.	Voll-Erwerb.	Hausfrauen
Voll-Erwerb.	70.99	-	-
Hausfrauen	70.87	489.83	-
Rentner	59.40	305.65	10.75

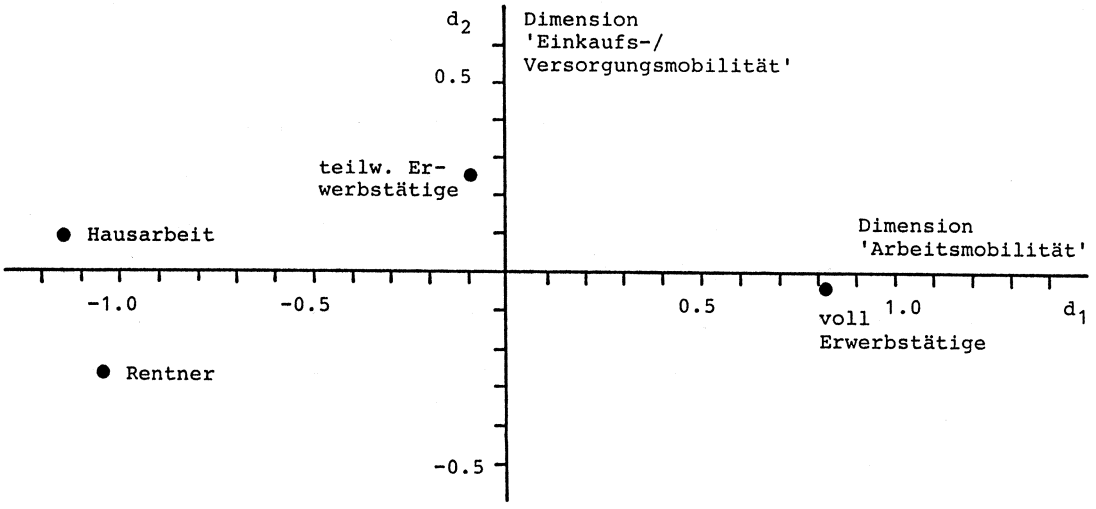
Anzahl Freiheitsgrade: 5 und 3904

- Am stärksten unterscheiden sich die Gruppen der voll Erwerbstätigen und der Hausfrauen/Hausmänner hinsichtlich ihres werktäglichen Aktivitätenmusters (F = 489.83).
- Ebenfalls sehr groß sind die Verhaltensunterschiede zwischen voll Erwerbstätigen und Rentnern (F = 305.65).
- Am ähnlichsten ist das Aktivitätenmuster von Hausfrauen/Hausmännern und Rentnern, wenngleich auch hier noch ein statistisch signifikanter Unterschied besteht (F = 10.75).

Qualitativ sind dies natürlich keine neuen Erkenntnisse. Die multivariate Varianzanalyse eröffnet aber - wie man sieht - die Möglichkeit einer äusserst einfachen Quantifizierung des komplexen Phänomens "Verhaltensunterschied" in Form der oben angegebenen F-Werte.

Nachdem die Stärke der Gruppenunterschiede ermittelt wurde, interessieren wir uns nun für diejenigen "Dimensionen" des Aktivitätenmusters, bezüglich derer sich die vier Personengruppen am stärksten unterscheiden. Wenn man im Rahmen einer Diskriminanzanalyse die 5 Aktivitätenhäufigkeitsvariablen auf 2 Diskriminanzfunktionen reduziert und die entsprechenden Gruppenzentroide berechnet, so erhält man die in Abbildung 4.3 dargestellten Ergebnisse.

Abbildung 4.3: Gruppenzentroide der vier Lebenszyklus-/Rollengruppen bezüglich der beiden ersten Diskriminanzfunktionen



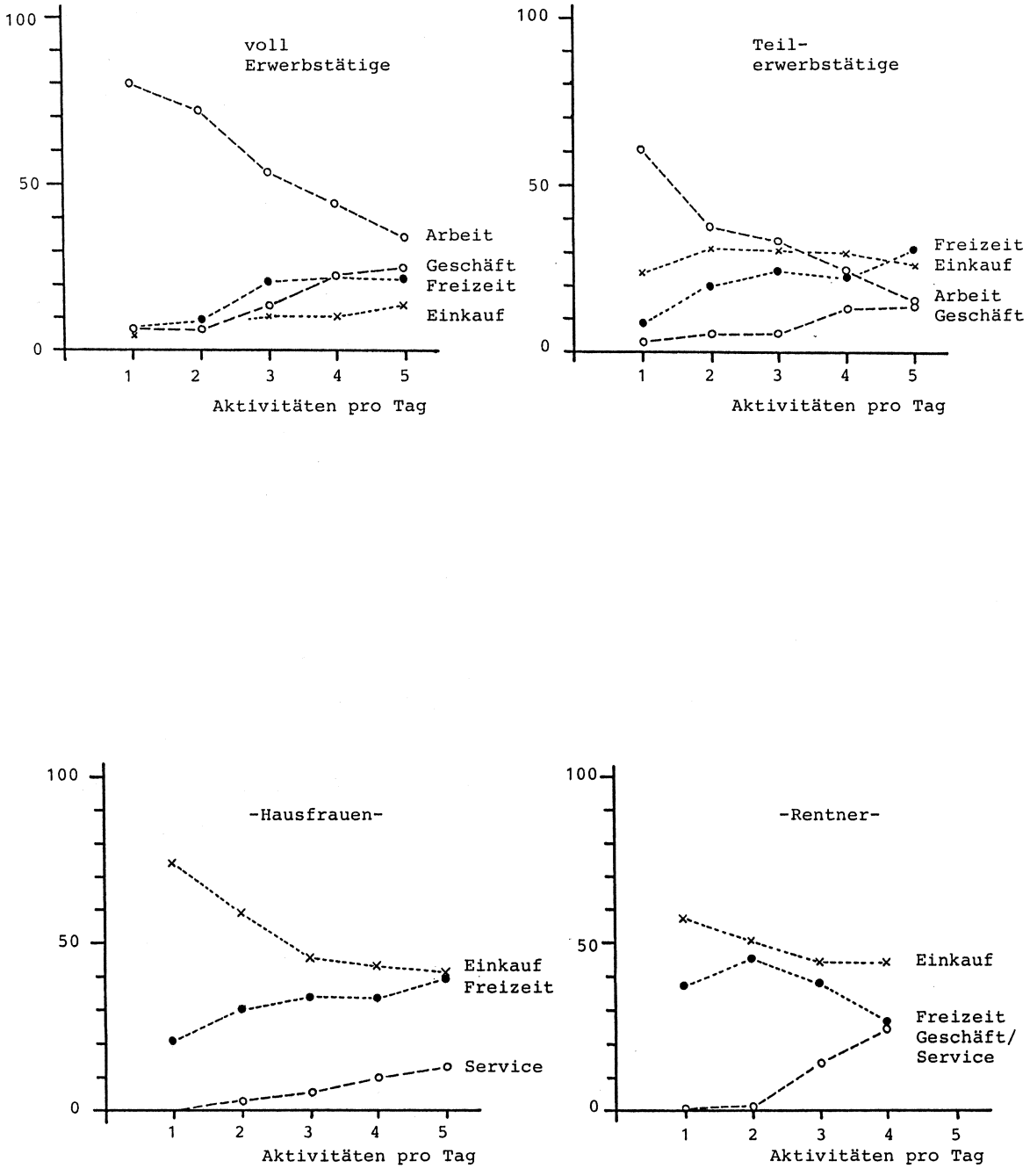
Die Abstände zwischen den Punkten (Gruppenzentroiden) in Abbildung 4.3 können wieder als Mass für den Verhaltensunterschied zwischen den betreffenden Gruppen gedeutet werden. Man sieht hier aber zusätzlich, dass die Gruppenunterschiede längs der d_1-Achse bedeutend grösser sind als längs der d_2-Achse. Unter Berücksichtigung der standardisierten Diskriminanzgewichte (vgl. Anhang 3.4) kann man die erste Diskriminanzfunktion als die theoretische Verhaltensdimension "Arbeitsmobilität" deuten und die zweite als "Einkaufs-/Versorgungsmobilität". Es bietet sich somit folgende Interpretation der Daten an: Die vier Gruppen unterscheiden sich im wesentlichen hinsichtlich der Verhaltensdimension "Arbeitsmobilität", der Aspekt "Einkaufs-/Versorgungsmobilität" ist demgegenüber als Unterscheidungsmerkmal zwischen den Gruppen von untergeordneter Bedeutung. Wie man in Abbildung 4.3 sieht, sind Hausfrauen/Hausmänner und Teilerwerbstätige bezüglich der Verhaltensdimension "Einkaufs-/Versorgungsmobilität" sehr ähnlich; bezüglich der Dimension "Arbeitsmobilität" liegen die Teilerwerbstätigen zwischen der Gruppe der voll Erwerbstätigen und den nicht erwerbstätigen Bevölkerungsgruppen (Hausfrauen, Rentner).

Der Einfluss von Lebensphase und sozialer Rolle auf das Aktivitätenmuster wird auch sichtbar, wenn man - getrennt für die vier Bevölkerungsgruppen - die Häufigkeiten der einzelnen Aktivitätsarten in Abhängigkeit von der Gesamtzahl der Aktivitäten der betreffenden Personen angibt. Die in Abbildung 4.4 sowie im Anhang 3.5 dargestellten Ergebnisse der statistischen Analyse lassen sich wie folgt interpretieren:

Voll Erwerbstätige

Bei voll erwerbstätigen Personen mit wenigen Aktivitäten dominiert die Aktivitätsart "Arbeit". Die relative Bedeutung dieser Aktivitätsart nimmt mit wachsender Gesamtzahl von Aktivitäten jedoch stark ab. Die zusätzlichen Aktivitäten von voll Erwerbstätigen sind vorzugsweise geschäftlich bedingt oder es handelt sich um Freizeitaktivitäten.

Abbildung 4.4: Relative Häufigkeiten der verschiedenen Aktivitätsarten in Abhängigkeit von der Gesamtaktivitätenzahl für vier Bevölkerungsgruppen



Teilerwerbstätige

Teilerwerbstätige, die nur einmal pro (Werk-)Tag ausser Haus gehen, tun dies hauptsächlich mit dem Zweck "Arbeit", seltener mit dem Zweck "Einkauf/Versorung". Zusätzliche Aktivitätennachfrage von Teilerwerbstätigen ist dann schwerpunktmässig auf Freizeitaktivitäten gerichtet. Die relative Bedeutung des Zwecks "Einkauf/Versorgung" bleibt mit wachsender Aktivitätenzahl konstant, diejenige der Arbeitsmobilität sinkt.

Hausfrauen

Bei Hausfrauen mit wenig Aktivitäten pro Tag steht der Zweck "Einkauf/Versorgung" im Vordergrund. Wenn Personen aus dieser Gruppe mehr Aktivitäten ausserhalb der Wohnung durchführen, so sind die zusätzlichen Aktivitäten vorzugsweise "Freizeit" oder "Service" (Bringen und Holen von Personen).

Rentner

Bei geringer Aktivitätenzahl sind die Aktivitätsarten Einkauf und Freizeit nahezu gleich häufig, andere Aktivitätsarten spielen kaum eine Rolle. Die relative Wichtigkeit dieser beiden Aktivitätsarten nimmt mit wachsender Aktivitätenzahl ab, geschäftliche und Serviceaktivitäten gewinnen zunehmend an Bedeutung.

Zusammenfassend kann man also feststellen:

1. Lebensphase und soziale Rolle des Individuums sind bestimmend für Zahl und Art der ausgeübten Aktivitäten.

2. Die verschiedenen Aktivitätsarten sind untereinander hierarchisch geordnet. Die Aktivitätenhierarchie hängt dabei stark von Lebensphase und Rolle ab.

3. Es lassen sich innerhalb der verschiedenen Lebenszyklus- und Rollengruppen jeweils primäre und sekundäre Aktivitätsarten identifizieren.

4. Die primären Aktivitätsarten sind hierbei diejenigen, für deren Durchführung ein hohes Mass an Notwendigkeit besteht und die mit grosser Regelmässigkeit auftreten. Die sekundären Aktivitätsarten treten zu den primären hinzu; sie werden aber nicht so regelmässig ausgeübt.

5. Mit wachsender Aktivitätenhäufigkeit sinkt die relative Bedeutung der primären Aktivitätsarten, diejenige der sekundären Aktivitätsarten steigt. Mischformen sind allerdings möglich (z.B. Aktivitätsart Einkauf/Versorgung bei Teilerwerbstätigen).

6. Die Hierarchie der Aktivitätsarten in den verschiedenen Gruppen geht aus folgender Übersicht hiervor:

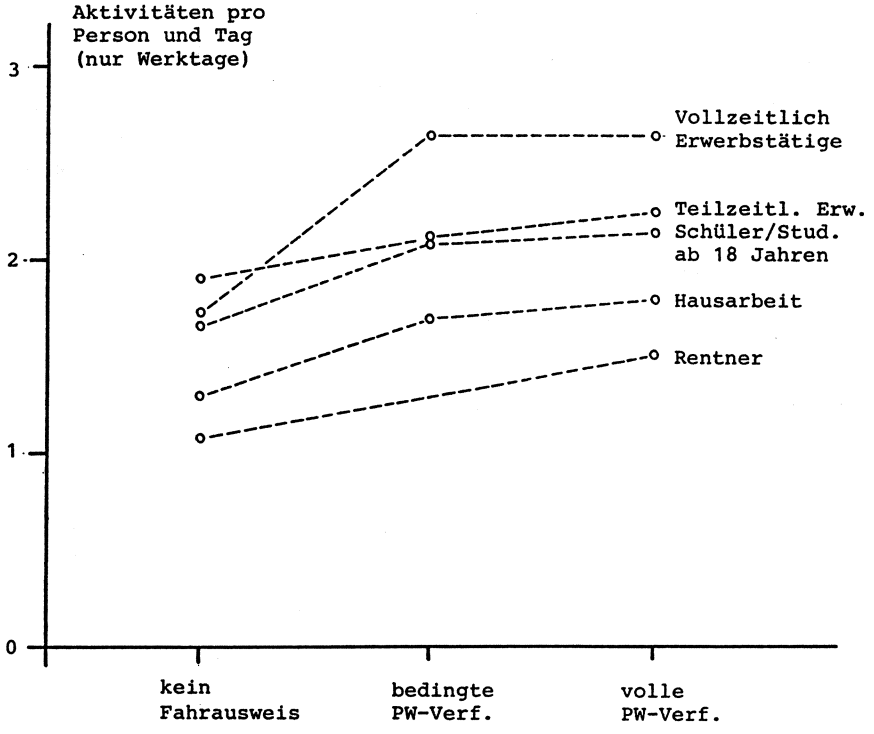
Gruppe	Primäre Aktivitätsarten	Sekundäre Aktivitätsarten
Voll Erwerbstät.	Arbeit	Geschäft Freizeit Einkauf
Teilerwerbstät.	Arbeit (Einkauf)	Freizeit Geschäft
Hausfrauen	Einkauf	Freizeit Service
Rentner	Einkauf Freizeit	Geschäft Service

4.3 PW-Verfügbarkeit und Aktivitätenhäufigkeit

Von grossem Interesse ist die Frage, ob die Aktivitätenhäufigkeit von Personen einer bestimmten Lebenszyklusgruppe von der Verfügbarkeit eines Autos abhängt. Die Vermutung liegt nahe, dass Personen, die über ein Auto verfügen, wegen der damit verbundenen Flexibilität mehr Aktivitäten durchführen als dies bei Personen ohne PW-Verfügbarkeit der Fall ist. Schlechte Mobilitätschancen - in Form fehlender PW-Verfügbarkeit - könnten unter diesen Umständen als ursächlich für "erzwungenen" Aktivitätenverzicht angesehen werden. Die festgestellte Differenz zwischen der mittleren Aktivitätenhäufigkeit von Personen mit und ohne PW-Verfügbarkeit wäre dann als "latente" Mobilitätsnachfrage zu interpretieren.

In Abbildung 4.5 ist getrennt nach Lebenszyklusgruppen die mittlere Aktivitätenhäufigkeit in Abhängigkeit vom Grad der PW-Verfügbarkeit dargestellt.

Abbildung 4.5: Mittlere Aktivitätenhäufigkeit in Abhängigkeit von der PW-Verfügbarkeit (Werktage)



Man sieht, dass tendenziell die Aktivitätenhäufigkeit von Personen mit bedingter oder voller PW-Verfügbarkeit[1] über der Aktivitätenhäufigkeit von Personen ohne PW-Verfügbarkeit liegt. Die Gruppenunterschiede sind allerdings meist nicht so gross, dass zweifelsfrei von statistischer Signifikanz gesprochen werden könnte. Nur bei vollzeitlich Erwerbstätigen ist die Signifikanz des Gruppenunterschieds als gesichert anzusehen:

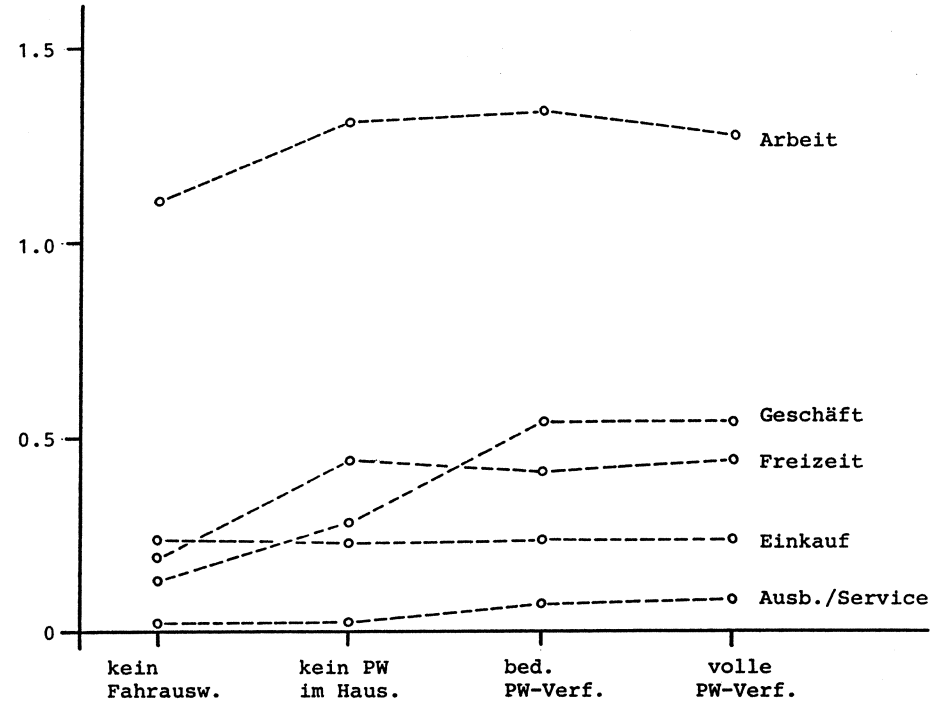
	Vollzeitlich erwerbstätige Personen			
	Kein Fahrausweis		Bedingte PW-Verfügbarkeit	
Anzahl Personen (n)	394		714	
Aktivitäten pro Werktag				
- Mittelwert (x)	1.73		2.69	
- Standardabw. (s)	1.14		2.00	
Konfidenzintervall zum Sicherheitsgrad 95%				
- einfache Zufallsauswahl	1.62	1.84	2.54	2.84
- mit Designfaktor 2.5	1.44	2.02	2.32	3.06

Bei vollzeitlich Erwerbstätigen stellt man also fest, dass Personen mit (bedingter oder voller) PW-Verfügbarkeit im Durchschnitt rund 50% mehr Aktivitäten durchführen als Personen ohne Möglichkeit zur aktiven PW-Nutzung (Nutzung als Lenker). Diese zusätzlichen Aktivitäten sind, wie Abbildung 4.6 zeigt, im wesentlichen geschäftlicher Art sowie Freizeitbetätigungen.

---

1) Von 'bedingter' PW-Verfügbarkeit wird gesprochen, wenn (1) die Person einen PW-Fahrausweis besitzt, (2) es im Haushalt mindestens einen PW gibt und (3) die Zahl der Haushaltsmitglieder mit PW-Fahrausweis die Zahl der Autos im Haushalt übersteigt.

Abbildung 4.6: Häufigkeit verschiedener Aktivitätsarten in Abhängigkeit von der PW-Verfügbarkeit (vollzeitlich Erwerbstätige, nur Werktage)



Erwerbstätige mit PW-Verfügbarkeit weisen eine etwas höhere Anzahl von Aktivitäten des Typs "Arbeit" auf, was mit häufiger Heimfahrt über Mittag zusammenhängt. Die Zahl der Einkaufs- und Versorgungsaktivitäten ist dagegen vollkommen unabhängig von der PW-Verfügbarkeit.

Bei einer noch weiter detaillierten Untersuchung stellt man fest, dass der Einfluss der PW-Verfügbarkeit auf die Zahl der Aktivitäten auch dann erkennbar bleibt, wenn man innerhalb der einzelnen Gruppen noch nach Alter und Geschlecht differenziert. Dabei ist aber zu beachten, dass bei gegebener Beschäftigungssituation, Altersgruppe und Geschlecht einer Person die PW-Verfügbarkeit stark mit dem Sozialstatus verknüpft ist. Der zuvor festgestellte Einfluss der PW-Verfügbar-

keit auf die Zahl der Aktivitäten ausserhalb der eigenen Wohnung ist damit also zugleich auch ein allgemeiner Status- und Lebensstileffekt.

Interessant ist noch folgende Ergänzung: Die PW-Verfügbarkeit hat keinen Einfluss auf die Verkehrsbeteiligungsquote, d.h. ob jemand überhaupt die Wohnung verlässt oder nicht, hängt nicht von der PW-Verfügbarkeit ab. Der zuvor beschriebene Effekt kommt allein dadurch zustande, dass unter den mobilen Personen die Aktivitätenhäufigkeit mit dem Grad der PW-Verfügbarkeit steigt. Insgesamt aber - daran muss nochmals erinnert werden - ist (vor allem bei zusätzlicher Kontrolle des Einflusses von Alter und Geschlecht) der Einfluss der PW-Verfügbarkeit auf die Aktivitätenzahl nicht sehr stark. Die PW-Verfügbarkeit beeinflusst weniger die Zahl der Aktivitäten als vielmehr die räumliche Lage der Aktivitätsorte und damit die Wegelänge bzw. die tägliche Verkehrsleistung von Personen. Hierauf wird in Kapitel 6 näher eingegangen.

5. WEGEHAEUFIGKEIT

5.1 Empirische Verteilung der täglichen Wegehäufigkeit

Die tägliche Zahl der Wege von Personen ist ein wichtiger Mobilitätsindikator. Die mittlere tägliche Wegehäufigkeit beträgt nach den Mikrozensusergebnissen

$\bar{y} = 3.39$ Wege pro Person und Tag.

Bei einer durchschnittlichen Verkehrsbeteiligungsquote von 84.3 Prozent entspricht dies einem (bedingten) Mittelwert von

$\bar{y}_m = 4.02$ Wege pro mobiler Person und Tag.

Tabelle 5.1 zeigt die empirische Verteilung der täglichen Wegehäufigkeit im Detail. Auffällig ist hier, dass die täg-

Tabelle 5.1 Verteilung der täglichen Wegehäufigkeit

Anzahl Wege pro Tag	Personen in v.H.
0	15.7
1	1.1
2	26.9
3	5.8
4	25.2
5	5.7
6	11.0
7	3.9
8	2.4
9+	2.4
Summe	100.0
Mittelwert	$\bar{y} = 3.39$
Standardabweichung	$s_y = 2.39$

liche Wegehäufigkeit meist eine gerade Zahl ist. Dies hängt damit zusammen, dass zur Erledigung einer Aktivität von der Wohnung aus vielfach zwei Wege (Hin- und Rückweg) durchgeführt werden. Ungerade Wegehäufigkeiten können nur dann auftreten, wenn das Individuum zwei oder mehrere aufeinanderfolgende Aktivitäten "verkettet", d.h. ohne einen dazwischengeschalteten Rückweg zur Wohnung direkt von einer Aktivität zur nächsten übergeht.

Es ist ganz natürlich, dass die tägliche Wegehäufigkeit im wesentlichen von denselben Faktoren beeinflusst wird wie die tägliche Aktivitätenhäufigkeit. Beide Merkmale haben also gemeinsame Streuungsursachen[1]. Die relative Streuung (Variationskoeffizient) der Wegehäufigkeit ist allerdings geringer als diejenige der Aktivitätenhäufigkeit:

Masszahl	Aktivitäten-häufigkeit	Wege-häufigkeit
Arithm. Mittel	1.92	3.39
Standardabweichung	1.60	2.39
Variationskoeffizient[1]	0.83	0.71

1) Standardabweichung dividiert durch arithmetisches Mittel

Die Ursache dafür, dass die Wegehäufigkeit relativ betrachtet weniger streut als die Aktivitätenhäufigkeit liegt darin, dass mit wachsender Aktivitätenzahl die Tendenz zur Aktivitätenverkettung zunimmt und damit die Wegehäufigkeit nur unterproportional steigt. Man sieht also, dass die Wegehäufigkeit stets im Zusammenhang mit der Aktivitätenhäufigkeit betrachtet werden muss. Nur so können Gesetzmässigkeiten hinsichtlich dieses Aspektes des Mobilitätsverhaltens offengelegt werden.

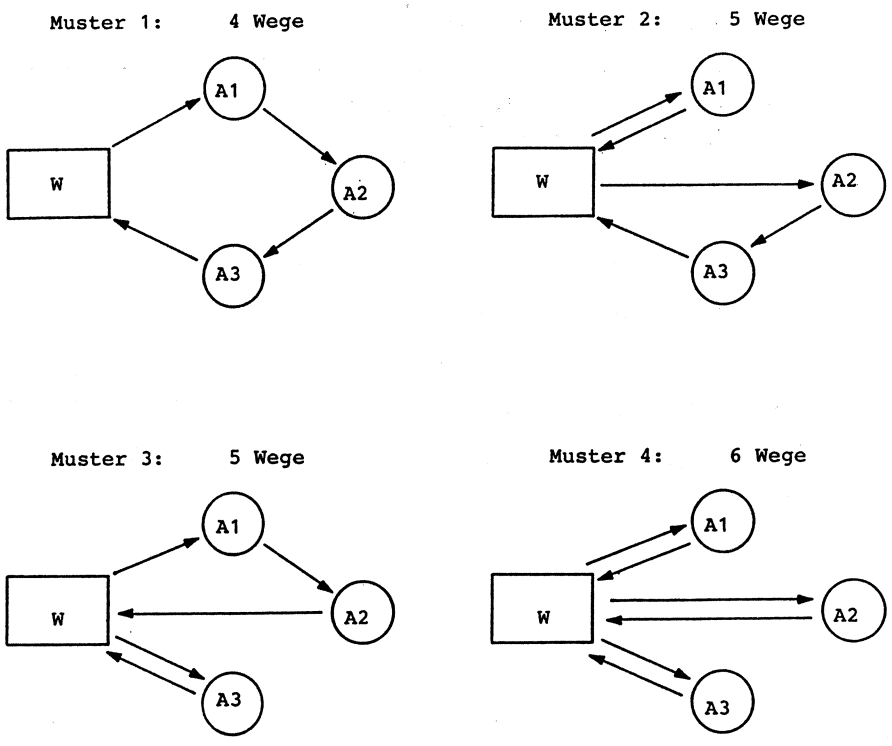
---

1) Im Anhang 4 findet man einen Vergleich der Wegehäufigkeit zwischen den nach der Beschäftigungssituation gebildeten Personengruppen.

5.2 Strukturmodell der Aktivitäten- und Wegehäufigkeit

Die tägliche Zahl der Wege einer Person wird ganz wesentlich von der Zahl der ausserhalb der Wohnung ausgeübten Aktivitäten bestimmt. Wenn ein Individuum x Aktivitäten pro Tag durchführt (x=1,2,...), so sind zur Realisierung dieses Aktivitätenprogramms, wie man unmittelbar sieht, mindestens x+1 Wege erforderlich; die maximale Zahl von Wegen einer Person mit x Aktivitäten ist 2x. Die tägliche Wegezahl y liegt bei gegebener Aktivitätenzahl x also stets zwischen x+1 und 2x. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass der erste Weg der Person am betrachteten Tag in der Wohnung beginnt und der letzte Weg dort endet. Bei Personen mit z.B. 3 Aktivitäten pro Tag kommen deshalb nur die Wegehäufigkeiten 4, 5 und 6 in Frage (vgl. Abbildung 5.1).

Abbildung 5.1 Mögliche Wegemuster bei 3 Aktivitäten



Das Wegemuster einer Person lässt sich in sehr anschaulicher Form gemäss Abbildung 5.1 mit Hilfe eines gerichteten Graphen darstellen. In diesem Graphen repräsentieren die Knoten bestimmte Orte; Knoten 0 stellt die Wohnung dar und die übrigen Knoten i irgendwelche Aktivitätsorte. Der Knotenindex i gibt dabei an, um die wievielte Aktivität am Tag es sich handelt. Die Pfeile (i,j) entsprechen den Wegen der Person. Das vollständige tägliche "Wegemuster" eines Individuums ist dann eine Folge von Pfeilen, im graphentheoretischen Sprachgebrauch also ein "Pfad". Damit ein Pfad ein vollständiges Wegemuster repräsentiert, müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

(1) Der Pfad beginnt und endet im Knoten 0 ("geschlossener" Pfad).

(2) Die Knoten $i \geq 1$ (also die Aktivitätsorte) erscheinen im Pfad in der Reihenfolge ihrer Numerierung.

(3) Nur der Knoten 0 kann mehrfach als Anfangs- oder Endknoten eines Pfeils auftauchen; alle übrigen Knoten i sind genau einmal Anfangs- und Endknoten.

Die Zahl der Pfeile, aus denen der Pfad besteht, ist die tägliche Wegehäufigkeit der Person.

Das graphentheoretische Strukturmodell des täglichen Wegemusters ist ein geeigneter konzeptioneller Rahmen zur Beschreibung und Analyse des individuellen Mobilitätsverhaltens. Seine Vorzüge gegenüber einer simplen Wegehäufigkeitsbetrachtung herkömmlicher Art sind offenkundig. Dies wird im nachfolgenden Abschnitt deutlich, in welchem bei gegebener Aktivitätenzahl die Wegehäufigkeit als Ergebnis des Prozesses der "Verkettung" von Aktivitäten dargestellt wird. Die hier verwendeten Konzeptionen basieren auf HAUTZINGER (1982).

5.3 Aktivitätenverkettung und Wegehäufigkeit

Bei gegebener Aktivitätenhäufigkeit wird die Wegehäufigkeit von der Neigung des Individuums zur "Verkettung" von Aktivitäten beeinflusst. Von Verkettung sprechen wir immer dann, wenn zwei aufeinanderfolgende Aktivitäten i und $i+1$ direkt durch einen Weg verbunden sind, d.h. wenn es einen Pfeil $(i, i+1)$ gibt. Durch Aktivitätenverkettung reduziert sich die Zahl der Wege des Individuums, da ein Rückweg zur Wohnung entfällt. Je häufiger Aktivitäten verkettet werden, desto näher liegt die Wegezahl y bei der Untergrenze $y_0 = x+1$.

Wovon hängt nun die Tendenz zur Aktivitätenverkettung - und damit die tägliche Wegehäufigkeit - ab?

Abbildung 5.2 Mittlere Wegehäufigkeit bei gegebener Aktivitätenhäufigkeit (empirische Werte)

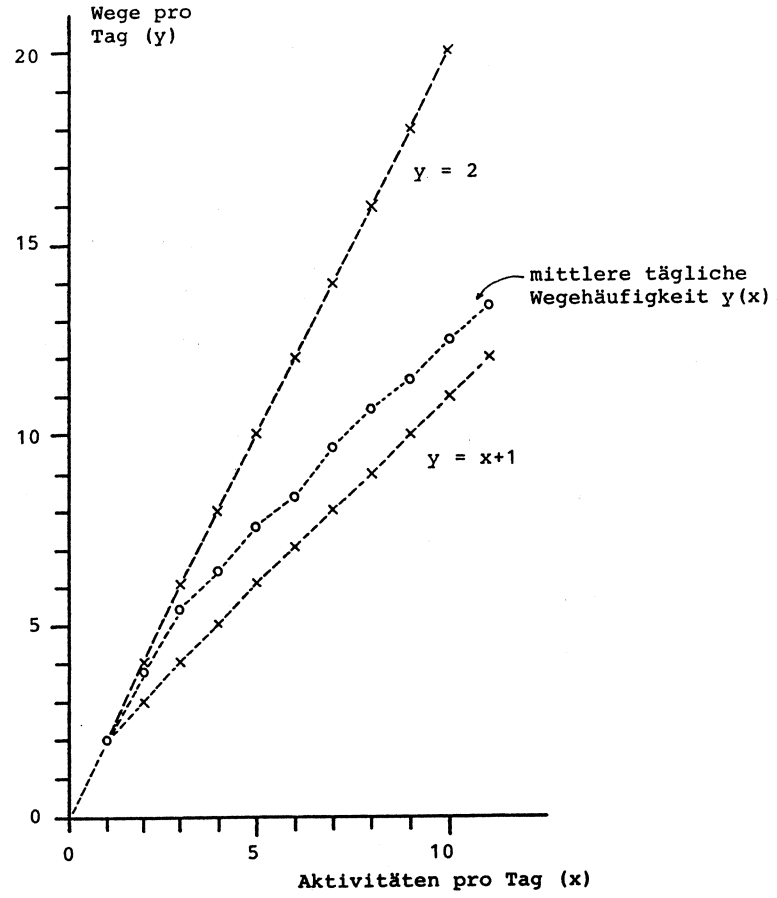


Tabelle 5.2 Wege pro Aktivität und minimale Wegezahl pro Aktivität (empirische Werte)

Anzahl Aktivitäten (x)	Q(x)	$Q_0(x)$	D(x)	S(x)
1	2.00	2.00	0	0
2	1.90	1.50	0.40	0.80
3	1.76	1.33	0.43	1.29
4	1.61	1.25	0.36	1.44
5	1.50	1.20	0.30	1.50
6	1.38	1.17	0.21	1.26
7	1.39	1.14	0.25	1.75
8	1.34	1.13	0.21	1.68
9	1.26	1.11	0.15	1.35
10	1.25	1.10	0.15	1.50

Eine erste wichtige Erkenntnis hierzu liefert Abbildung 5.2, aus welcher hervorgeht, dass mit wachsender Aktivitätenhäufigkeit x der bedingte Mittelwert $\bar{y}(x)$ der Wegehäufigkeit sich immer stärker der Untergrenze $y_0(x) = x+1$ nähert. Man kann dieses Phänomen auch dadurch charakterisieren, dass man die Verhältniszahl

$$Q(x) = \frac{\bar{y}(x)}{x}$$

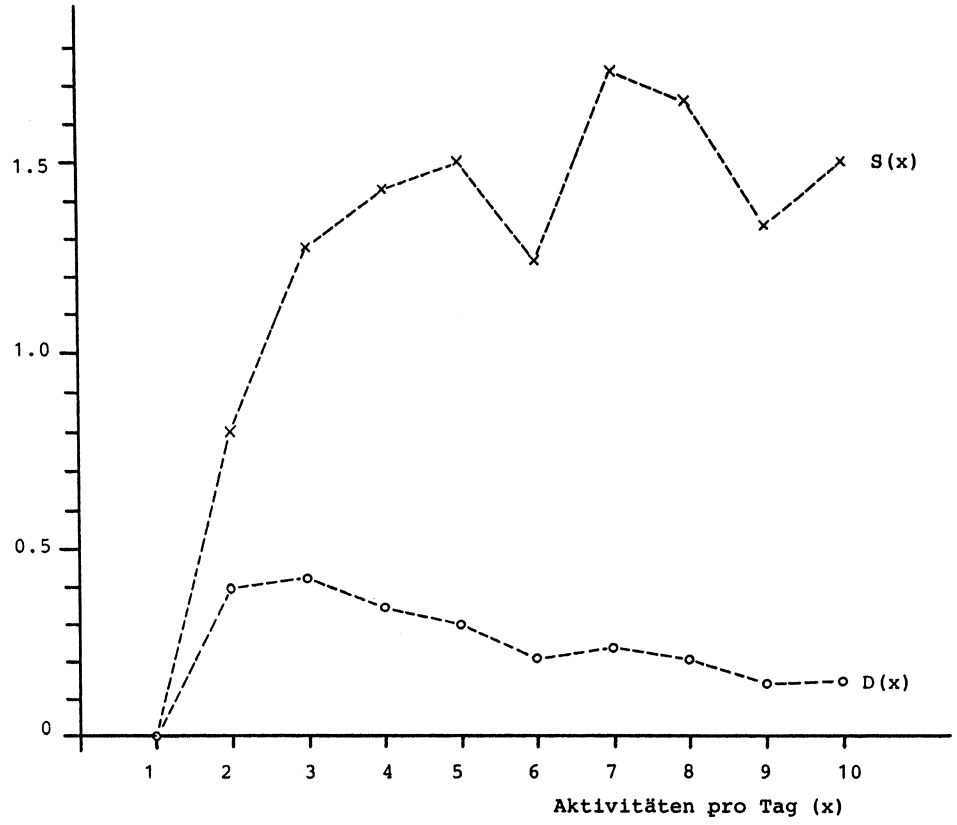
("Wege pro Aktivität") bildet und dem Quotienten

$$Q_0(x) = \frac{y_0(x)}{x} = \frac{x+1}{x}$$

("Minimale Wegezahl pro Aktivität") gegenüberstellt. Aus Tabelle 5.2 geht hervor, dass die Abweichung

$$D(x) = Q(x) - Q_0(x)$$

Abbildung 5.3 Absolutes und relatives Einsparungspotential in Bezug auf die Wegehäufigkeit



zwischen der mittleren und der minimalen Wegezahl pro Aktivität mit wachsender Aktivitätenzahl immer kleiner wird. Es zeigt sich also klar, dass Personen umso stärker zur Aktivitätenverkettung tendieren, je grösser ihre tägliche Aktivitätenhäufigkeit ist. Je mehr Aktivitäten eine Person ausübt, desto "rationeller" wird also das tägliche Aktivitätenprogramm in ein Verkehrsverhaltensmuster umgesetzt. Anders ausgedrückt: Zusätzliche Aktivitäten führen in immer geringerem Masse zu zusätzlichen Wegen.

Man kann die Masszahl

$$S(x) = \bar{y}(x) - y_0(x) = \bar{y}(x) - (x+1)$$

interpretieren als das mittlere "Einsparungspotential" in Bezug auf die Wegehäufigkeit, da $S(x)$ angibt, um welchen Betrag die mittlere Wegehäufigkeit über dem Mindestwert

für die Wegehäufigkeit liegt. Aus Abbildung 5.3 geht hervor, dass das mittlere Wegeeinsparungspotential zunächst mit der Aktivitätenhäufigkeit wächst, sich aber dann rasch bei einem Wert von rund 1,5 Wegen pro Person und Tag stabilisiert. Dies bedeutet, dass der besonders "mobile" Teil der Bevölkerung das individuelle Aktivitätenprogramm schon auf sehr "rationelle" Weise erledigt. Bei gleichbleibender Aktivitätenzahl wäre durch Verhaltensänderungen (stärkere Verkettung von Aktivitäten) also nur sehr begrenzt eine Reduzierung der Wegehäufigkeit möglich. Eine spürbare Verringerung der Wegezahl würde sich also wohl nur durch Aktivitätenverzicht ergeben.

Den zentralen Begriff der "Neigung" zur Verkettung von Aktivitäten kann man mit Hilfe der "Rückkehrwahrscheinlichkeit" $q(i|x)$ operationalisieren, worunter hier die Wahrscheinlichkeit für das Ereignis "Rückweg zur Wohnung von der i-ten Aktivität bei insgesamt x Aktivitäten" verstanden wird. Für die Rückkehrwahrscheinlichkeit von den Aktivitäten $i=1,\ldots,x-1$ gilt

$$0 \leq q(i|x) \leq 1 \quad .$$

Da das Individuum stets von der letzten Aktivität zur Wohnung zurückkehrt, ist

$$q(i|x) = 1 \qquad \text{für} \quad i=x \quad .$$

Die Grösse

$$p(i|x) = 1 - q(i|x)$$

kann man "Verkettungswahrscheinlichkeit" nennen.

Bei gegebener Aktivitätenzahl x ist die Wahrscheinlichkeitsverteilung - und damit auch der Erwartungswert - der täglichen Wegehäufigkeit in Abhängigkeit von den Verkettungswahrscheinlichkeiten $p(1|x),\ldots, p(x-1|x)$ darstellbar. Man erhält so eine explizite Darstellung der erwarteten Wegehäufigkeit als Funktion der Aktivitätenhäufigkeit

und der Neigung zur Aktivitätenverkettung (ausgedrückt durch die Verkettungswahrscheinlichkeiten).

Die Verkettungswahrscheinlichkeiten $p(i|x)$ sind nicht konstant, sondern vielmehr davon abhängig,

- wieviele Aktivitäten x insgesamt ausgeübt werden und
- an welcher Stelle i innerhalb der Aktivitätenfolge man sich befindet.

Die in Tabelle 5.3 zusammengestellten Ergebnisse zum Verkehrsverhalten von voll Erwerbstätigen an Werktagen legen folgende Interpretation nahe:

1. Die Neigung zur Verkettung von Aktivitäten ist umso grösser, je mehr Aktivitäten die Person pro Tag ausübt. Dies wird unmittelbar deutlich, wenn man die mittleren Verkettungswahrscheinlichkeiten $\bar{p}(x)$ betrachtet: Mit wachsender Aktivitätenzahl x steigt die mittlere Verkettungswahrscheinlichkeit.

2. Bei gegebener Aktivitätenzahl x ist die Verkettungswahrscheinlichkeit $p(i|x)$ umso grösser, je mehr Aktivitäten noch zu erledigen sind; man erkennt dies daran, dass $p(i|x)$ mit wachsendem i zunimmt. Als Erklärung hierfür kann man annehmen, dass dann, wenn noch viele Aktivitäten zu erledigen sind, das Individuum einem stärkeren Druck zur rationellen Erledigung der Aktivitäten unterliegt.

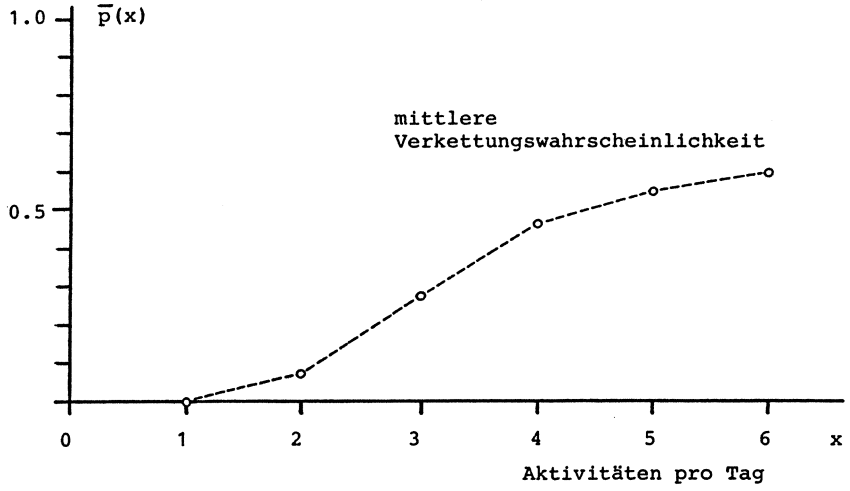
Tabelle 5.3 Schätzwerte für die Verkettungswahrscheinlichkeiten $p(i|x)$ sowie für die mittlere Verkettungswahrscheinlichkeit $\overline{p}(x)$ in der Gruppe der voll Erwerbstätigen an Werktagen

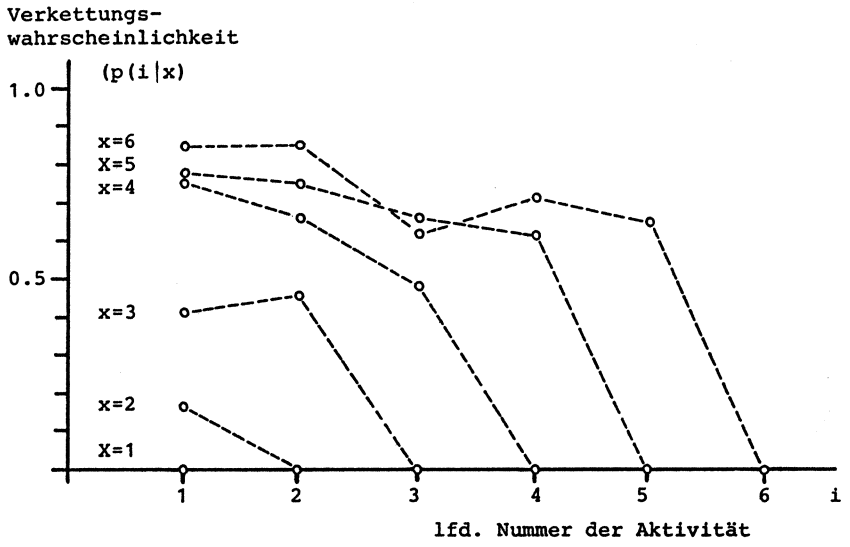
Aktivitäten pro Tag (x)	Schätzwerte für die Verkettungswahrscheinlichkeiten $p(i|x)$ für $i=1,\ldots,6$:						$\overline{p}(x)$
	1	2	3	4	5	6	
1	0	-	-	-	-	-	0
2	0.16	0	-	-	-	-	0.08
3	0.40	0.45	0	-	-	-	0.28
4	0.74	0.66	0.48	0	-	-	0.47
5	0.75	0.74	0.65	0.60	0	-	0.55
6	0.83	0.84	0.60	0.70	0.63	0	0.60

Definition der mittleren Verkettungswahrscheinlichkeit $\overline{p}(x)$:

$$\overline{p}(x) = \frac{1}{x} \sum_{i=1}^{x} p(i|x) \qquad \text{für} \quad x=1,2,\ldots$$

Abbildung 5.4: Schätzwerte für die Verkettungswahrscheinlichkeiten $p(i|x)$ sowie für die mittlere Verkettungswahrscheinlichkeit $\bar{p}(x)$ in der Gruppe der voll Erwerbstätigen an Werktagen





Diese empirischen Befunde können die Grundlage für ein "Verkettungsmodell" bilden, welches seinerseits wiederum Bestandteil eines umfassenderen Modells der Aktivitäten- und Wegehäufigkeit wäre. Mit Hilfe eines solchen Modells liesse sich die Wegehäufigkeit viel ursachenbezogener prognostizieren als dies mit den heute vielfach üblichen Regressionsmodellen und kategorienanalytischen Ansätzen (category analysis) möglich ist.

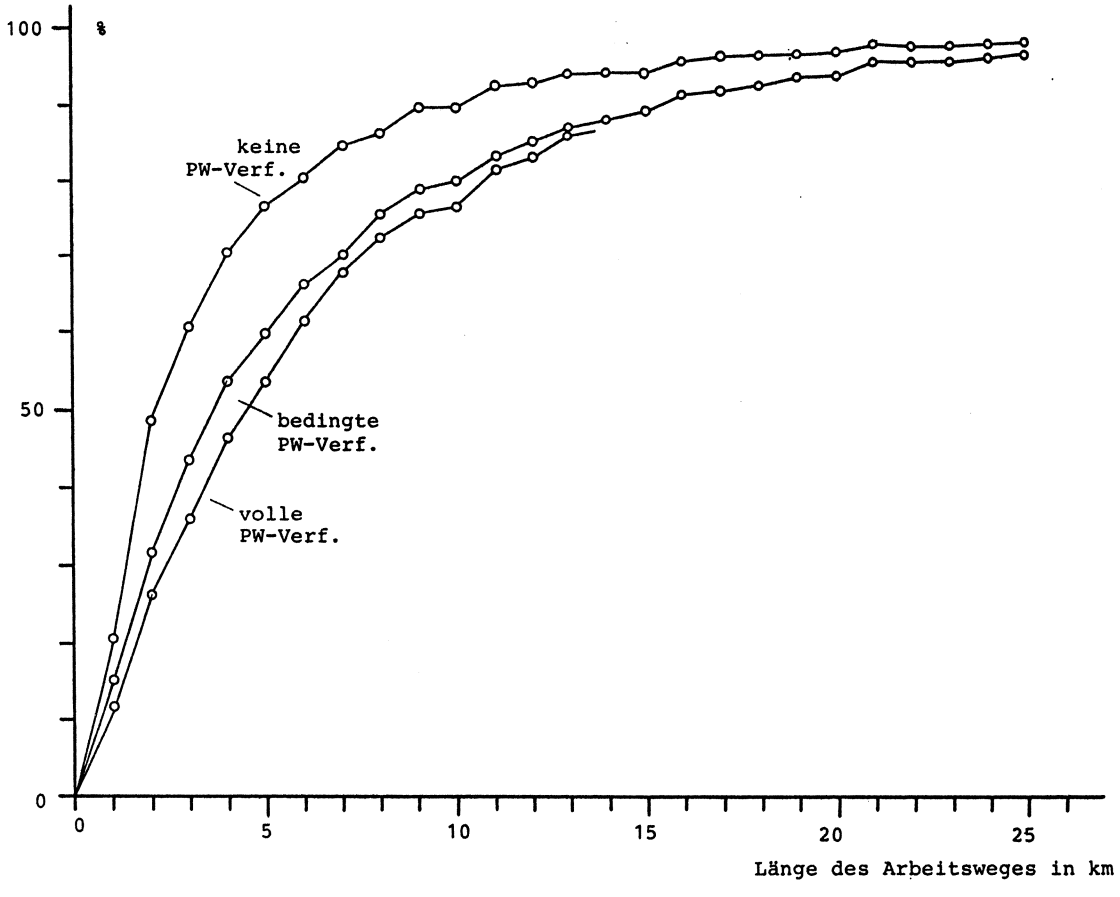
6. WEGELAENGE

6.1 Fahrtzweck, Verkehrsmittel und Wegelänge

Die Wegelängen, so wie sie in Verkehrserhebungen empirisch ermittelt werden, resultieren aus den Zielwahlentscheidungen der Individuen. Wie weit die gewählten Ziele vom Ausgangspunkt der Fahrt entfernt sind, hängt von einer ganzen Reihe von Faktoren ab. Wichtig erscheint auf den ersten Blick die Art der Aktivität, die am Zielort ausgeübt werden soll, also der Fahrtzweck. Daneben kann man vermuten, dass Verkehrsmittelverfügbarkeit eine wesentliche Rolle spielt.

Bei Arbeits- und Ausbildungsfahrten besteht kurzfristig kein Zielwahlproblem; die Wegelänge ist hier vielmehr durch die Entscheidung über Wohnort bzw. die Wahl des Arbeits- oder Ausbildungsorts festgelegt. Derartige Standortentscheidungen werden aber vom Individuum bzw. Haushalt nur in grösseren Zeitabständen - wenn überhaupt - revidiert.

Abbildung 6.1: Summenkurve der Arbeitswegelänge in Abhängigkeit von der PW-Verfügbarkeit (voll erwerbstätige Personen)



Bei Wohnort- oder Arbeitsplatzentscheidungen ist neben der räumlichen Verteilung der Wohn- und Arbeitsgelegenheiten die Verkehrsmittelverfügbarkeit entscheidend. Dies wird deutlich, wenn man die Arbeitswegelängenverteilung differenziert nach der PW-Verfügbarkeit der Erwerbstätigen betrachtet (Abbildung 6.1): Je höher der Grad der PW-Verfügbarkeit, desto grösser ist die Distanz Wohnung-Arbeitsplatz [1]. Die Verfügbarkeit des individuellen Verkehrsmittels ermöglicht das Pendeln über grössere Entfernungen innerhalb akzeptabler Zeitgrenzen; auf der andern Seite erzwingt vielfach ein weiter entfernt gelegener Arbeitsplatz die Anschaffung eines (zusätzlichen) Autos.

Dass daneben noch weitere Faktoren bedeutsam sind, zeigt Tabelle 6.1 Voll erwerbstätige Männer wohnen tendenziell weiter vom Arbeitsplatz entfernt als voll erwerbstätige Frauen. Dies gilt unabhängig vom Grad der PW-Verfügbarkeit.

Tabelle 6.1 Median der Arbeitswegelänge in Abhängigkeit von PW-Verfügbarkeit und Geschlecht (voll Erwerbstätige)

PW-Verfügbarkeit	Median der Arbeitswegelänge (km)		
	Alle	Männer	Frauen
keine	2.1	2.4	1.9
bedingt	3.6	3.8	2.9
voll	4.4	4.7	3.7

Bei Einkaufs- und Freizeitaktivitäten besteht dagegen in vielen Fällen eine echte Wahlmöglichkeit im Hinblick auf den Ort der Aktivitätsausübung. Die Wahl des Aktivitätsortes hängt hierbei ausser vom Gelegenheitenangebot von

---

1) Diese Unterschiede sind statistisch signifikant. Im Anhang 5 wird mit Methode der statistischen Ereignisanalyse ein solcher Gruppenvergleich durchgeführt.

den individuellen Präferenzen ab, die ihrerseits wieder mit den sozialen und ökonomischen Verhältnissen, in denen das Individuum 1) lebt, im Zusammenhang stehen. Von grosser Bedeutung ist die Feststellung, dass Ziel- und Verkehrsmittelwahl in einem engen Zusammenhang stehen. Man kann sogar vermuten, dass die Ziel- und Verkehrsmittelwahlentscheidung vom Individuum simultan getroffen wird: Die Person entscheidet sich nicht zwischen alternativen Zielen, sondern zwischen alternativen Ziel-Verkehrsmittel-Kombinationen. Diese Vermutung wird durch die in Tabelle 6.2 wiedergegebenen empirischen Ergebnisse gestützt. Dort zeigt sich nämlich, dass die mittlere Wegelänge 2) sehr stark vom Verkehrsmittel, dagegen nur relativ schwach vom Fahrtzweck abhängt. Das mit einem bestimmten Verkehrsmittel verbundene "Mobilitätspotential" - in Form der innerhalb akzeptabler Zeitgrenzen realisierbaren Distanz - wird weitgehend unabhängig vom Fahrtzweck immer in ähnlicher Weise genutzt. Räumliches Verhalten - hier beschrieben durch die Wegelängenverteilung - ist also auf das engste mit der Verkehrsmittelbenutzung verbunden: zu jedem Verkehrsmittel gibt es eine charakteristische Wegelängenverteilung und diese Verteilung variiert nur wenig mit dem Fahrtzweck 3).

---

1) Entscheidungsrelevant für das Individuum ist hierbei nicht das objektiv verfügbare sondern vielmehr das subjektiv wahrgenommene Angebot (Informiertheit)

2) Nur Wege bis 30 km Länge; dies sind 96 % aller erfassten Wege

3) Allenfalls beim Fahrtzweck 'Einkauf/Versorgung/Inanspruchnahme von Dienstleistungen' liegen die gewählten Ziele etwas näher beim Ausgangsort.

Tabelle 6.2: Mittlere Wegelänge in Abhängigkeit von Verkehrsmittel und Fahrtzweck (Wege an Werktagen; nur Wege bis 30 km Länge)

Verkehrsmittel	Mittlere Wegelänge (km/Weg)					
	Arbeit	Geschäft	Ausb.	Einkauf	Service	Freizeit
zu Fuss	0.9	0.9	0.9	0.9	0.6	1.2
Velo	1.9	-	2.3	1.4	-	2.5
Mofa	3.7	-	4.8	3.0	-	3.7
Auto (Lenker)	7.3	6.9	6.9	5.6	5.7	7.3
Auto (Mitf.)	6.3	6.7	8.8	8.4	-	7.8
Tram/Bus	4.5	3.7	4.8	2.9	-	4.1
Insgesamt*)	5.2	5.6	3.5	3.0	4.2	4.2

*) Einschliesslich der nicht aufgeführten Verkehrsmittel

6.2 Geschwindigkeit und Wegelänge

Das räumliche Verhalten ist, wie oben gezeigt wurde, eng mit der Verkehrsmittelbenutzung verknüpft. Was ist nun die Ursache für diesen Zusammenhang? Die Antwort auf diese Frage fällt eindeutig aus: Es ist das nach Verkehrsmittel unterschiedliche Geschwindigkeitsniveau, welches die Verkehrsmittelabhängigkeit des räumlichen Verhaltens hervorbringt.

Die mittlere Geschwindigkeit $\bar{v}$ bei der Durchführung von Wegen hängt, wie man empirisch leicht nachweist, ausser vom Verkehrsmittel noch von der Wegelänge s ab, und zwar wächst - bei gegebenem Verkehrsmittel - die Durchschnittsgeschwindigkeit mit der Länge des Weges (Tabelle 6.3): Dieses Wachstum ist

degressiv und kann näherungsweise durch die Funktion

$$(6.1) \qquad \bar{v}(s) = a\, s^b \qquad (a > o,\ o < b < 1)$$

beschrieben werden. Durch (6.1) ist ein nichtlineares Geschwindigkeit-Distanz-Modell gegeben. Abbildung 6.2 zeigt die Funktion $\bar{v}(s)$ für die Verkehrsmittel Auto (als Lenker) und Tram/Bus.

Der Zeitaufwand t (s) für das Zurücklegen eines Weges der Länge s beträgt wegen $\bar{v} = s/t$ unter Berücksichtigung von (6.1)

$$(6.2) \qquad t(s) = \frac{s}{\bar{v}(s)} = \frac{s}{a \cdot s^b} = \frac{1}{a}\, s^{1-b}$$

Damit gilt für die Wegelänge s (t), die in einem Zeitraum der Länge t zurückgelegt werden kann,

$$(6.3) \qquad s(t) = (a \cdot t)^{1/(1-b)}.$$

Tabelle 6.3: Durchschnittsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Verkehrsmittel und Wegelänge (Wege an Werktagen)

	Geschwindigkeit (km/h)				
Distanzbereich	0 - 1	1.0-2.5	2.5-5.0	5.0-10.0	10.0-30.0
zu Fuss	3.5	5.0	5.2	-	-
Velo	7.4	11.0	14.0	15.9	-
Mofa	12.5	12.9	16.8	21.8	26.8
Auto (Lenker)	9.6	16.8	24.1	30.6	43.2
Auto (Mitf.)	(8.4)	14.3	21.1	29.2	42.6
Tram/Bus	(4.0)	6.4	9.4	13.2	22.4
Insgesamt	4.8	9.9	17.2	25.5	38.8

Auf der Grundlage der Mikrozensusdaten kommt man für die Verkehrsmittel "Auto (als Lenker)" und "Tram/Bus" zu folgenden Parameterschätzwerten:

Auto: $a = 1/8 \quad b = 0.6$

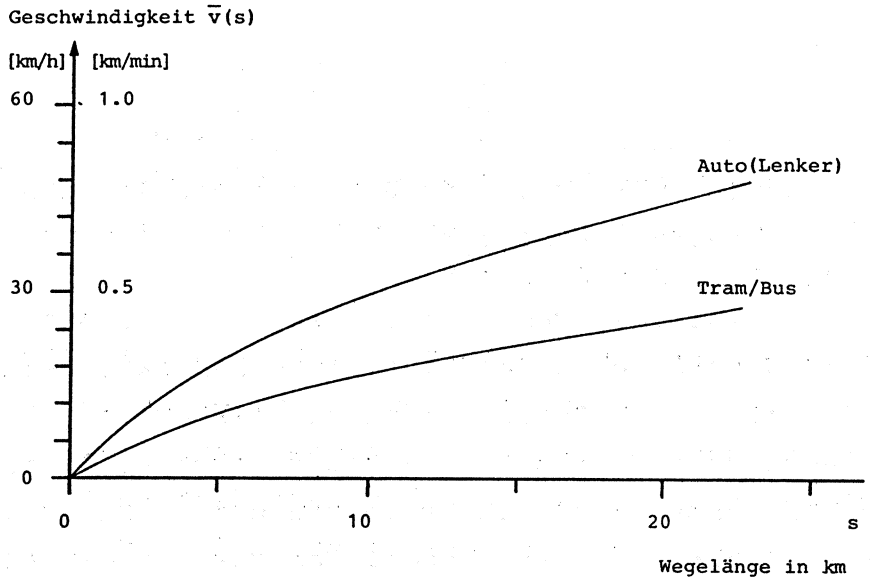
Tram/Bus: $a = 1/14 \quad b = 0.6$

Es gilt also (Zeit in Minuten, Wegelänge in km):

Auto: $t_1(s) = 8\, s^{0.4}$

Tram/Bus: $t_2(s) = 14\, s^{0.4}$

Abbildung 6.2: Durchschnittsgeschwindigkeit als Funktion der Wegelänge (nichtlineares Geschwindigkeit-Distanz-Modell)



Hieraus folgt

$$t_1(s) \;/\; t_2(s) = 8/14 = 0.57$$

oder

$$t_1(s) = 0.57\; t_2(s)$$

d.h. bei gegebener Wegelänge "spart" der PW-Benutzer verglichen mit einem Tram/Bus-Benutzer ca. 43% des Fahrtzeitaufwands.

Im Hinblick auf die Distanz "gewinnt" - bei gegebenem Fahrzeitaufwand - der PW-Benutzer gegenüber dem Benutzer von Tram/Bus sogar noch wesentlich mehr. Aus

$$\text{Auto:} \qquad s_1(t) = (\tfrac{1}{8}t)^{2.5} = 0.0055\; t^{2.5}$$

$$\text{Tram/Bus:} \qquad s_2(t) = (\tfrac{1}{14}t)^{2.5} = 0.0014\; t^{2.5}$$

folgt nämlich

$$s_1(t) \;/\; s_2(t) = \frac{0.0055}{0.0014} = 4.05$$

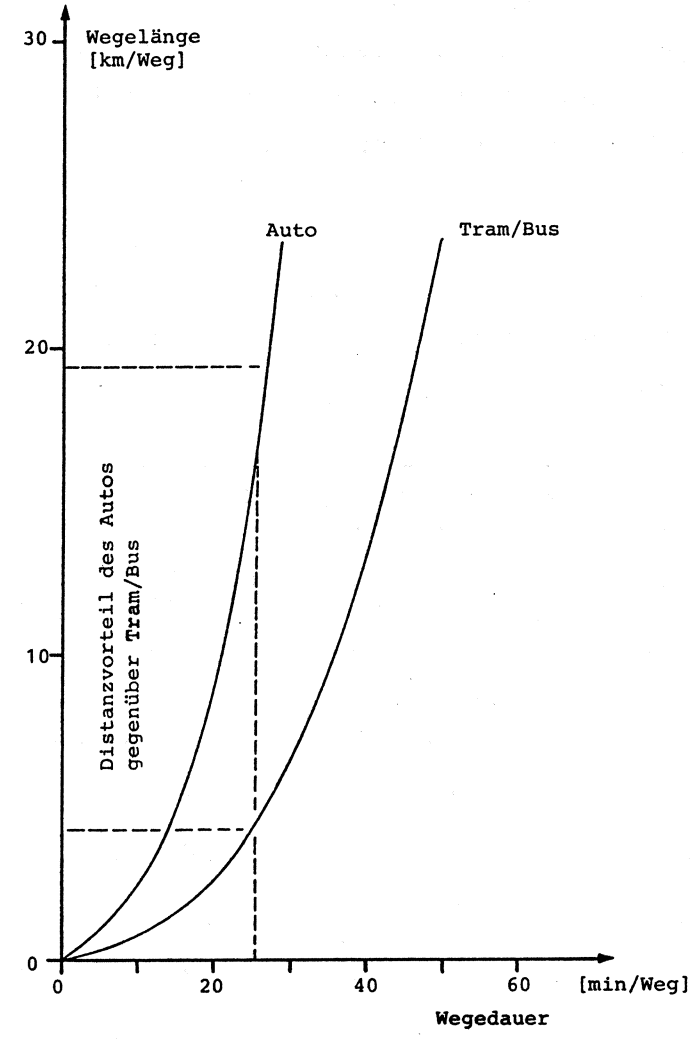
und hieraus

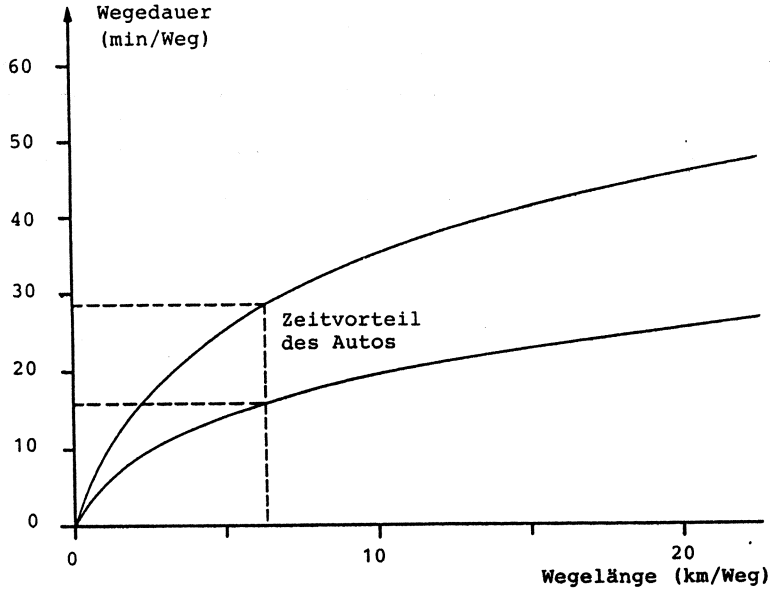
$$s_1(t) = 4.05\; s_2(t),$$

d.h. bei gegebenem Zeitaufwand t beträgt die von PW-Benutzern zurückgelegte Distanz im Durchschnitt das 4-fache der Wegelänge der Tram/Bus-Benutzer!

Unter gegenwärtigen Bedingungen ist also das Auto sehr viel mehr zur Vergrösserung des individuellen Aktionsraums als zur Einsparung von Fahrzeit geeignet (Abbildung 6.3). Dieser grundlegende Tatbestand erklärt zumindest teilweise das rapide Anwachsen der Verkehrsleistung im Individualverkehr. Die Verfügbarkeit eines schnelleren Verkehrsmittels wird (unabhängig vom Fahrtzweck) vorzugsweise zur Wahl weiter entfernt gelegener Ziele (und weniger zur Zeiteinsparung) genutzt. Diese Art und Weise der"Verwendung" von Geschwindigkeit (Distanzgewinn statt Fahrzeiteinsparung) kann als gesicherte Gesetzmässigkeit des individuellen Mobilitätsverhaltens gelten. Eine verhaltenswissenschaftliche Erklärung dieses Phänomens ist bisher noch nicht in vollem Umfang gelungen, einfache Hypothesen z.B. über konstante individuelle Zeitbudgets reichen hier sicher nicht aus.

Abbildung 6.3 : Funktionale Beziehungen zwischen Wegelänge und Wegedauer im Fall des nichtlinearen Geschwindigkeit-Distanz-Modells





6.3 PW-Verfügbarkeit und tägliche Verkehrsleistung

Bei gegebener Rolle und Lebensphase eines Individuums ist der Grad der PW-Verfügbarkeit der wesentliche Bestimmungsfaktor für das Verkehrsmittelwahlverhalten (Tabelle 6.4). Da jedes Verkehrsmittel ein ganz charakteristisches "Distanzprofil" besitzt, kann man erwarten, dass je nach Grad der PW-Verfügbarkeit die tägliche Verkehrsleistung variiert.

Tabelle 6.4: Verkehrsmittelnutzung in Abhängigkeit von Beschäftigungssituation und PW-Verfügbarkeit (Wege an Werktagen)

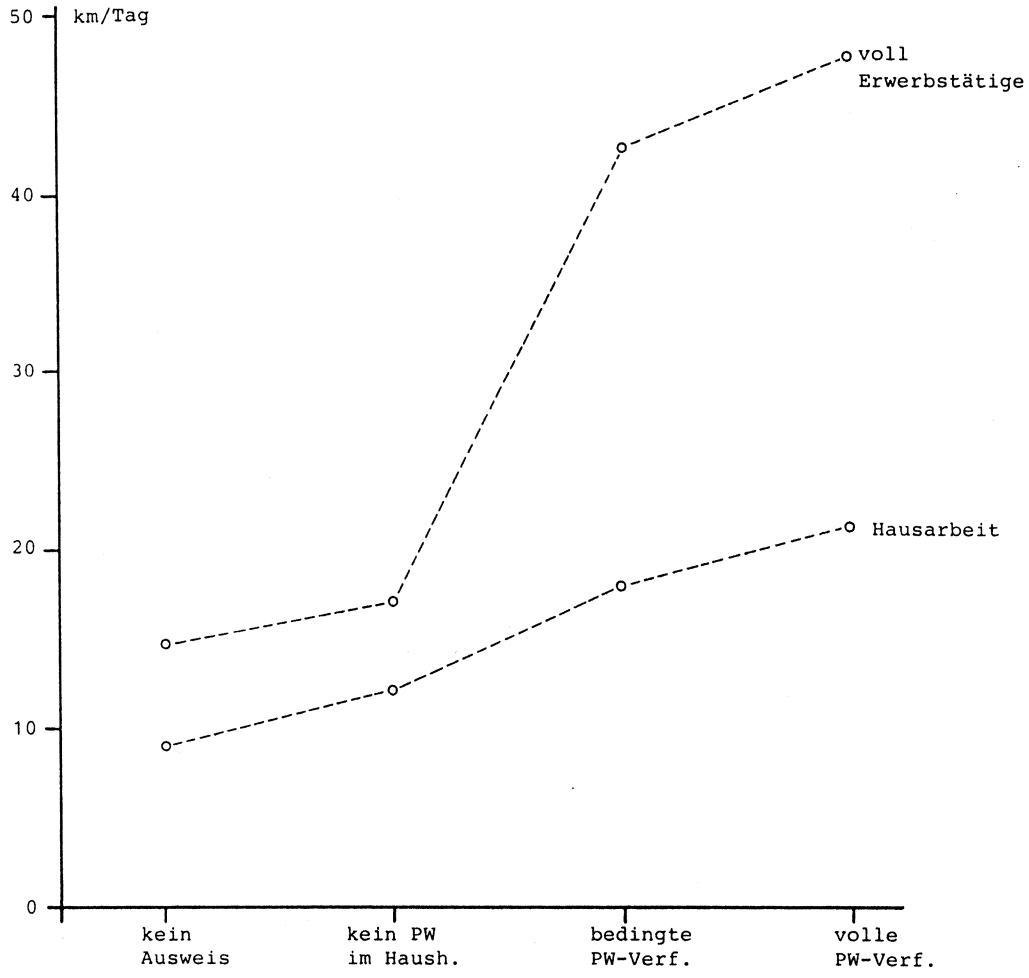
	Verkehrmittelanteile in %			
	kein Fahrausweis	kein PW im Haushalt	Bedingte PW-Verf.	Volle PW-Verf.
	- Voll Erwerbstätige -			
zu Fuss	34.2	34.4	17.0	14.4
Velo	14.3	7.8	7.2	5.1
Mofa/Moto	16.6	12.4	5.4	2.0
Auto (Lenker)	-	1.6	55.7	71.1
Auto (Mitf.)	11.5	6.0	5.5	3.0
Tram/Bus	15.1	30.5	4.3	2.8
Bahn	3.5	2.7	2.0	0.4
Sonstiges	4.8	4.6	2.9	1.2
Summe	100.0	100.0	100.0	100.0

	kein Fahr-ausweis	kein PW im Haushalt	Bedingte PW-Verf.	Volle PW-Verf.
		- Hausfrauen -		
zu Fuss	58.8	59.0	44.6	32.2
Velo	6.4	15.5	9.2	6.8
Mofa/Moto	0.9	-	1.1	0.5
Auto (Lenker)	-	-	26.6	55.9
Auto (Mitf.)	14.5	25.6	10.7	2.9
Tram/Bus	17.7	-	5.5	1.3
Bahn	0.7	-	0.3	-
Sonstiges	1.0	-	2.0	0.4
Summe	100.0	100.0	100.0	100.0

		- Rentner -		
zu Fuss	61.0	31.9	22.1	28.8
Velo	4.1	-	0.8	2.5
Mofa/Moto	3.8	15.8	1.7	-
Auto (Lenker)	-	-	59.2	54.8
Auto (Mitf.)	4.7	41.2	9.4	2.6
Tram/Bus	22.4	11.1	1.8	5.6
Bahn	1.0	-	-	5.7
Sonstiges	3.0	-	5.0	-
Summe	100.0	100.0	100.0	100.0

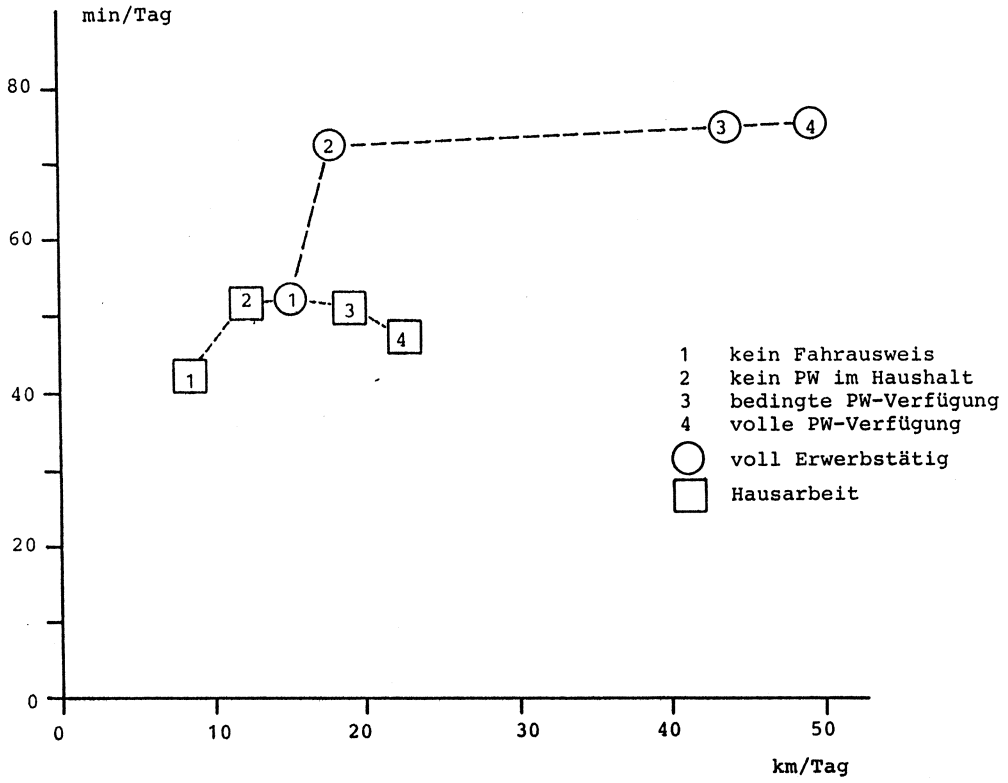
Dies ist, wie Abbildung 6.4 zeigt, tatsächlich der Fall: Mit steigender PW-Verfügbarkeit wächst die tägliche Verkehrsleistung.

Abbildung 6.4: Mittlere tägliche Verkehrsleistung in Abhängigkeit von der PW-Verfügbarkeit



Während die tägliche Verkehrsleistung stark von der PW-Verfügbarkeit abhängt, ist die tägliche Verkehrsbeteiligungsdauer, also der Mobilitätszeitaufwand, hiervon weitgehend unabhängig (Abbildung 6.5).

Abbildung 6.5: Tägliche Verkehrsleistung (km/Tag) und tägliche Verkehrsbeteiligungsdauer (min/Tag)



Wieviel Zeit ein Individuum pro Tag für Ortsveränderungen verwendet, hängt offenbar nur sehr schwach von systematischen Faktoren, wie z.B. Lebensphase oder raumstrukturelle Bedingungen ab. Tatsächlich hat das Individuum ja auch nur begrenzte Wahlfreiheit bei seiner Entscheidung über die Verwendung der 24 Stunden eines Tages. Dass sich die interpersonellen Unterschiede der täglichen Verkehrsbeteiligungsdauer [1] nicht durch die gebräuchlichen soziodemographischen Merkmale "erklären" lassen, könnte damit zusammenhängen, dass die individuelle Entscheidung darüber, wieviel Zeit an einem bestimmten Tag mit Ortsveränderungen zugebracht wird, von Persönlichkeitsmerkmalen abhängt, die nicht mit den üblichen Gruppierungsmerkmalen im Zusammenhang stehen. Die verkehrs-

---

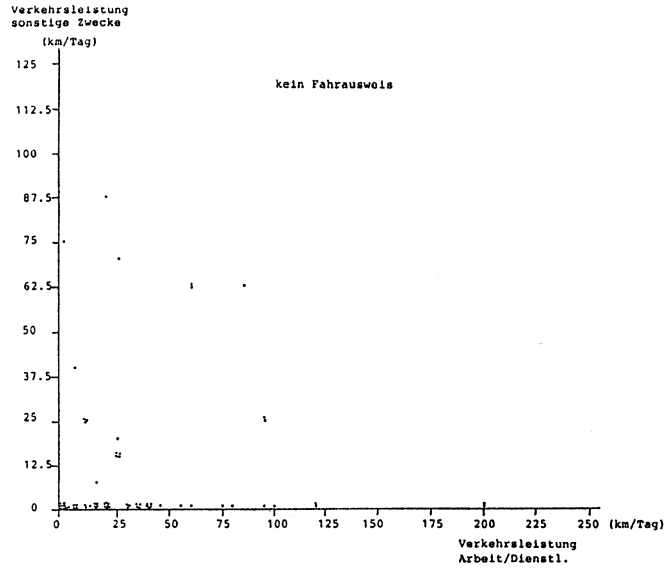
1) Die Streuung (Standardabweichung) der täglichen Verkehrsbeteiligungsdauer beträgt ca. 213 des Mittelwertes, im Fall der täglichen Verkehrsleistung ist die Streuung ebenso gross wie der Mittelwert

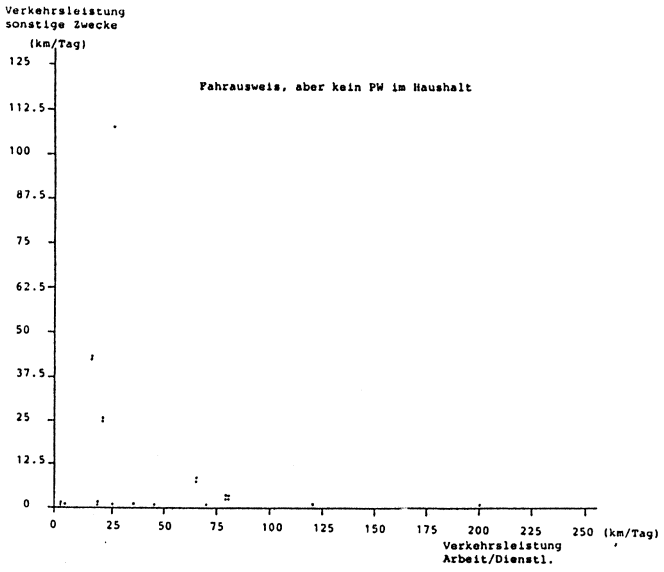
wissenschaftliche Theorienbildung wird hier - wie übrigens auch in vielen anderen Zusammenhängen - dadurch erschwert, dass hier keine Panel-Stichprobe vorliegt, sondern nur eine Erhebung des Verkehrsverhaltens an einem Stichtag. Dadurch ist es gegenwärtig nicht möglich, die "intraindividuelle" Verhaltensvariabilität im Zeitverlauf, also die individuellen Verhaltensunterschiede von Tag zu Tag, zu analysieren. Stabile Muster des Mobilitätsverhaltens könnten aber wohl eher gefunden werden, wenn man Individuen über einen längeren Zeitraum hinweg betrachtet.

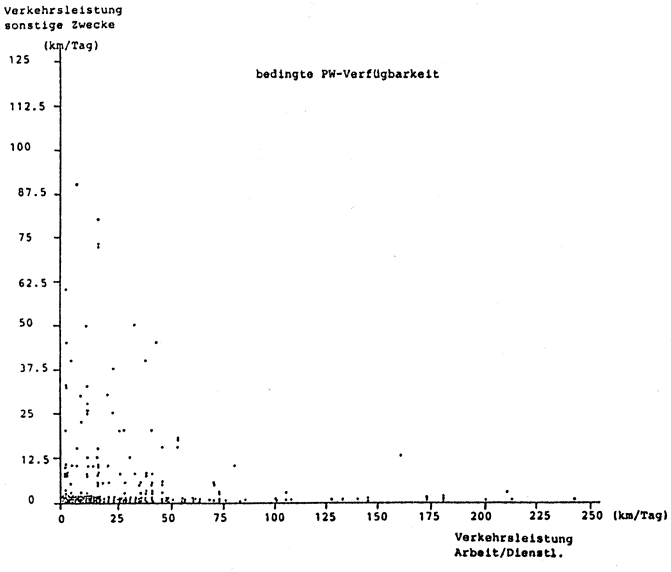
6.4 Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Fahrtzwecken in Bezug auf die Verkehrsleistung

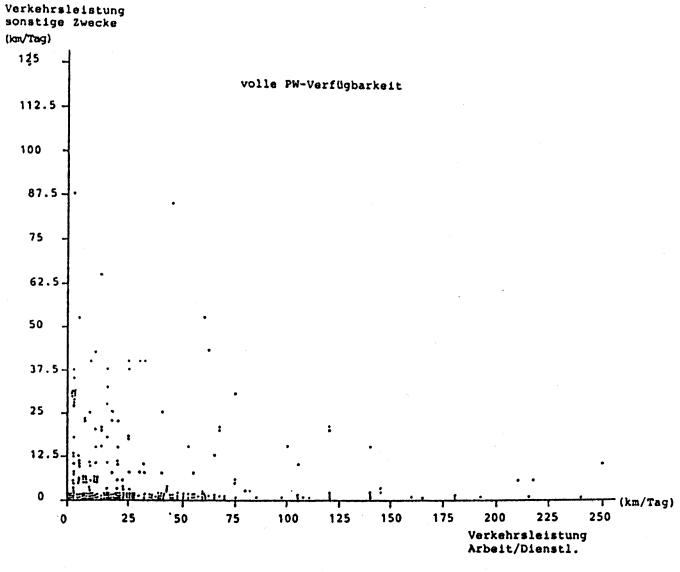
Schon allein wegen des begrenzten täglichen Zeitbudgets für Ortsveränderungen kann man erwarten, dass die individuelle Verkehrsleistung (km/Tag) in verschiedenen Fahrtzwecken untereinander abhängig ist. Speziell bei Erwerbstätigen liegt die Vermutung nahe, dass Personen mit einer hohen Verkehrsleistung im Arbeits- und Geschäftsverkehr tendenziell weniger aus sonstigen Anlässen unterwegs sind. Die nachfolgenden Streuungsdiagramme (Abbildung 6.6) bestätigen diese Vermutung.

Abbildung 6.6: Gruppe: Voll-Erwerbstätige
Alter 35 bis unter 55
Geschlecht männlich
Wochentag: Mo. - Fr.









7. ERKENNTNISSE AUS DER MOBILITAETSUNTERSUCHUNG

7.1 Zur Eignung der Mikrozensusdaten für verkehrswissenschaftliche Untersuchungen

Die Repräsentative Haushaltserhebung "Verkehr und Umwelt" von 1984 (Mikrozensus 1984) ist ihrer Natur nach eine Mehrzweckerhebung, die vielerlei verschiedenen Ansprüchen gerecht werden muss. Wie ist nun ihre Eignung als Datenbasis für empirische Mobilitätsuntersuchungen zu bewerten?

Idealerweise sollte sich die Datenerhebung für wissenschaftliche Zwecke an Ziel, Inhalt und Methodik der geplanten Studie orientieren. Je nach Problemstellung kann sich dann ein mündliches oder schriftliches Interview usw. als optimal erweisen. Insbesondere kann bei einer solchen Erhebung von Daten für eine ganz bestimmte Untersuchung das Erhebungsprogramm, also der Katalog der Erhebungsmerkmale, in bestmöglicher Weise auf die Untersuchungsziele abgestimmt werden.

Obwohl nun der Mikrozensus 1984 nicht vor dem Hintergrund eines bestimmten Forschungsprojekts durchgeführt wurde, sondern vielmehr eine allgemeine Erhebung zum Verkehrsverhalten darstellt, so kann dieser Datenbasis dennoch ein hohes Mass an Eignung für Studien zur Erforschung der Mobilität von Individuen und Haushalten bescheinigt werden. Diese Erhebung erfüllt - auch im internationalen Vergleich - alle Anforderungen, die heute an wissenschaftlich fundierte Verkehrserhebungen auf nationaler Ebene gestellt werden können.

Um den Mikrozensus 1984 für Zwecke der Verkehrsforschung noch besser nutzen zu können, wird folgendes empfohlen:

1. Der Mikrozensus 1984 ist eine 2-stufige Klumpenstichprobe mit Streuung der Befragungsstichtage über einen mehrwöchigen Zeitraum. In dieser Situation ist es nicht möglich, auf einfache Weise unter Verwendung von statistischer Standard-Software den Zufallsfehler der Stichprobe

zu schätzen. Als Konsequenz hieraus lassen sich nicht ohne Konfidenzintervalle für die zu schätzenden Kenngrössen des Mobilitätsverhaltens angeben; solche Konfidenzintervalle sind aber notwendig, wenn wesentliche von unwesentlichen Unterschieden getrennt werden sollen. Es wird deshalb dringend empfohlen, für die wichtigen Schätzprobleme den sogenannten "Designeffekt" des Mikrozensus-Stichprobenplans zu quantifizieren. Man erhielte auf diesem Wege Faktoren, mit deren Hilfe man dann näherungsweise den Stichprobenfehler der Mikrozensus-Schätzwerte berechnen könnte.

2. Neben dem Zufallsfehler spielen systematische Fehler eine bedeutende Rolle. Diese resultieren einerseits aus Antwortausfällen (non-reponse) und andererseits aus Angabefehlern sowie fehlenden bzw. unvollständigen Angaben der Antworter. Das Bundesamt für Statistik hat im Zusammenhang mit der Erstellung einer Mikrozensus-Datei zusätzlich zu einer Gewichtung gemäss Stichprobenplan noch eine nachträgliche Schichtung der Stichprobe vorgenommen. Durch diese Anpassung der Stichprobenverteilung einiger wichtiger soziodemographischer Merkmale an die entsprechenden Zensus-Verteilungen (Volkszählung 1980) ist dem Non-Reponse-Effekt bereits teilweise Rechnung getragen. Da aber vieles dafür spricht, dass sich das Mobilitätsverhalten von Antwortern und Nichtantwortern - auch bei gleichen soziodemographischen Merkmalen - voneinander unterscheidet, sollten hier zusätzliche Non-Reponse-Korrekturfaktoren erarbeitet werden. Auch für die wichtigsten Angabefehler der Antworter (z.B. Nichtangabe von tatsächlich durchgeführten Wegen, Fehler bei der Angabe der Wegelänge) sind Korrekturen notwendig.

Wie ausländische Erfahrungen, insbesondere im Zusammenhang mit der deutschen Verkehrsbefragung KONTIV 82 zeigen [1], ist eine solche Fehleranalyse unbedingt erforderlich, wenn eine

---

1) Der Mikrozensus 1984 (schriftliche Befragung) orientiert sich weitgehend an der KONTIV 82.

optimale Nutzung der Daten erreicht werden soll: Durch Ausgleich der systematischen Verzerrungen verändern sich wichtige planungsrelevante Kennziffern der Verkehrsnachfrage unter Umständen recht beträchtlich; durch Abschätzung des vielfach überraschend grossen Zufallsfehlers der Hochrechnungen wird der Gefahr einer Ueberinterpretation empirisch festgestellter Unterschiede entgegengewirkt.

7.2 Zur Untersuchungskonzeption und den verwendeten statistischen Verfahren

Der gewählte Forschungsansatz lässt sich in inhaltlicher Hinsicht als aktivitätenorientiert und im Hinblick auf die Methodik als analytisch charakterisieren. Bei empirischen Mobilitätsuntersuchungen hat sich diese Forschungskonzeption bereits mehrfach bewährt; dies gilt auch im vorliegenden Fall. Man kann feststellen, dass der Aktivitätenansatz für die Analyse von Daten vom Mikrozensus-Typ in hervorragender Weise geeignet ist[1)].

Mit Hilfe des Mikrozensus 1984 kann das beobachtbare Mobilitätsverhalten in detaillierter und systematischer Form beschrieben werden. Gesetzmässigkeiten des Verhaltens lassen sich so mit hoher Präzision darstellen. Was mit den Mikrozensusdaten allerdings nur bedingt oder gar nicht möglich ist, ist die Formulierung und Prüfung von Hypothesen über die grundlegenden psychologischen Mechanismen individuellen Verkehrsverhaltens. Wir können mit den Mikrozensusdaten also sehr genau beschreiben, wie sich Individuen unter gewissen sozialen und raumstrukturellen Bedingungen verhalten; über die Natur des individuellen Entscheidungsprozesses bei der Wahl von Aktivitäten, Zielen, Verkehrsmitteln usw. können aus diesen Daten aber nur in begrenztem Umfang Erkenntnisse abgeleitet werden. Hierfür sind in Ergänzung zum Mikrozensus spezielle verhaltenspsychologisch fundierte Befragungen oder

---

1) Das Aktivitätenkonzept kann im übrigen auch als theoretische Basis für das Erhebungsdesign des Mikrozensus 1984 betrachtet werden.

Experimente notwendig, die mit wesentlich kleineren Stichprobenumfängen auskommen.[1)]

Die zentrale Rolle der Statistik in der empirischen Verkehrsforschung konnte mit der vorliegenden Untersuchung einmal mehr demonstriert werden. Viele neuere statistische Verfahren, insbesondere multivariate Techniken, sind mit Erfolg bei Mobilitätsstudien einsetzbar. Die Komplexität des Untersuchungsgegenstands verlangt geradezu die Anwendung solcher höheren statistischen Methoden; mit ihrer Hilfe lassen sich die stabilen Muster (Gesetzmässigkeiten) des Verkehrsverhaltens aus der zunächst unüberschaubaren Vielfalt der individuellen Beobachtungen herausfiltern. Natürlich wachsen mit diesem Anspruch die Anforderungen an die statistischen Methodenkenntnisse der Verkehrswissenschaftler. Dies gilt im übrigen nicht nur für das Gebiet der Mobilitätsforschung, sondern gleichermassen für das weite Feld der Verkehrstechnik sowie die Analyse des Unfallgeschehens.

---

1) Im Rahmen des Forschungsprogramms MOBILITAET wird gleichzeitig zur vorliegenden Studie eine diesbezügliche Studie unter dem Titel:

"Bereitschaft zur Veränderung der Mobilität bzw. der Verkehrsmittelwahl" (Güller und Ahrend) durchgeführt.

7.3 Diskussion der Hypothesen des Forschungsprogramms 'Mobilität'

Im Forschungsprogramm 'Mobilität' wird den formulierten Hypothesen ein hoher Stellenwert beigemessen. Anhand dieser Hypothesen wurde die komplexe Thematik in der VSS-Kommission diskutiert und für ihre Untersuchung Prioritäten festgelegt. Gestützt auf die hier nun vorliegenden Forschungsergebnisse wird versucht, die Hypothesen zu falsifizieren. Die Ueberprüfung beschränkt sich auf die Hypothesen, denen eine hohe Bearbeitungspriorität beigemessen wird.

Hypothese 11: Die gesamte Mobilität einer Person ist vom Stand der gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technischen Entwicklung sowie von individuellen Vorlieben abhängig.

Die Wegehäufigkeit (verknüpft mit der Aktivitätenhäufigkeit) ist nachgewiesenermassen abhängig von der Lebensphase und der sozialen Rolle einer Person, d.h. von der Erwerbstätigkeit, der Altersklasse und des Geschlechts. Die PW-Verfügbarkeit hat bei den meisten Personengruppen keinen spezifischen Einfluss auf die Wegehäufigkeiten.

Hypothese 12: Der totale Zeitbedarf des Menschen für Ortsveränderungen ist konstant (Zeitbudget-Theorie) Grösserer Zeitverbrauch für Arbeitswege wird durch weniger Zeitverbrauch bei Einkaufs-, Erholungs- und Freizeitfahrten kompensiert.

Diese Hypothese konnte in dieser strengen Form mit den verfügbaren Daten nicht nachgewiesen werden. Mit Sicherheit kann nur gesagt werden, dass der gesamte tägliche Zeitaufwand für Ortsveränderungen nach Lebensphase und sozialer Rolle des Individuums variiert. Personen mit hohen Verkehrsleistungen (km/h) im Arbeits- und Geschäftsverkehr sind tendenziell weniger aus sonstigen Anlässen unterwegs.

Hypothese 13: Eine minimale Mobilität ist für jeden Menschen notwendig, wobei auf regionale Unterschiede zu achten ist. Die Mobilität kann deshalb nicht auf ein Nullniveau beschränkt werden. Hingegen lässt sie sich einteilen in Zwangsmobilität (Arbeitsweg, Einkaufen) und freiwillige Mobilität (Erholung, Vergnügen). Dabei bleibt unberücksichtigt, ab welcher Länge des Arbeitsweges - um nur ein Beispiel zu nennen - man bereits von freiwilliger Mobilität sprechen müsste.

Die verschiedenen Aktivitätsarten sind untereinander hierarchisch geordnet. Innerhalb verschiedener Lebenszyklus- und Rollentypen lassen sich unterschiedliche primäre und sekundäre Aktivitätsarten identifizieren. Primäre sind diejenigen, für deren Durchführung ein hohes Mass an Notwendigkeit besteht und die mit grosser Regelmässigkeit auftreten. Die sekundären Aktivitätsarten kommen zu den primären hinzu, werden aber nicht so regelmässig ausgeübt. Unbeantwortet bleibt die Frage, ob ab einer gewissen Wegelänge von freiwilliger Mobilität gesprochen werden kann.
Vergl. dazu auch Hypothese 11. Bei der Distanz der Ortsveränderung bleibt offen, ob es sich nur um die Ausschöpfung eines vorhandenen Erreichbarkeits-Potentials handelt, und ob dabei Sozialstatus usw. eine Rolle spielen.

Hypothese 16: Die Werthaltungen müssen geändert werden, damit sich die Mobilität reduzieren lässt.

Der Einfluss von Werthaltungen bezüglich Aktivitäten (z.B. Freizeitaktivitäten) und Verkehr (z.B. Umweltproblematik) lässt sich anhand der Datengrundlagen statistisch nicht eruieren. Es kann festgestellt werden, dass eine Verbesserung der Erreichbarkeit (durch verbessertes Verkehrssystem und eine höhere Motorisierung) tatsächlich genutzt und nur teilweise in eine Reduktion der Reisezeit umgesetzt wird.

eine Reduktion der Wegehäufigkeit ist praktisch nur durch einen Aktivitätsverzicht erreichbar, weil Personen mit grosser Aktivitätshäufigkeit diese bereits heute mit einer fast minimalen Wegehäufigkeit ausüben.

Hypothese 21: Die durch die Siedlungspolitik propagierte Trennung von Wohn-, Konsum- und Arbeitsflächen führt zu einer Zwangsmobilität.

Zu dieser Hypothese kann keine wissenschaftlich abgestützte Aussage gemacht werden. Vielleicht ist es auch umgekehrt: Das Verkehrssystem ermöglicht Trennung von Wohn-, Konsum- und Arbeitsplätzen. Tatsache ist, dass eine Verbesserung der Verkehrsgunst (z.B. durch höhere Geschwindigkeiten) auch tatsächlich genutzt wird. Diese zusätzliche Mobilität in Form grösserer Wegdistanzen wird freiwillig in Kauf genommen.

Hypothese 22: Durch den Wunsch nach einer schönen Wohnlage, der in einer guten wirtschaftlichen Situation erfüllt werden kann, nimmt die Mobilität zu.

Hypothese 24: Ein unattraktives Wohnklima in unseren Städten erhöht die Mobilität im Erholungsbereich. Um dem täglichen Einerlei zu entfliehen, werden vermehrt Erholungsfahrten (z.B. in die Ferienwohnung) unternommen.

keine Aussage möglich

Hypothese 31: Angebotsverbesserungen eines Transportsystems erhöhen die Mobilität. Dies gilt besonders dann, wenn damit ein Zeit und/oder Komfortgewinn verbunden ist.

vergl. Hypothese 21 und 16

Angebotsverbesserungen im Transportsystem und Verbesserungen seiner Zugänglichkeit (PW-Verfügbarkeit) führen in erster Linie zu längeren Fahrdistanzen.

Hypothese 32: Die Mobilität verändert sich selbst bei besserem OeV-Angebot zumindest kurzfristig nur wenig, solange die freie Verkehrsmittelwahl möglich ist. Bei einer Beschränkung des Autoverkehrs steigt hingegen der Anteil des öffentlichen Verkehrs.

Keine Aussage möglich.

7.4 Möglichkeiten und Grenzen der Mobilitätsbeeinflussung

Als Hauptziel der Arbeit wurde die Erforschung von Möglichkeiten zur Beeinflussung der Mobilität genannt, um daraus Handlungsempfehlungen ableiten zu können für eine mögliche Reduktion oder Verlagerung der Mobilitätsbedürfnisse auf umweltfreundliche Verkehrsmittel. Welche Zusammenhänge können nun aus dem vorliegenden ersten Forschungsteil genommen werden?

a) Wegehäufigkeit In der Forschungsarbeit konnte der Zusammenhang zwischen der Aktivitätenhäufigkeit und der Wegehäufigkeit quantitativ dargestellt werden. Mit zunehmender individueller Aktivitätenhäufigkeit nimmt die Verkettungswahrscheinlichkeit zu und nähert sich der minimal notwendigen Wegehäufigkeit für die Durchführung einer bestimmten Aktivitätenzahl. Durch zusätzliche Verkettung ist demzufolge nur noch eine geringe Einsparung von Wegen möglich. Eine Reduktion der Wegehäufigkeit ist folglich nur durch eine Reduktion der Aktivitätenhäufigkeit erreichbar. Im weiteren konnte gezeigt werden, dass die Aktivitätenhäufigkeit weitgehend unabhängig ist von der Verfügbarkeit eines PW's (Ausnahme: Voll-Erwerbstätige). Daraus kann geschlossen werden, dass durch die PW-Verfügbarkeit insgesamt keine grosse Zahl zusätzlicher Wege produziert wird. Vordringlich sind deshalb nicht Massnahmen zu suchen, welche die Aktivitätenhäufigkeit und damit die Wege-

häufigkeit reduzieren, sondern die Durchführung der Wege mit umweltfreundlichen Verkehrsmitteln fördern. Die Bestimmungsgrössen der Verkehrsmittelwahl (Modal-Split) waren nicht zentraler Bestandteil dieses ersten Forschungsteils. Immerhin wurde deutlich, dass bei gegebener Rolle und Lebensphase eines Individuums der Grad der PW-Verfügbarkeit der wesentliche Bestimmungsfaktor für das Verkehrsmittelwahlverhalten ist (Tab. 6.4). Für die Verlagerung der Wege auf den umweltfreundlicheren öffentlichen Verkehr und auf das Fahrrad müsste demnach die individuelle Verfügbarkeit des Automobils eingeschränkt werden! In einem weiteren Untersuchungsteil wäre zu prüfen, von welchen weiteren Einflüssen die Verkehrsmittelwahl abhängt und ob eine Beeinflussung möglich ist.

b) Wegelänge Die durchschnittliche Wegelänge ist in starkem Mass vom Verkehrsmittel, jedoch nur verhältnismässig schwach vom Fahrtzweck abhängig. Das mit einem bestimmten Verkehrsmittel verbundene 'Mobilitätspotential' wird - weitgehend unabhängig vom Fahrzweck - immer in ähnlicher Weise in Distanz umgesetzt. Bei gleichem Zeitaufwand legen die PW-Besitzer im Durchschnitt die 4-fache Wegelänge der Benutzer des öffentlichen Verkehrs zurück.

Es ist eine nunmehr gesicherte Gesetzmässigkeit des individuellen Mobilitätsverhalten, dass Geschwindigkeitsgewinne (infolge Strassenausbau, PW-Verfügbarkeit) primär zur Wahl weiter entfernt gelegener Ziele und weniger zur Zeiteinsparung genutzt werden. Eine Reduktion der Mobilitätskomponente Wegelänge ist deshalb grundsätzlich durch folgende Massnahmen erreichbar:

(i) Einschränkung der PW-Verfügbarkeit

(ii) Reduktion der Geschwindigkeit

Die Massnahmen, welche zu einer Einschränkung der PW-Verfügbarkeit führen, können hier nicht erörtert werden. Unter dem Aspekt der Mobilitätsbeeinflussung, wie sie in der Zielsetzung formuliert wird, ist jedoch wesentlich, dass damit die Wegelängen sowohl direkt, z.B. durch Erhöhung der PW-Transportkosten, wie auch indirekt, durch Umsteigen auf den öffentlichen Verkehr oder sogar Verzicht auf die Fahrt, reduziert würden. Keine Aussagen können gemacht werden zu möglichen Folgewirkungen einer derartigen Mobilitätsbeeinflussung auf die Siedlungsstruktur, die Wirtschaft, den Tourismus usw. Die PW-Verfügbarkeit gehört aber sowohl bei den Wegelängen wie auch bei der Verkehrsmittelwahl zu den zentralen Bestimmungsfaktoren.

Die Reduktion der Geschwindigkeit hätte grundsätzlich für den Autoverkehr zu erfolgen, weil dort die hohen Geschwindigkeiten zu extremen Wegelängen geführt haben. Gleichzeitig würde durch den Abbau des Geschwindigkeitsunterschieds gegenüber dem öffentlichen Verkehr die Verkehrsmittelwahl positiv beeinflusst.
Eine Reduktion der (motorisierten) Mobilität durch eine Verminderung der gefahrenen Motorfahrzeugkilometer wird auch unter dem Aspekt der negativen Auswirkungen des Autoverkehrs auf die Umwelt gefordert. Wie müsste nun eine Geschwindigkeitsreduktion aussehen, um den angestrebten Effekt zu erreichen? Die Analyse der Wegelängen zeigt, dass z.B. nur 10 % der Wege für mehr als die Hälfte (54 %) der gefahrenen Verkehrsleistungen (Mfz-km) verantwortlich sind. Die mittlere Geschwindigkeit dieser langen Fahrten ist wesentlich höher als diejenige der kurzen Fahrten (Abb. 6.2). Die zunehmende Durchschnittsgeschwindigkeit bei zunehmender Wegelänge hängt mit dem grösseren Wegeanteil zusammen, der bei langen Fahrten auf den Autobahnen zurückgelegt wird. Welche Folge hätte nun eine Reduktion der Geschwindigkeiten? Zunächst stellt sich

die Frage, ob der beobachtete Effekt der Wegeverlängerung bei Geschwindigkeitszunahme auch umkehrbar ist. Dabei ist zu differenzieren zwischen unterschiedlichen Zielen/Fahrtzwecken. Feste Ziele (z.B. entfernt wohnende Verwandte) können in der Regel nicht gewechselt werden. Die Folge einer Reisezeitzunahme wäre hier tendenziell eher ein Verzicht auf die Fahrt (z.B. nur 2 statt 3 Besuche pro Jahr).
Anders für Ziele, bei denen eine Wahlfreiheit besteht. Hier kann erwartet werden, dass eine Reduktion der Geschwindigkeit teilweise durch Verkürzung der Wegelänge kompensiert würde. Gleichzeitig würde auch eine etwas grössere Reisezeit in Kauf genommen. Um nun ein wirksames Mass der Geschwindigkeitsreduktion festlegen zu können, wäre ein Verhaltensmodell zu entwickeln, mit welchem die resultierende Abnahme der motorisierten Verkehrsleistung quantifiziert werden könnte. Damit könnte für gegenwärtig laufende stark emotionale Diskussionen über die Reduktion der Autoabgase ein Instrumentarium zur Verfügung gestellt werden, welches objektive Entscheidungsgrundlagen liefern könnte.

8. WEITERES VORGEHEN

Es wurde bereits erwähnt, dass es sich bei der vorliegenden Arbeit um einen ersten Forschungsteil im Rahmen des übergeordneten Forschungsprogramms Mobilität handelt. Im Rahmen der dort formulierten Zielsetzungen können nun, gestützt auf die vorliegenden Ergebnisse, Vorschläge für das weitere Vorgehen gemacht werden. Dabei werden drei Schwerpunkte unterschieden

(a) Verbesserung des Auswertungsverfahrens des Mikrozensus
(b) Weitere Analysen der Ursachen
(c) Prognose der Verkehrsmobilität

(a) Eine Verbesserung des Auswertungsverfahrens ist möglich durch die Einbringung zusätzlicher Gewichtungsfaktoren bei den verwendeten Grundlagedaten aus dem Mikrozensus zum Ausgleich der systematischen Fehler. Im weiteren ist ein Verfahren zur Bestimmung des Zufallsfehlers anzuwenden.

(b) Zu den bereits vorliegenden Ergebnissen der Ursachenforschung stellt sich im weiteren die Frage nach dem Zusammenhang der Siedlungsstruktur mit der Verkehrsmobilität. Damit im Zusammenhang steht der Einfluss des öffentlichen Verkehrsangebotes auf die Verkehrsmittelwahl, sowie die Frage nach dem Mobilitätsniveau ganz allgemein. Diese Frage ist getrennt für Werktag- und Wochenendverkehr aber auch für Nah- und Fernverkehr zu untersuchen.
Ebenfalls ungeklärt sind die Auswirkungen des PW-Mehrfachbesitzes von Haushalten auf das Verkehrsverhalten der Haushaltmitglieder.
Im Rahmen der Zeitbudgettheorien sind folgende Zusammenhänge zu prüfen
- Arbeitsplatz/Arbeitszeiten und Verkehrsmobilität
- Zeitallokation und Verkehrsmobilität (d.h. wie gross ist die verfügbare Zeit und wieviel davon wird für Verkehr aufgewendet)

Näher zu untersuchen ist die nichtmotorisierte Verkehrsteilnahme (Fussgänger, Fahrrad) und die Frage, wie weit motorisierte Formen der Verkehrsteilnahme durch nichtmotorisierte Formen substituiert werden können.
Ein ganz wesentlicher Aspekt ist der bereits angesprochene Zusammenhang zwischen Geschwindigkeitsreduktion und Verkürzung der Reiseweiten. Um fundierte Aussagen zu diesem sehr brisanten Thema der Verkehrsleistung machen zu können, ist ein entsprechendes Verhaltensmodell aufzustellen, mit welchem sich die Auswirkungen quantifizieren lassen.

(c) Anhand von Szenarien zur Entwicklung der Verkehrsmobilität könnte der Aspekt der Prognose angegangen werden:
- Welche Auswirkungen hätte der status quo?
- Wie könnte das zukünftige Verkehrsgeschehen aussehen, wenn gewisse steuernde Eingriffe vorgenommen würden?

Wichtig sind in diesem Zusammenhang allfällige Unterschiede im Verkehrsverhalten der Jugendlichen bzw. der Erwachsenen. Es ist zu vermuten, dass Verhaltensunterschiede dazu führen, dass sich heutige Jugendliche später anders verhalten als die heutigen Erwachsenen. Dasselbe dürfte auch bei anderen Altersgruppen, z.B. Rentner, gelten. Das Stichwort dazu sind sogenannte Kohortenstudien (Kohorte = Geburtsjahrgang). Die Vorschläge sind von der begleitenden VSS-Arbeitsgruppe - in Kenntnis der vorliegenden Ergebnisse - zu diskutieren und sodann in einem detaillierten Forschungsprogramm weiter zu konkretisieren.

CRITERION VARIABLE NAKTIV ANZAHL AKTIVITAETEN
BROKEN DOWN BY ERWERB2 BESCHAEFTIGUNGSSITUATION <9 KAT>

- A N A L Y S I S O F V A R I A N C E - -

VALUE	LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	SUM OF SQ	CASES
	SCH/STUD 10-13	862.7874	1.8302	1.0313	500.3414	471
	SCH/STUD 14-17	818.2849	2.0390	1.1718	549.6691	401
	SCH/STUD AB 18	525.6267	1.9490	1.4351	555.3584	270
	LEHRLING	631.3650	2.1541	1.5795	728.7578	293
	TEIL-ERWERB	1280.1363	2.0027	1.4307	1306.3087	639
	VOLL-ERWERB	6751.0728	2.3126	1.8231	9699.9909	2919
	HAUSARBEIT	1951.5478	1.5252	1.3415	2300.7782	1280
	RENTNER	924.8956	1.1958	1.1335	992.3461	773
	UEBRIGE	157.7082	1.3347	1.5039	264.9831	118
WITHIN GROUPS TOTAL		13903.4246	1.9404	1.5366	16896.5357	7165

* *

* A N A L Y S I S O F V A R I A N C E *

* *

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	SIG.
BETWEEN GROUPS	1122.5150	8	140.3144	59.4258	.0000
LINEARITY	144.6896	1	144.6896	61.2788	.0000
DEV. FROM LINEARITY	977.8254	7	139.6893	59.1611	.0000
	R = -.0896	R SQUARED = .0080			
WITHIN GROUPS	16896.5357	7156	2.3612		
	ETA = .2496	ETA SQUARED = .0623			

* *

CRITERION VARIABLE NAKTIV ANZAHL AKTIVITAETEN
BROKEN DOWN BY ERWERB2 BESCHAEFTIGUNGSSITUATION <9 KAT>

VARIABLE	VALUE	LABEL	MEAN	STD DEV	CASES
FOR ENTIRE POPULATION			1.9404	1.5859	7165
ERWERB2	1	SCH/STUD 10-13	1.8302	1.0313	471
ERWERB2	2	SCH/STUD 14-17	2.0390	1.1713	401
ERWERB2	3	SCH/STUD AB 18	1.9490	1.4351	270
ERWERB2	4	LEHRLING	2.1541	1.5795	293
ERWERB2	5	TEIL-ERWERB	2.0027	1.4307	633
ERWERB2	6	VOLL-ERWERB	2.3126	1.8231	2919
ERWERB2	7	HAUSARBEIT	1.5252	1.3415	1230
ERWERB2	8	RENTNER	1.1958	1.1335	773
ERWERB2	9	UEBRIGE	1.3347	1.5039	118

TOTAL CASES = 7418
MISSING CASES = 252 OR 3.4 PCT.

KNAKTIV ANZAHL AKTIVITAETEN BY ERWERB2 BESCHAEFTIGUNGSSITUATION <9 KAT>

KNAKTIV	COUNT / COL PCT	ERWERB2 1 SCH/STUD 10-13	2 SCH/STUD 14-17	3 SCH/STUD AB 18	4 LEHRLING	5 TEIL-ERW ERB	6 VOLL-ERW ERB	7 HAUSARBE IT	8 RENTNER	9 UEBRIGE	ROW TOTAL
0		53	39	46	37	79	319	232	226	51	1141
		11.2	9.7	17.1	12.7	12.4	10.9	22.8	29.2	43.1	15.9
1		110	79	64	81	180	720	436	313	20	2005
		23.4	19.8	23.7	27.7	28.2	24.7	34.1	40.5	17.1	28.0
2		198	161	73	70	184	829	314	139	20	1988
		42.0	40.1	27.1	23.9	28.7	28.4	24.5	17.9	17.3	27.7
3		89	86	52	49	107	487	134	68	16	1088
		18.8	21.4	19.4	16.6	16.8	16.7	10.5	8.8	13.9	15.2
4		20	25	17	29	60	274	58	14	4	501
		4.1	6.2	6.4	9.8	9.3	9.4	4.5	1.9	3.8	7.0
5		1	10	13	19	16	140	30	9	4	242
		.3	2.4	4.8	6.4	2.5	4.8	2.3	1.2	3.7	3.4
6		1		4	6	7	65	10	4	1	97
		.2		1.3	1.9	1.1	2.2	.8	.5	1.0	1.4
7+			2		3	7	85	6			103
			.4	.1	1.0	1.1	2.9	.5			1.4
COLUMN TOTAL		471	401	270	293	639	2919	1280	773	118	7165
		6.6	5.6	3.8	4.1	8.9	40.7	17.9	10.8	1.6	100.0

NUMBER OF MISSING OBSERVATIONS = 252

Anhang 3.2

VARIANZANALYTISCHE UNTERSUCHUNG DES EINFLUSSES DER BESCHAEFTIGUNGSSITUATION AUF DIE AKTIVITAETENHAEUFIGKEIT

Um die Eignung der beiden Wahrscheinlichkeitsmodelle (Poissonverteilung bzw. negative Binomialverteilung) zur Beschreibung der Aktivitätenhäufigkeit beurteilen zu können, wird die mittlere quadratische Kontingenz

$$\chi^2/n = \sum_{x=0}^{1} (p(x) - \hat{p}(x))^2/\hat{p}(x)$$

berechnet, wobei $\hat{p}(x)$ die Wahrscheinlichkeit für genau x Aktivitäten pro Tag bezeichnet. Unter Verwendung der Werte von Tabelle 2 erhält man für die Poissonverteilung

$$\chi^2/n = 0.0399$$

und für die negative Binomialverteilung

$$\chi^2/n = 0.0155$$

d.h. das Modell der negativen Binomialverteilung ist den empirischen Daten besser angepasst.

Unser Modell der Aktivitätenhäufigkeit sollte also wie folgt formuliert sein:

1. Die Aktivitätenhäufigkeit einer Person variiert von Tag zu Tag, wobei die beobachteten Aktivitätenzahlen als Realisationen einer poissonverteilten Zufallsvariablen aufgefasst werden können.

2. Der Erwartungswert, um welchen die individuelle Aktivitätenhäufigkeit schwankt, ist von Person zu Person verschieden. Man kann annehmen, dass die individuelle "Aktivitätenrate" in der Population einer Gammaverteilung unterliegt.

3. Die Stichprobenverteilung des Merkmals Aktivitätenhäufigkeit ist dann durch die negative Binomialverteilung gegeben. Nach Schätzung der Parameter der negativen Binomialverteilung hat man ein Modell für die Verteilung der Aktivätenhäufigkeit in der Gesamtheit aller Personen.

Wenn die Aktivitätenhäufigkeit X einer negativen Binomialverteilung unterliegt, so ist

$$(2) \qquad E(X) = \alpha\frac{\theta}{1-\theta}$$

der Erwartungswert und

$$(3) \qquad var(X) = \alpha\frac{\theta}{1-\theta}\left(1 + \frac{\theta}{1-\theta}\right)$$

die Varianz der Aktivitätenhäufigkeit. Wenn man für E(X) den Wert 1.92 und für var(X) den Wert 2.55 einsetzt, so können die Parameter α und θ aus den beiden Gleichungen (2) und (3) bestimmt werden. Man erhält

$$(4) \qquad \alpha = 5.8292 \qquad \theta = 0.2476$$

Setzt man diese Zahlenwerte in Formel (1) ein, so kann man die Wahrscheinlichkeit für 0, 1, 2 usw. Aktivitäten pro Tag berechnen. Tabelle 2 zeigt die empirischen Häufigkeiten p(x) zusammen mit den entsprechenden Wahrscheinlichkeiten nach der negativen Binomialverteilung.

Tabelle 2 Empirische und theoretische Verteilung der Aktivitätenhäufigkeit

Aktivitäten pro Tag (x)	Empirische Häufigkeit p(x)	Wahrscheinlichkeit Poisson	Wahrscheinlichkeit neg. Binomial
0	0.168	0.147	0.191
1	0.280	0.282	0.275
2	0.273	0.270	0.232
3	0.149	0.173	0.150
4	0.069	0.083	0.082
5	0.033	0.032	0.040
6	0.013	0.010	0.018
7+	0.015	0.004	0.012
Summe	1.000	1.000	1.000

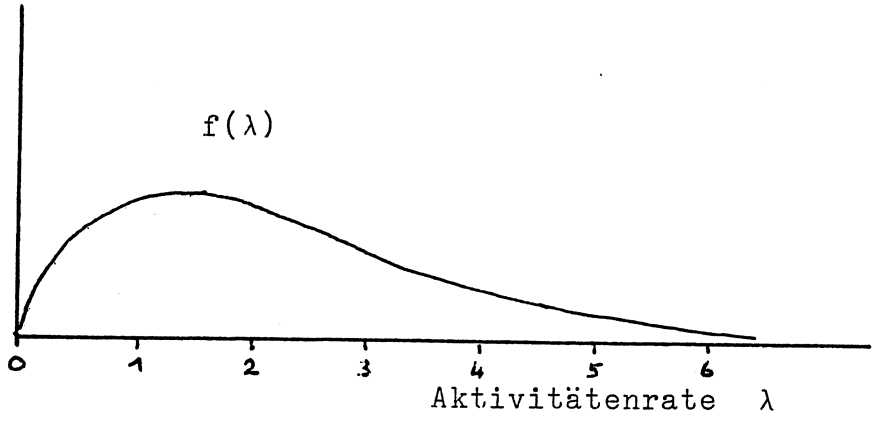
sächliche Aktivitätenzahl der Person um diesen Mittelwert λ schwankt: Es gibt Tage, an denen die Person keine Aktivität, eine Aktivität, zwei Aktivitäten usw. ausübt. Die individuelle Aktivitätenrate ist aber von Person zu Person verschieden. Solche Unterschiede ergeben sich vor allem aus der Lebensphase der Person und der Rolle im Haushalt und Gesellschaft (z.B. hohe Aktivitätenrate bei jüngeren Erwerbstätigen und niedrige Aktivitätenrate bei Rentnern).

Wenn man deshalb annimmt, dass die Aktivitätenrate λ in der Gesamtheit aller Personen einer bestimmten Häufigkeitsverteilung unterliegt, so ist die beobachtete Stichprobenverteilung der Aktivitätenhäufigkeit - hier gegeben durch die Werte $p(x)$ - nicht länger als die Beobachtung einer Poissonverteilung aufzufassen. Nimmt man plausiblerweise an, dass die Aktivitätenrate in der Population der Personen einer Gammaverteilung unterliegt (vgl. Abbildung 1), so erhält man als Verteilungsmodell für die Aktivitätenhäufigkeit die negative Binomialverteilung

$$(1) \qquad P(X=x) = (-1)^x \binom{-\alpha}{x} \theta^x (1-\theta)^\alpha \qquad (\alpha>0;\ 0<\theta<1)$$

$$\text{für} \quad x = 0,1,2,\ldots$$

Abbildung 1 Gammaverteilung der Aktivitätenrate



Statistisches Modell der Aktivitätenhäufigkeit

Die Aktivitätenhäufigkeit kann in erster Näherung als eine poissonverteilte Variable aufgefaßt werden. Die Uebereinstimmung zwischen den beobachteten relativen Häufigkeiten p(x) und den entsprechenden Poisson-Wahrscheinlichkeiten ist bereits recht gut. Man stellt allerdings fest, dass die Aktivitätenhäufigkeit etwas stärker streut als es einer Poissonverteilung entspricht:

Mittlere Aktivitätenhäufigkeit

$\bar{x} = 1.92$ Aktivitäten pro Person und Tag

Mittlere quadratische Abweichung

$s^2 = 2.55$

Die zuletzt genannte Eigenschaft legt eine Modifikation unserer Modellvorstellung über die Verteilung der Aktivitätenhäufigkeit nahe. Wir nehmen nunmehr an, dass die tägliche Aktivitätenzahl jeder einzelnen Person poissonverteilt ist; wir unterstellen also, dass es eine personenspezifische "Aktivitätenrate" λ gibt, und dass die tat-

Tabelle 1 Empirische Verteilung und Poissonverteilung der Aktivitätenhäufigkeit

Aktivitäten pro Tag (x)	Anteil Personen p(x)	Poissonverteilung mit $\lambda = 1,92$
0	0.168	0.147
1	0.280	0.282
2	0.273	0.270
3	0.149	0.173
4	0.069	0.083
5	0.033	0.032
6	0.013	0.010
7+	0.015	0.004
Summe	1.000	1.000

Anhang 3.1

STATISTISCHES MODELL DER AKTIVITAETEN-HAEUFIGKEIT

* H I E R A R C H I C A L L O G L I N E A R * * * * * * * *

TESTS THAT K-WAY AND HIGHER ORDER EFFECTS ARE ZERO.

K	DF	L.R. CHISQ	PROB	PEARSON CHISQ	PROB	ITERATION
3	16	18.623	.2887	18.540	.2933	NA
2	36	1104.795	.0000	1170.113	.0000	NA
1	44	2567.759	.0000	2613.056	.0000	0

TESTS THAT K-WAY EFFECTS ARE ZERO.

K	DF	L.R. CHISQ	PROB	PEARSON CHISQ	PROB	ITERATION
1	8	1462.964	.0000	1442.943	.0000	0
2	20	1086.171	.0000	1151.573	.0000	0
3	16	18.623	.2887	18.540	.2933	0

* H I E R A R C H I C A L L O G L I N E A R * * * * * * *

TESTS OF PARTIAL ASSOCIATIONS.

EFFECT NAME	DF	PARTIAL CHISQ	PROB	ITER
KAUTON*KALTERT	8	692.413	.0000	2
KAUTON*KG7	4	86.289	.0000	2
KALTERT*KG7	8	86.151	.0000	2
KAUTON	2	652.435	.0000	2
KALTERT	4	696.725	.0000	2
KG7	2	113.785	.0000	2

```
* * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * H I E R A R C H I C A L   L O G   L I N E A R * * * * * *

DATA   INFORMATION

        3513 UNWEIGHTED CASES ACCEPTED.
           0 CASES REJECTED BECAUSE OF OUT-OF-RANGE FACTOR VALUES.
           0 CASES REJECTED BECAUSE OF MISSING DATA.
        3513 WEIGHTED CASES WILL BE USED IN THE ANALYSIS.


FACTOR INFORMATION

   FACTOR  LEVEL  LABEL
   KAUTON      3  ANZAHL AUTOS IM HAUSHALT
   KALTERT     5  PERSONEN TOTAL IM HAUSHALT
   KG7         3  GEMEINDEGROESSE

- - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - -
```

Anhang 2.2

LOGLINEARE ANALYSE DES PW-BESITZES VON HAUSHALTEN

Tab. 8c

CROSSTABULATION OF

AUTON ANZAHL AUTOS BY KALTERT PERSONEN TOTAL IN KLASSEN

CONTROLLING FOR..

G10 SPRACHREGION VALUE = 3. ITAL.

AUTON	KALTERT 1	2	3	4	5 U.MEHR	ROW TOTAL
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	
0	17	9	2	2		31
	41.5	23.3	8.3	9.3		21.7
1	24	21	12	17	5	79
	58.5	52.4	45.7	67.0	46.3	55.1
2		9	11	3	5	27
		21.6	41.0	12.3	45.9	19.0
3		1	1	3		6
		2.8	5.0	11.4	4.3	4.0
4						0
					3.4	.3
COLUMN TOTAL	42	40	26	25	11	143
	29.2	28.0	18.2	17.3	7.4	100.0

NUMBER OF MISSING OBSERVATIONS = 0

Tab. 8b

CROSSTABULATION OF AUTON ANZAHL AUTOS BY KALTERT PERSONEN TOTAL IN KLASSEN

CONTROLLING FOR.. G10 SPRACHREGION VALUE = 2. FRANZ.

AUTON	KALTERT 1	2	3	4	5 U.MEHR	ROW TOTAL
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	
0	143	56	19	10	6	234
	48.9	22.5	14.8	7.0	10.4	27.0
1	143	144	73	84	25	470
	49.2	57.4	56.5	59.6	47.7	54.3
2	6	49	29	38	15	136
	1.9	19.6	22.6	26.8	27.9	15.7
3		1	8	8	6	24
		.5	6.1	5.8	12.0	2.7
4				1	1	2
				.9	2.0	.3
COLUMN TOTAL	292	251	129	140	53	865
	33.7	29.0	14.9	16.2	6.2	100.0

Tab. 8a

C R O S S T A B U L A T I O N O F

AUTON ANZAHL AUTOS BY KALTERT PERSONEN TOTAL IN KLASSEN

CONTROLLING FOR..

G10 SPRACHREGION VALUE = 1. DEUTSCH

AUTON	COUNT / COL PCT	KALTERT 1	2	3	4	5 U.MEHR	ROW TOTAL
		1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	
0		474	228	71	44	24	842
		62.8	30.8	18.5	11.2	10.5	33.6
1		267	399	215	254	130	1264
		35.3	53.8	56.2	63.9	56.9	50.5
2		14	106	79	77	60	335
		1.8	14.3	20.6	19.3	26.3	13.4
3			6	17	21	11	55
			.8	4.4	5.2	4.9	2.2
4			2			3	5
			.2	.1	.1	1.2	.2
5				1			1
				.2	.1	.1	.1
6					1		1
					.2		.0
7							0
						.1	.0
COLUMN TOTAL		755	741	383	398	228	2504
		30.1	29.6	15.3	15.9	9.1	100.0

Tab. 7c

CROSSTABULATION OF

AUTON ANZAHL AUTOS BY KALTERT PERSONEN TOTAL IN KLASSEN

CONTROLLING FOR..

KG7 GEMEINDEGROESSE VALUE = 3.00 UEBER 50000 EINW

AUTON	COUNT / COL PCT	KALTERT 1 (1.00)	2 (2.00)	3 (3.00)	4 (4.00)	5 U.MEHR (5.00)	ROW TOTAL
0		273	106	25	14	6	423
		69.5	39.4	23.0	15.6	24.7	48.1
1		113	141	61	55	13	382
		28.8	52.2	56.8	62.3	55.5	43.4
2		7	21	19	15	3	64
		1.7	7.8	17.4	16.6	14.1	7.3
3			1	2	4	1	8
			.3	2.0	4.5	5.8	.9
4			1		1		2
			.3		1.1		.2
5				1			1
				.8			.1
COLUMN TOTAL		393	270	108	88	23	881
		44.6	30.7	12.2	10.0	2.6	100.0

NUMBER OF MISSING OBSERVATIONS = 0

Tab. 7b

C R O S S T A B U L A T I O N O F AUTON ANZAHL AUTOS BY KALTERT PERSONEN TOTAL IN KLASSEN

CONTROLLING FOR.. KG7 GEMEINDEGROESSE VALUE = 2.00 5001 - 50000 EINW

AUTON	COUNT / COL PCT	KALTERT 1	2	3	4	5 U.MEHR	ROW TOTAL
		1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	
0		220	100	43	29	10	403
		54.4	25.6	20.8	12.4	10.3	30.1
1		181	219	114	146	54	714
		44.7	56.5	54.6	61.9	52.9	53.3
2		4	65	38	47	31	186
		.9	16.7	18.4	20.0	30.7	13.9
3			4	13	12	4	33
			.9	6.2	5.2	4.3	2.5
4			1			2	3
			.2		.1	1.8	.2
6					1		1
					.4		.1
COLUMN TOTAL		405	388	208	237	101	1339
		30.2	29.0	15.5	17.7	7.6	100.0

Tab. 7a

CROSSTABULATION OF AUTON ANZAHL AUTOS BY KALTERT PERSONEN TOTAL IN KLASSEN

CONTROLLING FOR.. KG7 GEMEINDEGROESSE VALUE = 1.00 BIS 5000 EINW

AUTON	KALTERT 1	2	3	4	5 U.MEHR	ROW TOTAL
	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	
0	141	88	24	13	13	280
	48.6	23.6	10.9	5.6	8.0	21.7
1	141	204	125	153	94	716
	48.3	54.6	56.3	64.2	56.0	55.4
2	9	77	61	56	45	249
	3.1	20.7	27.7	23.3	27.1	19.3
3		4	11	16	12	43
		1.1	5.0	6.5	7.3	3.3
4					2	3
			.2	.1	1.4	.2
5						1
				.1	.1	.0
7						0
					.1	.0
COLUMN TOTAL	291	374	222	238	168	1293
	22.5	28.9	17.2	18.4	13.0	100.0

Tab. 6

AUTON ANZAHL AUTOS — CROSSTABULATION OF AUTON BY G10 SPRACHREGION

AUTON	COUNT / COL PCT	G10 1 DEUTSCH	G10 2 FRANZ.	G10 3 ITAL.	ROW TOTAL
0		842	234	31	1107
		33.6	27.0	21.7	31.5
1		1264	470	79	1813
		50.5	54.3	55.1	51.6
2		335	136	27	499
		13.4	15.7	19.0	14.2
3		55	24	6	84
		2.2	2.7	4.0	2.4
4		5	2		8
		.2	.3	.3	.2
5		1			1
		.1			.0
6		1			1
		.0			.0
7					0
		.0			.0
COLUMN TOTAL		2504	865	143	3513
		71.3	24.6	4.1	100.0

Tab. 5

AUTON ANZAHL AUTOS — CROSSTABULATION OF AUTON BY G5 REGIONSTYP — PAGE

AUTON	G5 1 GROSSSTADT	2 M.STADT / AGGL +	3 M.STADT / AGGL -	4 AGRAR IN AGRAR. REGION	5 INDUSTR / INDUSTR. AGGL +	6 INDUSTR / AGGL -	7 AGRAR / TOURIST	8 TERTIAER -TOURISM	9	ROW TOTAL
0	452	183	163	64	65	69	54	19	37	1107
	37.3	31.7	29.2	28.2	20.0	26.9	33.2	31.5	28.7	31.5
1	573	296	300	113	199	146	82	34	71	1813
	47.3	51.1	53.6	49.4	60.7	56.9	50.5	56.0	55.5	51.6
2	160	81	81	39	54	35	24	8	17	499
	13.2	14.0	14.6	17.3	16.5	13.7	14.6	12.6	12.9	14.2
3	23	18	12	10	9	6	3		4	84
	1.9	3.1	2.2	4.5	2.6	2.2	1.7		2.9	2.4
4	3		2	1	1	1				8
	.3		.3	.5	.2	.3				.2
5		1								1
		.1	.1	.1						.0
6	1									1
	.1									.0
7										0
				.1						.0
COLUMN TOTAL	1213	579	559	228	327	256	162	61	128	3513
	34.5	16.5	15.9	6.5	9.3	7.3	4.6	1.7	3.7	100.0

Tab. 4

AUTON ANZAHL AUTOS — CROSSTABULATION OF BY G7 — EINWOHNER 1980 DER GDE — PAGE

AUTON	G7 COUNT / COL PCT	1 BIS 1000 EINW	2 1001-2000 E.	3 2001-5000 E.	4 5001-10000 E.	5 10001-20000 E.	6 20001-50000 E.	7 50001-100000 E.	8 100001-200000 E.	9 UEBER 200000 E.	ROW TOTAL
0		66	54	161	164	171	68	89	193	141	1107
		18.5	21.6	23.4	33.3	30.1	24.3	49.9	43.1	55.4	31.5
1		201	138	377	237	310	167	72	215	95	1813
		56.1	55.5	55.0	48.0	54.8	59.6	40.7	48.0	37.2	51.6
2		71	49	128	77	69	40	14	35	16	499
		19.9	19.7	18.7	15.6	12.2	14.2	7.7	7.9	6.1	14.2
3		19	7	17	13	16	4	2	4	2	84
		5.2	2.9	2.5	2.7	2.8	1.4	1.3	.8	.9	2.4
4		1		2	2		2		1	1	8
		.2	.1	.3	.3		.6		.2	.3	.2
5								1			1
		.1	.1					.5			.0
6						1					1
						.2					.0
7											0
				.0							.0
COLUMN TOTAL		358 10.2	249 7.1	686 19.5	493 14.0	567 16.1	280 8.0	178 5.1	448 12.8	255 7.3	3513 100.0

A2.1-4

Tab. 3

C R O S S T A B U L A T I O N O F

AUTON ANZAHL AUTOS BY WOHNVER WOHNVERHAELTNIS

WOHNVER							
COUNT / COL PCT	1 MIETWOHNUNG	2 GEMIETETES HAUS	3 UNTERMIETE	4 EIGENES HAUS	5 EIGENTUMSWOHNUNG	6 UEBRIGES	ROW TOTAL
AUTON							
0	760	19	54	217	14	14	1078
	36.2	12.8	66.4	22.0	13.3	57.7	31.3
1	1105	86	23	489	69	9	1781
	52.7	58.6	28.4	49.5	65.1	35.8	51.7
2	213	34	4	223	18	2	493
	10.1	22.9	5.2	22.5	16.8	6.5	14.3
3	19	7		53	5		84
	.9	4.6		5.4	4.8		2.4
4	3	1		4			8
	.1	.5		.4			.2
5		1		1			1
		.6		.1			.0
6				1			1
				.1			.0
7							0
				.0			.0
COLUMN TOTAL	2099	146	82	989	106	24	3446
	60.9	4.2	2.4	28.7	3.1	.7	100.0

Tab. 2

CROSSTABULATION OF AUTON ANZAHL AUTOS BY ANZERW ANZAHL VOLLERW. IM HAUSHALT

AUTON ANZAHL AUTOS	ANZERW 0 (.00)	ANZERW 1 (1.00)	ANZERW 2 U.MEHR (2.00)	ROW TOTAL
0	643	419	44	1107
	63.1	21.3	8.3	31.5
1	332	1223	257	1813
	32.6	62.2	48.7	51.6
2	38	290	172	499
	3.7	14.7	32.5	14.2
3	4	32	48	84
	.4	1.6	9.2	2.4
4	2	1	5	8
	.2	.1	.9	.2
5			1	1
		.0	.2	.0
6			1	1
			.2	.0
7				0
			.0	.0
COLUMN TOTAL	1020	1965	528	3513
	29.0	55.9	15.0	100.0

Tab. 1

CROSSTABULATION OF AUTON ANZAHL AUTOS BY KALTERT PERSONEN TOTAL IM HAUSHALT

AUTON	KALTERT 1 (1.00)	2 (2.00)	3 (3.00)	4 (4.00)	5 U.MEHR (5.00)	ROW TOTAL
0	634	294	92	57	30	1107
	58.3	28.5	17.1	10.0	10.1	31.5
1	435	564	299	354	160	1813
	39.9	54.7	55.7	62.9	54.9	51.6
2	20	164	118	118	80	499
	1.8	15.9	22.0	20.9	27.3	14.2
3		9	26	32	18	84
		.8	4.9	5.6	6.2	2.4
4		2		2	4	8
		.2	.1	.3	1.5	.2
5			1			1
			.2	.1	.1	.0
6				1		1
				.2		.0
7						0
					.1	.0
COLUMN TOTAL	1089	1032	537	563	292	3513
	31.0	29.4	15.3	16.0	8.3	100.0

Anhang 2.1

KREUZTABELLEN ZUM PW-BESITZ VON HAUSHALTEN

Da gemäß H_1 die mittlere Entfernung der Aktivitätsgelegenheiten von der Wohnung gleich $\mu_s = 2/\beta$ ist, folgt aus H_1 bis H_3 weiterhin

(D) $$\mu_x \leq \mu_s$$

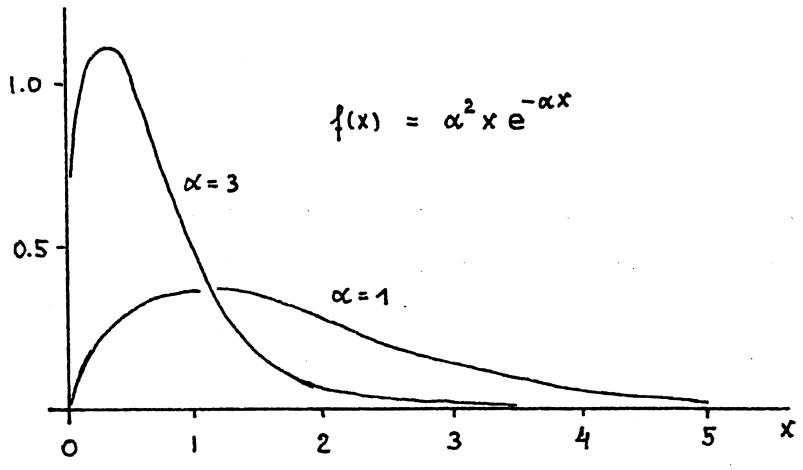
wobei in (D) das Gleichheitszeichen genau dann gilt, wenn $\lambda=0$. Die Ungleichung (D) hat auch den Charakter eines verkehrswissenschaftlichen Gesetzes:

(I3) "Die mittlere Wegelänge ist stets kleiner oder gleich der mittleren Entfernung zwischen den Aktivitätsgelegenheiten und der Wohnung des Individuums. Die beiden Mittelwerte stimmen nur dann überein, wenn es sich um Wege von Personen handelt, die keinerlei Entfernungsempfindlichkeit aufweisen."

Die Aussagen (I2) und (I3) haben bereits wesentlich stärker analytischen Charakter als die stark deskriptiv geprägte Interpretation (I1). Damit wird klar, dass sich auch die Verkehrswissenschaft nicht mit der Darstellung empirischer Gesetzeshypothesen begnügen darf, sondern umfassendere Hypothesenhierarchien und Theorien zum Verkehrsverhalten anstreben muss.

In den nachfolgenden Abschnitten wird der Schwerpunkt auf der induktiven Ableitung von Hypothesen zum Verkehrsverhalten liegen. Einer ganzen Reihe von Hypothesen wird man hierbei durchaus Gesetzescharakter zusprechen können. An einigen Stellen wird auch ein Ausblick auf mögliche Ansätze zur Bildung von Hypothesenhierarchien oder gar umfassenderen Theorien der Verkehrsmobilität gegeben.

Abbildung 2: Verschiedene Spezifikationen des Gamma-Modells für die Wegelänge



(I1) "Die mittlere (erwartete) Wegelänge ist umso kleiner, je mehr Wege nur über relativ kurze Distanzen führen."

Dies ist fürwahr keine besonders weitreichende Erkenntnis.

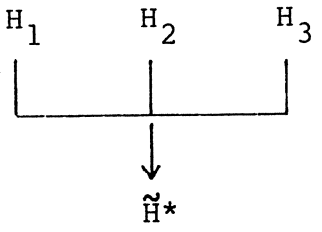
Im Gegensatz dazu erhält man aus der theoretisch abgeleiteten Hypothese $\tilde{H}^*$ das folgende Ergebnis (die weitere Hypothese):

(C) $$\mu_X = \frac{2}{\beta+\lambda} .$$

Da β ein Mass für die Stärke der Konzentration der Aktivitätsorte in der Umgebung der Wohnung des Individuums ist, und λ als ein Mass für die "Entfernungsempfindlichkeit" der Person gedeutet werden kann, lässt sich (C) wie folgt interpretieren:

(I2) "Die mittlere (erwartete) Wegelänge ist umso kleiner, je stärker die Aktivitätsgelegenheiten in der Umgebung der Wohnung des Individuums konzentriert sind und je grösser die Entfernungsempfindlichkeit der Person ist."

Aus dieser Betrachtungsweise heraus haben wir es hier also mit einer Hypothesenhierarchie zu tun:



Diese Hypothesenhierarchie kann als Vorstufe einer Theorie des räumlichen Verhaltens von Individuen betrachtet werden. Im Rahmen einer solchen Theorie wäre z.B. die Hypothese H_3 selbst wieder aus Hypothesen höherer Ordnung, z.B. aus einem nutzentheoretischen Modell des individuellen Entscheidungsverhaltens abzuleiten.

Der grössere Gehalt von Hypothesenhierarchien oder gar Theorien gegenüber einfachen Gesetzeshypothesen der Form H bzw. H* kann an einem einfachen Beispiel verdeutlicht werden, wobei wir der Einfachheit halber $\theta=2$ setzen; unser Gamma-Modell für die Wegelänge lautet dann

$$(A) \qquad f(x) = \alpha^2 \, x \, e^{-\alpha x} \qquad (x \geq 0, \alpha > 0)$$

Als empirisches Gesetz kann Formel (A) eine Vielzahl realer Situationen beschreiben (Abbildung 2); man muss lediglich den Parameter α passend bestimmen, wofür es geeignete statistische Verfahren gibt. Der Mittelwert μ_X der Wegelänge ergibt sich im Modell (A) wie folgt:

$$(B) \qquad \mu_X = \frac{2}{\alpha}$$

Da der Parameter α in Formel (A) anschaulich als Mass dafür gedeutet werden kann, welcher Anteil der Wege nur über relativ kurze Distanzen führt (vgl. Abbildung 2), läßt sich (B) lediglich wie folgt interpretieren:

Es sei nur der Vollständigkeit halber erwähnt, dass eine spezielle Version unseres induktiv gewonnenen Gesetzes über die Gammaverteilung der Wegelänge auch durch mathematische Ableitung (also deduktiv) aus einem System übergeordneter Hypothesen gewonnen werden kann. Die übergeordneten Hypothesen lauten wie folgt:

H_1: Die Entfernung der Aktivitätsgelegenheit von der Wohnung eines Individuums unterliegt der speziellen Gammaverteilung

$$g(s) = \beta^2 s e^{-\beta s} \qquad (s \geq 0,\ \beta > 0)$$

H_2: Das Individuum ordnet bei Zielwahlentscheidungen jeder Entfernung s einen subjektiv empfundenen Entfernungswiderstand $w(s) \geq 0$ zu und zwar gilt

$$w(s) = e^{\lambda s} \qquad (s \geq 0,\ \lambda \geq 0)$$

H_3: Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Person ein Ziel in einem bestimmten Entfernungsintervall (von der Wohnung aus gesehen) wählt, ist proportional zur Anzahl der in diesem Intervall vorzufindenden Aktivitätsgelegenheiten und umgekehrt proportional zum subjektiven Entfernungswiderstand.

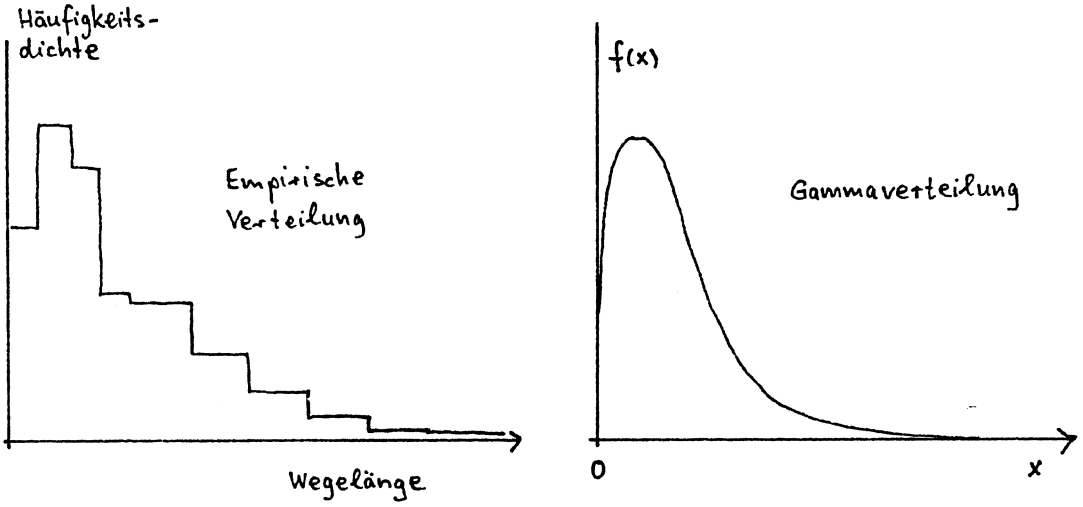
Aus den Hypothesen H_1 bis H_3 kann durch Anwendung mathematischer Methoden (Analysis, Wahrscheinlichkeitstheorie) der folgende Satz abgeleitet werden (vgl. HAUTZINGER, 1982):

$\tilde{H}^*$: Die Länge X eines aus der Gesamtheit aller Ortsveränderungen von Personen zufällig herausgegriffenen Weges ist eine Zufallsvariable mit der Dichtefunktion

$$f(x) = (\beta+\lambda)^2 x e^{-(\beta+\lambda)x} \qquad (x \geq 0)$$

Der Satz $\tilde{H}^*$ ist ein Spezialfall der Hypothese H^* wobei $\theta=2$ (und damit $\Gamma(\theta)=1$) und $\alpha = \beta+\lambda$

Abbildung 1: Empirische und theoretische Verteilung der Wegelänge



In Abbildung 1 ist ein typisches Beispiel für eine empirische Häufigkeitsverteilung der Wegelänge sowie die entsprechende Gamma-Dichtefunktion dargestellt. Da die Hypothese H bzw. H* als in hohem Masse empirisch bestätigt anzusehen ist, kann man dieser Hypothese den Rang eines verkehrswissenschaftlichen Gesetzes zusprechen. Bei diesem Gesetz handelt es sich in der Form H um ein statistisches und in der Form H* um ein Wahrscheinlichkeitsgesetz.

Wichtig ist noch folgende Feststellung: Die Tatsache, dass bei empirischen Untersuchungen der Wegelänge niemals Häufigkeitsverteilungen gefunden werden, die exakt einer bestimmten Gammaverteilung entsprechen, ist nicht etwa ein Beweis für die Ungültigkeit unseres induktiv gewonnenen Gesetzes H bzw. H*. Dieses wäre nur dann der Fall, wenn wir bei einem bestimmten Typ von Wegen eine so starke Abweichung zwischen der empirischen und der theoretischen Wegelängenverteilung finden würden, dass die Hypothese H in einem statistischen Test (z.B. Kolmogoroff-Smirnov-Test) abgelehnt werden müsste.

2. Beispiel für ein verkehrswissenschaftliches Gesetz

Empirische Verkehrserhebungen führen bekanntermassen praktisch immer zu dem Ergebnis, dass kurze Wege relativ häufig, Wege über grössere Distanzen dagegen nur relativ selten vorkommen. Diesen Sachverhalt kann man in Form einer allgemeinen Aussage über die Länge von Wegen wie folgt ausdrücken:

> Wege (=Ortsveränderungen) von Personen sind zu einem grossen Teil kurz und nur zu einem kleinen Teil lang.

In dieser allgemeinen Formulierung ist die obige Behauptung einer empirischen Ueberprüfung nicht zugänglich, da die Begriffe "kleiner bzw. grosser Teil" sowie "kurze bzw. lange Wege" nicht genau definiert sind. Wir müssen die Aussage präzisieren, wenn sie den Charakter einer Hypothese erhalten soll. Den höchsten Grad an Präzision erreichen wir, wenn wir unsere Behauptung über die Länge von Wegen in mathematischer Form ausdrücken.

Ausgehend von den empirischen Befunden liegt es nahe, unsere Hypothese wie folgt zu formulieren:

> H: Die Länge der Ortsveränderungen von Personen unterliegt einer Häufigkeitsverteilung vom Gamma-Typ.

oder

> H*: Die Länge X eines aus der Gesamtheit aller Ortsveränderungen von Personen zufällig herausgegriffenen Weges ist eine Zufallsvariable mit der Dichtefunktion

$$f(x) = \frac{\alpha^{\theta}}{\Gamma(\theta)} x^{\theta-1} e^{-\alpha x}$$

wobei $x \geq 0$, $\alpha > 0$ und $\beta > 0$.

Man wird davon ausgehen können, dass verkehrswissenschaftliche Gesetze der hier zur Diskussion stehenden Art in der Regel stochastischen Charakter haben (statistische Gesetze bzw. Wahrscheinlichkeitsgesetze). Statistische Gesetze machen keine Aussagen über Individuen sondern über Gesamtheiten von Individuen, wobei der Begriff der relativen Häufigkeit eine Rolle spielt. Tritt an die Stelle der relativen Häufigkeit der theoretische Begriff der Wahrscheinlichkeit, so lassen sich auch (Wahrscheinlichkeits-)Aussagen über Individuen, die zu einer bestimmten Menge gehören, machen. Legt man den Gedanken an deterministische Gesetze beiseite, so bedeutet dies aus der Sicht der analytischen Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie keine Beschränkung auf "ungenaues" oder "unsicheres" Wissen. Auch in den Naturwissenschaften, speziell in der Atom- und Quantenphysik, zeigt sich, dass ein beträchtliches Mass von Indeterminiertheit ein Wesensmerkmal der (physikalischen) Wirklichkeit ist. Der Bruch mit dem rationalistischen Dogma einer absolut sicheren Welterkenntnis bedeutet keineswegs den Uebergang zu einem totalen Wissensskeptizismus. Dies ist der Fall, weil man gerade für das wahrscheinliche Wissen genaue Grenzen seiner Gültigkeit angeben kann und zwar in Form qualitativer, komparativer und numerischer Grade seiner Bestätigungsfähigkeit (LEINFELLNER, 1967). Auch in der Verkehrswissenschaft kann man den Bestätigungs- bzw. Bewährungsgrad des theoretischen Wissens mit mathematisch-statistischen Methoden feststellen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Suche nach allgemeinen Gesetzmässigkeiten des Verkehrsverhaltens - mit den angedeuteten Einschränkungen - ein lohnendes Forschungsziel ist. Eine vorschnelle Beschränkung auf die Beschäftigung mit isolierten Einzelaspekten und ein reiner Deskriptivismus kann nicht befürwortet werden, da er mit Sicherheit dem wissenschaftlichen Fortschritt abträglich ist.

klärungsvorgangs betrachtet (KANITSCHNEIDER, 1980).

Teilweise wird die Auffassung vertreten, dass bei der Analyse des Verhaltens von Personenkollektiven - also etwa bei der Untersuchung des Verkehrsverhaltens von Haushalten - keine fundamentalen Gesetze gefunden werden können, weil die eigentlich stabilen Muster nur auf der individuellen Ebene angesiedelt sein könnten. Ein verkehrssoziologisches Gesetz würde demnach nur das Durchschnittsverhalten einer Gruppe von Individuen wiedergeben. Richtig sei es dagegen, durch Anwendung der psychologischen Gesetze auf der Makroebene, die Gesetze der sozialen Phänomene (als Wechselwirkung zwischen Individuen) herzuleiten (OPP und HUMMELL, 1970).

Aus der Sicht der analytischen Wissenschaftstheorie ist das offenkundige Gesetzesdefizit der Sozialwissenschaften vorübergehender Natur: Mit weiteren Fortschritten der Sozialwissenschaften wird es auch hier gelingen, stabile Gesetzmässigkeiten aufzudecken. Dieser Auffassung ist aus unserer Sicht speziell im Hinblick auf die noch sehr junge Disziplin der Wissenschaft vom Verkehrsverhalten zuzustimmen. Wie in anderen soziokulturellen Bereichen wird man aber auch in diesem Zweig der Verkehrswissenschaft den Gesetzesbegriff im Vergleich zu den Naturwissenschaften mit einigen Einschränkungen versehen müssen. Während z.B. in den Naturwissenschaften "Verstehen" weitgehend synonym für "Vorhersagen" ist, kann in den Sozialwissenschaften dieses positivistische Kriterium nur selten in strenger Form erfüllt werden. Man muss vielmehr einen Begriff von Verstehen akzeptieren, der sich nicht immer in genauen Vorhersagen[1)] äussert (RAPOPORT, 1980). Eine weitere Abschwächung des naturwissenschaftlichen Gesetzesbegriffs betrifft die Einschränkung der sozialwissenschaftlichen Gesetzesaussagen auf bestimmte Raumzeitgebiete. Fragen der räumlichen, zeitlichen und soziokulturellen Uebertragbarkeit verkehrswissenschaftlicher Erkenntnisse werden in dieser Studie angesprochen.

1) Auch die biologische Theorie der natürlichen Auslese liefert wenige genaue Vorhersagen, trägt aber viel zum Verständnis (im wissenschaftlichen Sinn) der Evolution bei.

VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE GESETZMAESSIGKEITEN

1. Zum Begriff der Gesetzmässigkeit in der Verkehrswissenschaft

Wie die meisten Wissenschaften sucht auch die Verkehrswissenschaft zu Verallgemeinerungen in Form von Hypothesen, Regeln und Gesetzen zu kommen. Während Hypothesen wissenschaftlich fundierte Annahmen sind, die so formuliert sein müssen, dass sie durch Beobachtung oder Experiment bestätigt oder widerlegt (falsifiziert) werden können, sind Regeln solche Hypothesen, die wiederholt bestätigt worden sind. Empirisch vielfach bestätigte Hypothesen werden in den Rang von "Gesetzen" erhoben. Ein Gesetz ist aus der Sicht der modernen Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie eine empirisch bewährte, generelle Aussagenformel, die einen Grundzug des entsprechenden Objektbereiches der Wissenschaft abbildet. Unter den Hypothesen einer Wissenschaft betrachtet man also diejenigen Gesetze, denen man am ehesten zutraut, infolge ihrer stabilen Geltung, ihrer grossen Reichweite und ihrer Präzision ein permanentes Muster des jeweiligen Realitätsausschnitts darzustellen (KANITSCHNEIDER, 1980).

Insoweit sich die Verkehrswissenschaft nicht mit verkehrstechnischen Problemen sondern mit dem Verkehrsverhalten von Individuen und Gruppen beschäftigt, ist sie den Sozialwissenschaften zuzuordnen, auch wenn sie von ihren Methoden her (Denken in Modellen, Anwendung mathematisch-statistischer Verfahren) den Naturwissenschaften nahesteht. Im Bereich des Individuellen aber sind "Gesetze" sehr viel seltener und meist auch weniger verlässlich als in Natur und Technik. Als Grund für diese unabweisbare Tatsache wird gelegentlich angeführt, dass das Erkenntnisziel der Sozialwissenschaften nicht die Erklärung und Vorhersage menschlichen Verhaltens ist sondern vielmehr das "Verstehen" der Verhaltensweisen von Individuen und Gruppen. Hierzu ist anzumerken, dass man heute immer seltener Erklären und Verstehen als konkurrierende Erkenntnisziele ansieht sondern Verstehen als das psychologische Begleitphänomen des Er-

Anhang 1

VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE GESETZMAESSIGKEITEN

LITERATURVERZEICHNIS

ARMINGER G.: Formulierung, Schätzung und Testen loglinearer und multinominaler Logitmodelle zur Analyse von Kontingenztabellen, in DVWG (Hrsg.), Multivariate Analyse mittels loglinearer Modelle, Schriftenreihe der DVWG, Reihe B, Bank B95, Bergisch Gladbach 1986

BASSAND M. und BRULHARDT M.-C.: Mobilité Spatial, IREC-EPFL, 1980

BASSAND M., BRULHARDT M.-C., HAINARD F., SCHULER M.: Les Suisses entre la mobilité et la sédentarité, IREC-EPFL, 1985

BLOSSFELD H.P.,HAMERLE A. und MAYER K.U.: Ereignisanalyse, Campus Verlag, Frankfurt/New York 1986

EVED (Hrsg.): Verkehrsverhalten in der Schweiz 1984, GVF-Bericht 2186, Bern 1986

GOTTARDI G.: Mobilitätsprognose 2000, Kanton Zug, Amt für Raumplanung 1984

GOTTARDI G.: Der Verkehr im Jahr 2000, Hrsg.: REPLA Baden-Wettingen, Planungstagung St. Gerold, 1985

HARTUNG J. und ELPELT B.: Multivariate Statistik, R. Oldenbourg Verlag, München/Wien, 1986

HAUTZINGER H., KESSEL P.: Mobilität im Personenverkehr, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 231, Hrsg. Bundesminister für Verkehr, Bonn, 1977

HAUTZINGER H.: Aktivitätenbezogene Verkehrserzeugungsmodelle - Ein Konzept zur Personenverkehrsprognose, Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 53. Jg, Heft 2, 1982, S. 92 - 114

HAUTZINGER H.: Reiseweite- und Reisezeiteffekte von Geschwindigkeitszuwächsen im Personenverkehr, Internationales Verkehrswesen, 34. Jg, 3. Heft 1982, S 182-187

HAUTZINGER H.: Formulierung und Prüfung von Hypothesen mit Hilfe loglinearer Modelle - Eine Fallstudie aus der empirischen Verkehrsforschung, in: DVWG (Hrsg.), Multivariate Analyse mittels loglinearer Modelle, Schriftenreihe der DVWG, Reihe B, Band B95, Bergisch Gladbach 1986

HAUTZINGER H., KESSEL P., BAUR R.: Mobilitätschancen unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen im Personenverkehr, Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft 310, Hrsg.: Bundesminister für Verkehr, Bonn 1980

HAUTZINGER H., TASSAUX B. u.a.: Verkehrsteilnahme und Unfallrisiko in der Bundesrepublik Deutschland, Forschungsbericht zum BASt-Projekt, Heilbronn, 1987

HENSHER D.A. und DALVI Q.: Determinants of Travel Choice, Saxon House, Westmead, 1978

HENSHER D.A. und STOPHER P.R.: Behavioural Travel Modelling, Croom Helm, London, 1979

JAEGER F.: Ein sozioökonomisches Modell als Grundlage der Quantitativen Analyse und Prospektive multiregionaler Reallokationsprozesse, St. Gallen, 1980

JEANNIN A., BASSAND M.: Quelques aspects sociologiques de la pendularité, INEC-EPFL, 1986

JENNI + GOTTARDI AG,: Gesamtschweizerisches Personenverkehrsmodell, Wunschlinienmatrix Z0(1984), Zürich, 1986

KASPAR C.: Veränderung des Verkehrsverhaltens und ihre Auswirkungen auf den Personenverkehr in der Schweiz, Tätigkeitsbericht 1986 IFV-HSG, St. Gallen 1987

KANITSCHNEIDER B.: Gesetz in Natur- und Geisteswissenschaften, in: Speck J. (Hrsg.), Handbuch wissenschaftstheoretischer Begriffe, Band 2, Göttingen, 1980

LEINFELLNER W.: Einführung in die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie, Mannheim/Wien/Zürich, 1967

Mc FADDEN D.: Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behaviour, in: Zarembka P.:Frontiers in Econometrics, New York, 1974, S.105-142

OPP K. und HUMMELL J.: Die Reduzierbarkeit von Soziologie auf Psychologie, Braunschweig 1970

RAPPOPORT A.: Mathematische Methoden in den Sozialwissenschaften, Physica-Verlag, Würzburg/Wien, 1980

ROTACH M. HOPPLER F. und MOETTELI M.: Erarbeitung eines Forschungsprogramms Mobilität, Forschungsauftrag 14/83 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenvachleute, IVT-ETHZ, Zürich 1986

STAB FUER GESAMTVERKEHRSFRAGEN (GVF): Verkehrsverhalten in der Schweiz, GVF-Bericht 3/83, EVED, Bern, 1983

STAB FUER GESAMTVERKEHRSFRAGEN (GVF): Pendler - Mobilität 1980, GVF-Bericht 4/83, EVED, Bern 1983

STOPHER P.R. MEYBURG A.H. und BROEG W.: New Horizons in Travel-Behaviour Research, Lexington Books, Lexington, 1981

TAMI P., LEIBUNDGUT H.: Die Pendleranalyse in der Schweiz, ORL-Studienunterlage Nr. 37, ETHZ, 1978

Anhang 3.3

ABHAENGIGKEIT DER AKTIVITAETENHAEUFIGKEIT VON ALTER, GESCHLECHT UND WOCHENTAGSTYP: VARIANZ-ANALYSE UND MULTIPLE KLASSIFIKATIONSANALYSE

Varianzanalytische Untersuchung der täglichen Aktivitätenhäufigkeit
voll erwerbstätiger Personen - Teil I -

```
WEIGHT BY FPGMGT
COMPUTE NAKTIV = NAKTTYP1 + NAKTTYP2 + NAKTTYP3 + NAKTTYP4 + NAKTTYP5
               + NAKTTYP6 + NAKTTYP7
VARIABLE LABELS NAKTIV 'ANZAHL AKTIVITAETEN'

SELECT IF (ERWERB2 EQ 6)
IF (GBJ GT 1800) AGE = 1984 - GBJ

IF (AGE GE 18) AND (AGE LT 25) ALTERKL = 1
IF (AGE GE 25) AND (AGE LT 35) ALTERKL = 2
IF (AGE GE 35) AND (AGE LT 45) ALTERKL = 3
IF (AGE GE 45) AND (AGE LT 55) ALTERKL = 4
IF (AGE GE 55)    ALTERKL = 5
VARIABLE LABELS  ALTERKL 'ALTER IN 5 KLASSEN'
VALUE LABELS ALTERKL 1 '18 B.U. 25'
                     2 '25 B.U. 35'
                     3 '35 B.U. 45'
                     4 '45 B.U. 55'
                     5 '55 U.AELTER'


BREAKDOWN
  VARIABLES = NAKTIV(0,21) ALTERKL(1,5) SEX(1,2) WT(1,7)
  /TABLES = NAKTIV BY ALTERKL
          /NAKTIV BY ALTERKL BY SEX
          /NAKTIV BY WT
STATISTICS ALL
```

CRITERION VARIABLE NAKTIV ANZAHL AKTIVITAETEN
BROKEN DOWN BY ALTERKL ALTER IN 5 KLASSEN

VARIABLE	VALUE	LABEL	MEAN	STD DEV	CASES
FOR ENTIRE POPULATION			2.3175	1.8238	2908
ALTERKL	1	18 B.U. 25	2.1106	1.6823	413
ALTERKL	2	25 B.U. 35	2.5666	1.9166	759
ALTERKL	3	35 B.U. 45	2.4625	1.8582	689
ALTERKL	4	45 B.U. 55	2.2716	1.8686	566
ALTERKL	5	55 U.AELTER	1.9489	1.5975	481

TOTAL CASES = 2919
MISSING CASES = 11 OR 0.4 PCT.

CRITERION VARIABLE NAKTIV ANZAHL AKTIVITAETEN
BROKEN DOWN BY ALTERKL ALTER IN 5 KLASSEN

- A N A L Y S I S O F V A R I A N C E

VALUE LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	SUM OF SQ	CASES
18 B.U. 25	872.3396	2.1106	1.6823	1166.8431	413
25 B.U. 35	1948.2953	2.5666	1.9166	2784.6895	759
35 B.U. 45	1695.8985	2.4625	1.8582	2374.6316	689
45 B.U. 55	1285.5541	2.2716	1.8686	1972.3989	566
55 U.AELTER	937.9836	1.9489	1.5975	1225.7577	481
WITHIN GROUPS TOTAL	6740.0711	2.3175	1.8112	9524.3208	2908

* *

* A N A L Y S I S O F V A R I A N C E *

* *

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	SIG.
BETWEEN GROUPS	145.8672	4	36.4668	11.1150	.0000
LINEARITY	32.4510	1	32.4510	9.8910	.0017
DEV. FROM LINEARITY	113.4162	3	37.8054	11.5230	.0000
	R = -.0579	R SQUARED = .0034			
WITHIN GROUPS	9524.3208	2903	3.2809		
	ETA = .1228	ETA SQUARED = .0151			

* *

CRITERION VARIABLE NAKTIV ANZAHL AKTIVITAETEN
BROKEN DOWN BY ALTERKL ALTER IN 5 KLASSEN
BY SEX GESCHLECHT

VARIABLE	VALUE	LABEL	MEAN	STD DEV	CASES
FOR ENTIRE POPULATION			2.3175	1.8238	2908
ALTERKL	1	18 B.U. 25	2.1106	1.6823	413
SEX	1	MAENNLICH	2.0613	1.7886	211
SEX	2	WEIBLICH	2.1622	1.5662	202
ALTERKL	2	25 B.U. 35	2.5666	1.9166	759
SEX	1	MAENNLICH	2.6693	2.0448	559
SEX	2	WEIBLICH	2.2806	1.4699	201
ALTERKL	3	35 B.U. 45	2.4625	1.8582	639
SEX	1	MAENNLICH	2.6029	1.9170	541
SEX	2	WEIBLICH	1.9480	1.5232	148
ALTERKL	4	45 B.U. 55	2.2716	1.8686	566
SEX	1	MAENNLICH	2.3652	1.9549	451
SEX	2	WEIBLICH	1.9039	1.4297	115
ALTERKL	5	55 U.AELTER	1.9489	1.5975	481
SEX	1	MAENNLICH	2.0311	1.5923	384
SEX	2	WEIBLICH	1.6241	1.5847	97

TOTAL CASES = 2919
MISSING CASES = 11 OR 0.4 PCT.

CRITERION VARIABLE NAKTIV ANZAHL AKTIVITAETEN
BROKEN DOWN BY WT EFFEKTIVER STICHTAG

VARIABLE	VALUE	LABEL	MEAN	STD DEV	CASES
FOR ENTIRE POPULATION			2.3126	1.8231	2913
WT	1	MONTAG	2.3760	2.0244	423
WT	2	DIENSTAG	2.4416	1.8338	427
WT	3	MITTWOCH	2.5960	1.8352	404
WT	4	DONNERSTAG	2.4497	1.9894	369
WT	5	FREITAG	2.5266	1.6924	392
WT	6	SAMSTAG	2.3521	1.8307	447
WT	7	SONNTAG	1.5498	1.3040	457

CRITERION VARIABLE NAKTIV ANZAHL AKTIVITAETEN
BROKEN DOWN BY WT EFFEKTIVER STICHTAG

- A N A L Y S I S O F V A R I A N C E -

VALUE	LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	SUM OF SQ	CASES
	MONTAG	1005.9067	2.3760	2.0244	1730.9709	423
	DIENSTAG	1041.4478	2.4416	1.8338	1431.1043	427
	MITTWOCH	1049.7187	2.5960	1.8352	1358.5150	404
	DONNERSTAG	903.5638	2.4497	1.9894	1455.7927	369
	FREITAG	989.6231	2.5266	1.6924	1119.0404	392
	SAMSTAG	1052.4381	2.3521	1.8307	1496.2755	447
	SONNTAG	708.3696	1.5498	1.3040	775.4774	457
WITHIN GROUPS TOTAL		6751.0728	2.3126	1.7934	9367.1800	2919

* *

* A N A L Y S I S O F V A R I A N C E *

* *

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	SIG.
BETWEEN GROUPS	332.8057	6	55.4676	17.2434	.0000
LINEARITY	124.2850	1	124.2850	38.6368	.0000
DEV. FROM LINEARITY	208.5207	5	41.7041	12.9647	.0000
	R = -.1132	R SQUARED = .0128			
WITHIN GROUPS	9367.1800	2912	3.2168		
	ETA = .1852	ETA SQUARED = .0343			

Varianzanalytische Untersuchung der täglichen Aktivitätenhäufigkeit
voll erwerbstätiger Personen - Teil II -

```
SELECT IF FPGMOT GT 0
SELECT IF (ERWERB2 EQ 6)
WEIGHT BY FPGMOT

COMPUTE NAKTIV = NAKTTYP1 + NAKTTYP2 + NAKTTYP3 + NAKTTYP4 + NAKTTYP5
               + NAKTTYP6 + NAKTTYP7
VARIABLE LABELS NAKTIV 'ANZAHL AKTIVITAETEN'
COMPUTE TNAKTIV = LN (NAKTIV + 0.5)

IF (GBJ GT 1800) AGE = 1984 - GBJ

IF (AGE GE 18) AND (AGE LT 25) ALTERKL = 1
IF (AGE GE 25) AND (AGE LT 35) ALTERKL = 2
IF (AGE GE 35) AND (AGE LT 45) ALTERKL = 3
IF (AGE GE 45) AND (AGE LT 55) ALTERKL = 4
IF (AGE GE 55)   ALTERKL = 5
VARIABLE LABELS  ALTERKL 'ALTER IN 5 KLASSEN'
VALUE LABELS ALTERKL 1 '18 B.U. 25'
                     2 '25 B.U. 35'
                     3 '35 B.U. 45'
                     4 '45 B.U. 55'
                     5 '55 U.AELTER'

IF (WT GE 1) AND (WT LT 6)  KWT = 1
IF (WT = 6)   KWT = 2
IF (WT = 7) KWT = 3
VARIABLE LABELS KWT 'WOCHENTAGE'
VALUE LABELS KWT 1 'MO - FR'
                 2 'SA'
                 3 'SO'

ANOVA  TNAKTIV BY ALTERKL(1,5) SEX(1,2)
      /TNAKTIV BY ALTERKL(1,5) SEX(1,2) KWT(1,3)
STATISTICS ALL
```

* * * A N A L Y S I S O F V A R I A N C E * * *

TNAKTIV ANZAHL AKTIVITAETEN (logarithmisch transformiert)
BY ALTERKL ALTER IN 5 KLASSEN
SEX GESCHLECHT

SOURCE OF VARIATION	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIGNIF OF F
MAIN EFFECTS	34.939	5	6.988	14.791	0.000
ALTERKL	25.871	4	6.468	13.690	0.000
SEX	7.578	1	7.578	16.040	0.000
2-WAY INTERACTIONS	8.157	4	2.039	4.317	0.002
ALTERKL SEX	8.157	4	2.039	4.317	0.002
EXPLAINED	43.097	9	4.789	10.136	0.000
RESIDUAL	1369.230	2898	0.472		
TOTAL	1412.326	2907	0.486		

2919 CASES WERE PROCESSED.
11 CASES (0.4 PCT) WERE MISSING.

* * * M U L T I P L E C L A S S I F I C A T I O N A N A L Y S I S * * *

TNAKTIV ANZAHL AKTIVITAETEN (logarithmisch transformiert)
BY ALTERKL ALTER IN 5 KLASSEN
SEX GESCHLECHT

GRAND MEAN = 0.82

VARIABLE + CATEGORY	N	UNADJUSTED DEV'N	UNADJUSTED ETA	ADJUSTED FOR INDEPENDENTS DEV'N	ADJUSTED FOR INDEPENDENTS BETA	ADJUSTED FOR INDEPENDENTS + COVARIATES DEV'N	ADJUSTED FOR INDEPENDENTS + COVARIATES BETA
ALTERKL							
1 18 B.U. 25	413	-0.11		-0.09			
2 25 B.U. 35	759	0.11		0.11			
3 35 B.U. 45	689	0.07		0.06			
4 45 B.U. 55	566	-0.02		-0.03			
5 55 U.AELTER	481	-0.14		-0.15			
			0.14		0.14		
SEX							
1 MAENNLICH	2146	0.03		0.03			
2 WEIBLICH	762	-0.09		-0.09			
			0.08		0.09		

MULTIPLE R SQUARED 0.025
MULTIPLE R 0.157

* * * A N A L Y S I S O F V A R I A N C E * * *

TNAKTIV ANZAHL AKTIVITAETEN (logarithmisch rtansformiert)
BY ALTERKL ALTER IN 5 KLASSEN
SEX GESCHLECHT
KWT WOCHENTAGE

SOURCE OF VARIATION	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIGNIF OF F
MAIN EFFECTS	98.082	7	14.012	31.080	0.0
ALTERKL	27.160	4	6.790	15.061	0.000
SEX	6.794	1	6.794	15.069	0.000
KWT	63.143	2	31.571	70.030	0.000
2-WAY INTERACTIONS	15.968	14	1.141	2.530	0.001
ALTERKL SEX	8.463	4	2.116	4.693	0.001
ALTERKL KWT	7.527	8	0.941	2.087	0.034
SEX KWT	0.843	2	0.422	0.935	0.393
3-WAY INTERACTIONS	0.658	8	0.082	0.183	0.993
ALTERKL SEX KWT	0.658	8	0.082	0.183	0.993
EXPLAINED	114.708	29	3.955	8.774	0.0
RESIDUAL	1297.618	2878	0.451		
TOTAL	1412.326	2907	0.486		

2919 CASES WERE PROCESSED.
11 CASES (0.4 PCT) WERE MISSING.

*** M U L T I P L E C L A S S I F I C A T I O N A N A L Y S I S ***

TNAKTIV ANZAHL AKTIVITAETEN (logarithmisch transformiert)
BY ALTERKL ALTER IN 5 KLASSEN
SEX GESCHLECHT
KWT WOCHENTAGE

GRAND MEAN = 0.82

VARIABLE + CATEGORY	N	UNADJUSTED DEV'N	UNADJUSTED ETA	ADJUSTED FOR INDEPENDENTS DEV'N	ADJUSTED FOR INDEPENDENTS BETA	ADJUSTED FOR INDEPENDENTS + COVARIATES DEV'N	ADJUSTED FOR INDEPENDENTS + COVARIATES BETA
ALTERKL							
1 18 B.U. 25	413	-0.11		-0.09			
2 25 B.U. 35	759	0.11		0.11			
3 35 B.U. 45	689	0.07		0.06			
4 45 B.U. 55	566	-0.02		-0.03			
5 55 U.AELTER	481	-0.14		-0.15			
			0.14		0.14		
SEX							
1 MAENNLICH	2146	0.03		0.03			
2 WEIBLICH	762	-0.09		-0.08			
			0.08		0.07		
KWT							
1 MO - FR	2007	0.07		0.07			
2 SA	446	0.01		0.01			
3 SO	456	-0.34		-0.34			
			0.21		0.21		
MULTIPLE R SQUARED					0.069		
MULTIPLE R					0.264		

Anhang 3.4

MULTIVARIATE VARIANZANALYSE UND DISKRIMINANZANALYSE DES AKTIVITAETENMUSTERS IN ABHAENGIGKEIT VON DER BESCHAEFTIGUNGSSITUATION

```
DISCRIMINANT GROUPS = ERWERB2(5,8)
  /VARIABLES = NAKTTYP1 TO NAKTTYP4 NAKTTYP6
  /METHOD = WILKS

STATISTICS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
```

- - - - - D I S C R I M I N A N T A N A L Y S I S - - -

ON GROUPS DEFINED BY ERWERB2 BESCHAEFTIGUNGSSITUATION <9 KAT>

4678 (UNWEIGHTED) CASES WERE PROCESSED.
1182 OF THESE WERE EXCLUDED FROM THE ANALYSIS.
1182 HAD MISSING OR OUT-OF-RANGE GROUP CODES.
3496 (UNWEIGHTED) CASES WILL BE USED IN THE ANALYSIS.

NUMBER OF CASES BY GROUP

ERWERB2	NUMBER OF CASES UNWEIGHTED	WEIGHTED	LABEL
5	425	457.4	TEIL-ERWERB
6	1975	2014.8	VOLL-ERWERB
7	781	899.7	HAUSARBEIT
8	315	540.5	RENTNER
TOTAL	3496	3912.3	

GROUP MEANS

ERWERB2	NAKTTYP1	NAKTTYP2	NAKTTYP3	NAKTTYP4	NAKTTYP6
5	0.73542	0.19117	0.07632	0.60931	0.46360
6	1.29284	0.46157	0.03204	0.24960	0.39655
7	0.02824	0.06334	0.03451	0.86796	0.46811
8	0.02090	0.06323	0.00626	0.61246	0.46488
TOTAL	0.76116	0.28335	0.03422	0.48398	0.43029

GROUP STANDARD DEVIATIONS

ERWERB2	NAKTTYP1	NAKTTYP2	NAKTTYP3	NAKTTYP4	NAKTTYP6
5	0.74713	0.61424	0.29147	0.74995	0.72298
6	0.90614	1.11593	0.18780	0.55713	0.70465
7	0.17454	0.30761	0.23231	0.87309	0.75614
8	0.16332	0.31766	0.07897	0.73486	0.65654
TOTAL	0.91844	0.86950	0.20408	0.73579	0.71321

POOLED WITHIN-GROUPS COVARIANCE MATRIX WITH 3908 DEGREES OF FREEDOM

	NAKTTYP1	NAKTTYP2	NAKTTYP3	NAKTTYP4	NAKTTYP6
NAKTTYP1	.4989497				
NAKTTYP2	.5143060D-01	.7213987			
NAKTTYP3	-.8395883D-02	-.1621889D-02	.4136328D-01		
NAKTTYP4	-.3936494D-01	.4037663D-01	.1882915D-02	.4754251	
NAKTTYP6	.2556962D-01	.1563036D-01	.7836332D-03	.4378380D-01	.5078424

POOLED WITHIN-GROUPS CORRELATION MATRIX

	NAKTTYP1	NAKTTYP2	NAKTTYP3	NAKTTYP4	NAKTTYP6
NAKTTYP1	1.00000				
NAKTTYP2	0.08572	1.00000			
NAKTTYP3	-0.05844	-0.00939	1.00000		
NAKTTYP4	-0.08082	0.06894	0.01343	1.00000	
NAKTTYP6	0.05080	0.02582	0.00541	0.08911	1.00000

CORRELATIONS WHICH CANNOT BE COMPUTED ARE PRINTED AS 99.0.

WILKS' LAMBDA (U-STATISTIC) AND UNIVARIATE F-RATIO
WITH 3 AND 3908 DEGREES OF FREEDOM

VARIABLE	WILKS' LAMBDA	F	SIGNIFICANCE
NAKTTYP1	0.59105	901.4	0.0000
NAKTTYP2	0.95346	63.59	0.0000
NAKTTYP3	0.99237	10.02	0.0000
NAKTTYP4	0.87748	181.9	0.0000
NAKTTYP6	0.99762	3.108	0.0255

STEPWISE VARIABLE SELECTION

SELECTION RULE: MINIMIZE WILKS' LAMBDA

MAXIMUM NUMBER OF STEPS.....	10
MINIMUM TOLERANCE LEVEL.....	0.00100
MINIMUM F TO ENTER.....	1.0000
MAXIMUM F TO REMOVE.....	1.0000

CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTIONS

MAXIMUM NUMBER OF FUNCTIONS.....	3
MINIMUM CUMULATIVE PERCENT OF VARIANCE...	100.00
MAXIMUM SIGNIFICANCE OF WILKS' LAMBDA....	1.0000

PRIOR PROBABILITY FOR EACH GROUP IS 0.25000

---------- VARIABLES NOT IN THE ANALYSIS AFTER STEP 0 ----

VARIABLE	TOLERANCE	MINIMUM TOLERANCE	F TO ENTER	WILKS' LAMBDA
NAKTTYP1	1.0000000	1.0000000	901.41	0.59105
NAKTTYP2	1.0000000	1.0000000	63.586	0.95346
NAKTTYP3	1.0000000	1.0000000	10.017	0.99237
NAKTTYP4	1.0000000	1.0000000	181.90	0.87748
NAKTTYP6	1.0000000	1.0000000	3.1080	0.99762

STEP 1
⋮
STEP 4

AT STEP 5, NAKTTYP6 WAS INCLUDED IN THE ANALYSIS.

		DEGREES OF FREEDOM			SIGNIF.	BETWEEN GROUPS
WILKS' LAMBDA	0.53893	5	3	3908.3		
APPROXIMATE F	180.346		15	10778.5	0.0	

VARIABLES IN THE ANALYSIS AFTER STEP 5

VARIABLE	TOLERANCE	F TO REMOVE	WILKS' LAMBDA
NAKTTYP1	0.9786969	693.13	0.82596
NAKTTYP2	0.9866217	23.356	0.54860
NAKTTYP3	0.9964235	13.127	0.54437
NAKTTYP4	0.9791888	84.795	0.57405
NAKTTYP6	0.9884071	3.2999	0.54030

F STATISTICS AND SIGNIFICANCES BETWEEN PAIRS OF GROUPS AFTER STEP 5
EACH F STATISTIC HAS 5 AND 3904.3 DEGREES OF FREEDOM.

	GROUP	5 TEIL-ERW ERB	6 VOLL-ERW ERB	7 HAUSARBE IT
6	VOLL-ERW ERB	70.991 0.0000		
7	HAUSARBE IT	70.874 0.0000	489.83 0.0000	
8	RENTNER	59.395 0.0000	305.65 0.0000	10.752 0.0000

SUMMARY TABLE

STEP	ACTION ENTERED	REMOVED	VARS IN	WILKS' LAMBDA	SIG.	LABEL
1	NAKTTYP1		1	.59105	.0000	ANZAHL AKTIVITAETEN ARBEIT
2	NAKTTYP4		2	.55543	.0000	ANZAHL AKTIVITAETEN EINK/VERSO/DIENSTL.
3	NAKTTYP2		3	.54573	.0000	ANZAHL AKTIVITAETEN GESCHAEFT
4	NAKTTYP3		4	.54030	.0000	ANZAHL AKTIVITAETEN AUSBILDUNG
5	NAKTTYP6		5	.53893	.0000	ANZAHL AKTIVITAETEN FREIZEIT

CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTIONS

FUNCTION	EIGENVALUE	PERCENT OF VARIANCE	CUMULATIVE PERCENT	CANONICAL CORRELATION
1*	0.81287	97.19	97.19	0.6696191
2*	0.02105	2.52	99.71	0.1435714
3*	0.00243	0.29	100.00	0.0492136

AFTER FUNCTION	WILKS' LAMBDA	CHI-SQUARED	D.F.	SIGNIFICANCE
0	0.5389316	2415.1	15	0.0
1	0.9770152	90.845	8	0.0000
2	0.9975780	9.4737	3	0.0236

* MARKS THE 3 CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTIONS REMAINING IN THE ANALYSIS.

STANDARDIZED CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTION COEFFICIENTS

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
NAKTTYP1	0.88634	0.36872	0.08109
NAKTTYP2	0.19203	-0.18032	0.52322
NAKTTYP3	0.07402	0.57049	-0.59444
NAKTTYP4	-0.33230	0.77220	0.52389
NAKTTYP6	-0.07228	-0.01804	-0.29405

STRUCTURE MATRIX:

POOLED WITHIN-GROUPS CORRELATIONS BETWEEN DISCRIMINATING VARIABLES AND CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTIONS
(VARIABLES ORDERED BY SIZE OF CORRELATION WITHIN FUNCTION)

	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
NAKTTYP1	0.92166*	0.25659	0.10341
NAKTTYP4	-0.39615	0.73602*	0.51923
NAKTTYP3	0.01556	0.56091	-0.59865*
NAKTTYP2	0.24254	-0.10130	0.56428*
NAKTTYP6	-0.05151	0.06792	-0.23295*

CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTIONS EVALUATED AT GROUP MEANS (GROUP CENTROIDS)

GROUP	FUNC 1	FUNC 2	FUNC 3
5	-0.10160	0.26375	-0.10131
6	0.82303	-0.02806	0.01305
7	-1.15819	0.09401	0.05564
8	-1.05423	-0.27509	-0.05552

TEST OF EQUALITY OF GROUP COVARIANCE MATRICES USING BOX'S M

THE RANKS AND NATURAL LOGARITHMS OF DETERMINANTS PRINTED ARE THOSE OF THE GROUP COVARIANCE MATRICES.

GROUP LABEL	RANK	LOG DETERMINANT
5 TEIL-ERWERB	5	-5.320520
6 VOLL-ERWERB	5	-5.242026
7 HAUSARBEIT	5	-9.625723
8 RENTNER	5	-12.577020
POOLED WITHIN-GROUPS COVARIANCE MATRIX	5	-5.663274

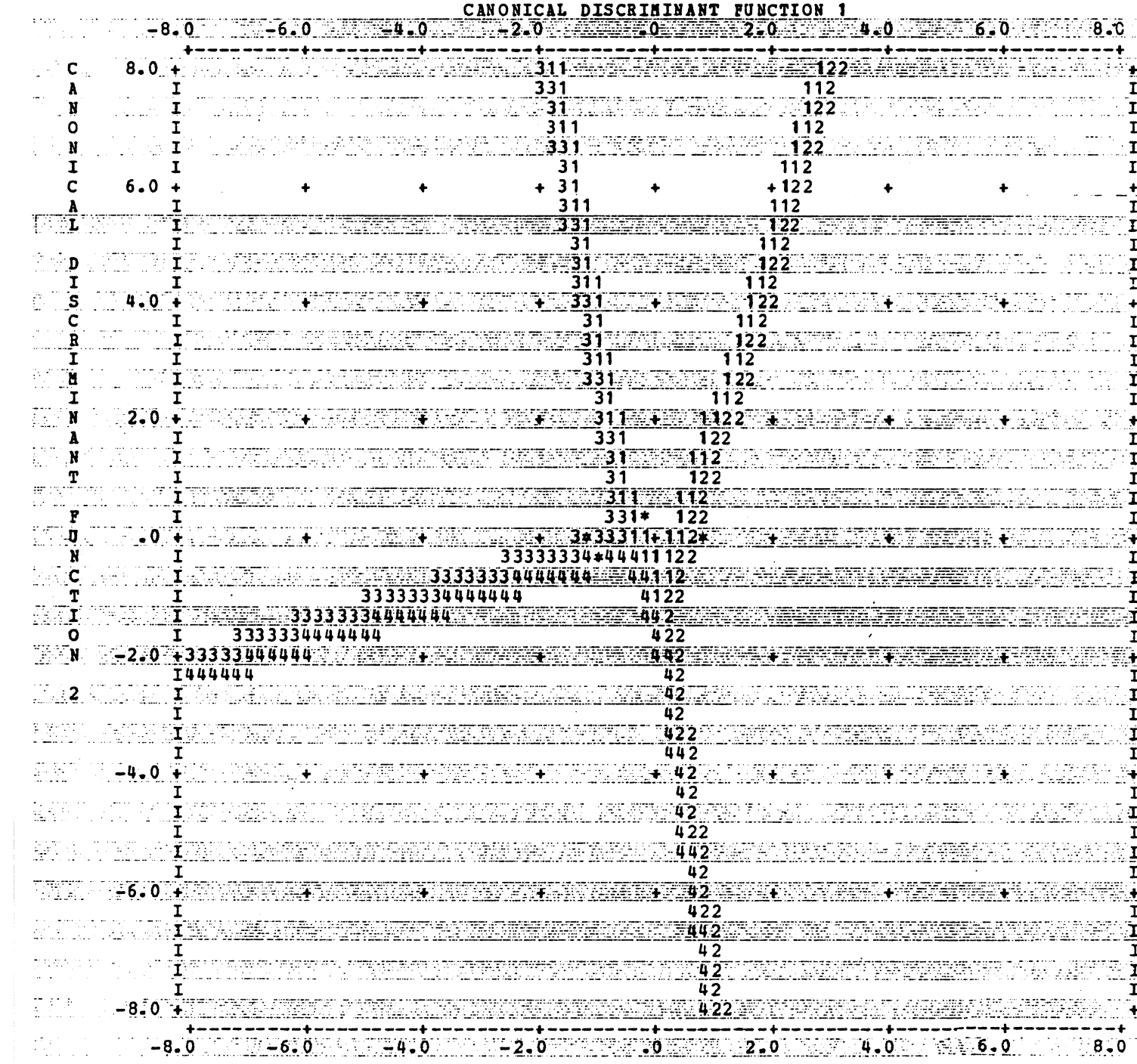
BOX'S M	APPROXIMATE F	DEGREES OF FREEDOM		SIGNIFICANCE
6285.9	139.24	45,	9817233.3	0.0

SYMBOLS USED IN TERRITORIAL MAP

SYMBOL	GROUP	LABEL
1	5	TEIL-ERWERB
2	6	VOLL-ERWERB
3	7	HAUSARBEIT
4	8	RENTNER
*		GROUP CENTROIDS

TERRITORIAL MAP * INDICATES A GROUP CENTROID
(ASSUMING ALL FUNCTIONS BUT THE FIRST TWO ARE ZERO)

CANONICAL DISCRIMINANT FUNCTION 1



Anhang 3.5

VERTEILUNG DES AKTIVITAETENTYPS IN ABHAENGIGKEIT VON BESCHAEFTIGUNGSSITUATION UND TAEGLICHER AKTIVITAETENHAEUFIGKEIT

Art der Aktivität	Voll Erwerbstätige Aktivitäten pro Tag					Teilw. Erwerbstätige Aktivitäten pro Tag				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Arbeit	79	72	53	44	34	61	38	34	26	17
Geschäft	7	7	13	22	26	3	6	6	13	17
Ausbildung	1	2	1	1	2	4	4	2	5	7
Einkauf	6	9	11	10	14	23	31	30	30	27
Service	1	1	1	1	3	1	1	4	4	2
Freizeit	7	9	21	22	23	9	20	25	23	31
Summe	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Personen	456	605	353	201	110	112	141	83	48	13

Art der Aktivität	Hausfrauen Aktivitäten pro Tag					Rentner Aktivitäten pro Tag			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
Arbeit	2	3	1	1	1	4	1	-	-
Geschäft	0	2	7	10	5	-	0	12	11
Ausbildung	2	2	4	4	1	-	0	2	-
Einkauf	75	59	47	43	41	58	51	45	46
Service	0	3	6	10	12	1	1	3	16
Freizeit	21	31	35	33	40	38	46	39	27
Summe	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Personen	298	225	95	38	24	211	98	48	8

Anhang 4

EINFLUSS DER BESCHAEFTIGUNGSSITUATION AUF DIE TAEGLICHE WEGEHAEUFIGKEIT

KWEGE ANZAHL WEGE — CROSSTABULATION OF — BY ERWERB2 BESCHAEFTIGUNGSSITUATION <9 KAT> — PAGE

ERWERB2

KWEGE	SCH/STUD 10-13 (1)	SCH/STUD 14-17 (2)	SCH/STUD AB 18 (3)	LEHRLING (4)	TEIL-ERW ERB (5)	VOLL-ERW ERB (6)	HAUSARBE IT (7)	RENTNER (8)	UEBRIGE (9)	ROW TOTAL
0	53	38	46	37	78	311	290	220	50	1124
	11.2	9.4	17.1	12.7	12.2	10.7	22.7	28.5	42.5	15.7
1	2	4	3	5	8	34	9	11	2	78
	.3	1.1	1.0	1.7	1.3	1.2	.7	1.5	1.7	1.1
2	106	76	63	76	173	685	423	306	18	1926
	22.6	19.0	23.4	25.8	27.1	23.5	33.0	39.6	15.4	26.9
3	6	10	21	6	57	176	89	43	4	413
	1.3	2.6	7.9	1.9	8.9	6.0	7.0	5.6	3.5	5.8
4	198	157	68	76	144	792	246	102	22	1804
	42.0	39.2	25.2	26.0	22.5	27.1	19.2	13.2	18.4	25.2
5	17	15	17	15	50	201	52	35	8	410
	3.6	3.7	6.1	5.1	7.8	6.9	4.1	4.5	7.2	5.7
6	74	69	27	43	66	377	90	34	8	787
	15.6	17.2	10.1	14.6	10.3	12.9	7.0	4.4	6.6	11.0
7	14	19	15	25	33	128	36	8	2	279
	2.9	4.7	5.5	8.5	5.2	4.4	2.8	1.0	1.9	3.9
8	2	9	5	7	13	100	28	10	1	175
	.4	2.2	1.8	2.3	2.1	3.4	2.2	1.3	.5	2.4
9+	1	3	5	4	17	114	18	4	3	169
	.2	.9	1.9	1.3	2.6	3.9	1.4	.5	2.4	2.4
COLUMN TOTAL	471	401	270	293	639	2919	1280	773	118	7165
	6.6	5.6	3.8	4.1	8.9	40.7	17.9	10.8	1.6	100.0

NUMBER OF MISSING OBSERVATIONS = 252

A4-1

Mittlere tägliche Wegehäufigkeit in Abhängigkeit von der Beschäftigungssituation der Person

CRITERION VARIABLE WEGE ANZAHL WEGE
BROKEN DOWN BY ERWERB2 BESCHAEFTIGUNGSSITUATION <9 KAT>

VARIABLE	VALUE	LABEL	MEAN	STD DEV	CASES
FOR ENTIRE POPULATION			3.3914	2.3936	7165
ERWERB2	1	SCH/STUD 10-13	3.5399	1.8865	471
ERWERB2	2	SCH/STUD 14-17	3.8583	2.0911	401
ERWERB2	3	SCH/STUD AB 18	3.3368	2.2728	270
ERWERB2	4	LEHRLING	3.6821	2.3384	293
ERWERB2	5	TEIL-ERWERB	3.5230	2.2992	639
ERWERB2	6	VOLL-ERWERB	3.8752	2.5270	2919
ERWERB2	7	HAUSARBEIT	2.7775	2.2493	1280
ERWERB2	8	RENTNER	2.2125	1.9477	773
ERWERB2	9	UEBRIGE	2.3192	2.4735	118

TOTAL CASES = 7418
MISSING CASES = 252 OR 3.4 PCT.

CRITERION VARIABLE WEGE ANZAHL WEGE
BROKEN DOWN BY ERWERB2 BESCHAEFTIGUNGSSITUATION <9 KAT>

- ANALYSIS OF VARIANCE

VALUE	LABEL	SUM	MEAN	STD DEV	SUM OF SQ	CASES
	SCH/STUD 10-13	1668.7952	3.5399	1.8865	1674.2483	471
	SCH/STUD 14-17	1548.3941	3.8583	2.0911	1750.4714	401
	SCH/STUD AB 18	899.8908	3.3368	2.2728	1387.9806	270
	LEHRLING	1079.2233	3.6821	2.3384	1597.1959	293
	TEIL-ERWERB	2251.9195	3.5230	2.2992	3373.7119	639
	VOLL-ERWERB	11312.8005	3.8752	2.5270	18635.7728	2919
	HAUSARBEIT	3553.8880	2.7775	2.2493	6468.3391	1280
	RENTNER	1711.1738	2.2125	1.9477	2930.1976	773
	UEBRIGE	274.0393	2.3192	2.4735	716.8180	118
WITHIN GROUPS TOTAL		24300.1244	3.3914	2.3205	38534.7357	7165

* *

* ANALYSIS OF VARIANCE *

* *

SOURCE	SUM OF SQUARES	D.F.	MEAN SQUARE	F	SIG.
BETWEEN GROUPS	2510.7215	8	313.8402	58.2809	.0000
LINEARITY	690.3132	1	690.3132	128.1930	.0000
DEV. FROM LINEARITY	1820.4082	7	260.0583	48.2935	.0000
	R = -.1297	R SQUARED = .0168			
WITHIN GROUPS	38534.7357	7156	5.3850		
	ETA = .2473	ETA SQUARED = .0612			

Anhang 5

VERGLEICH VON WEGELAENGENVERTEILUNGEN MIT HILFE DER STATISTISCHEN EREIGNISANALYSE

Wegelängen- und Wegedauerverteilungen sind üblicherweise vom Gamma-Typ. Vergleiche von Wegelängen- oder Wegedauerverteilungen zwischen verschiedenen Teilgruppen lassen sich deshalb mit Methoden der statistischen "Ereignisanalyse" durchführen. Das Grundmodell der Ereignisanalyse lässt sich wie folgt beschreiben: Es wird beobachtet, wie lange es dauert, bis ein bestimmtes "Ereignis" eintritt. Die Zeitdauer bis zum Eintreten des Ereignisses ist eine nichtnegative stetige Zufallsvariable. Auf der Basis unabhängiger Beobachtungen desselben Phänomens werden Verteilungsparameter geschätzt und Gruppenvergleiche durchgeführt. Das klassische Anwendungsgebiet der Ereignisanalyse ist die statistische Lebensdaueranalyse; das Ereignis, dessen Eintreten beobachtet wird, ist hier der Tod von Patienten, das Eintreten einer technischen Störung u.ä.

Bei der Analyse von Wegedauerverteilungen kann die Ereignisanalyse unmittelbar eingesetzt werden: Ein Weg beginnt im Zeitpunkt $t = 0$ und wir beobachten, wann das Ereignis "Ende des Weges" eintritt. Die entsprechende Zeitdauer ist die interessierende Kriteriumsvariable.

Auch auf Wegelängenverteilungen lässt sich dieses Grundkonzept anwenden. Wir betrachten das Ereignis "Ende des Weges" nicht über der Zeit- sondern über der Distanzachse. Die bis zum Eintreten des Ereignisses zurückgelegte Entfernung ist hier die Kriteriumsvariable, bezüglich derer dann Gruppenvergleiche durchzuführen sind.

Eine detaillierte Darstellung der Methoden der statistischen Ereignisanalyse findet man bei BLOSSFELD u.a. (1986).

Im folgenden wird ein Anwendungsbeispiel vorgestellt. Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen PW-Verfügbarkeit und räumlichem Verhalten wird ein Vergleich der Arbeitswegelänge zwischen 3 Teilgruppen von (voll) Erwerbstätigen durchgeführt:

Gruppe 1	Personen ohne PW-Verfügbarkeit (kein Fahrausweis bzw. Fahrausweis aber kein PW im Haushalt)
Gruppe 2	Personen mit bedingter PW-Verfügbarkeit (Fahrausweis vorhanden aber insgesamt mehr Fahrausweisinhaber als PW im Haushalt)
Gruppe 3	Volle PW-Verfügbarkeit (Fahrausweis vorhanden und mindestens so viele PW wie Fahrausweisinhaber im Haushalt)

Die Analysen wurden mit Hilfe der Prozedur SURVIVAL des Statistik-Programmpakets SPSSX durchgeführt. Die Graphik zeigt getrennt für die drei Gruppen den Anteil der Wege, die eine bestimmte Länge (in km) nicht übersteigen. Bei den Tests wurde sowohl ein Vergleich aller drei Gruppen als auch paarweise Vergleiche durchgeführt. Man sieht, dass die Nullhypothese der Gleichheit der Wegelängenverteilungen auf jedem üblichen Signifikanzniveau abgelehnt werden kann. Dass die PW-Verfügbarkeit die Arbeitswegelänge wesentlich beeinflusst, gilt - wie ein weiterer Test zeigt - nicht nur für die Erwerbstätigen insgesamt sondern sondern auch bei einer Aufgliederung nach dem Geschlecht.

LIFE TABLE
SURVIVAL VARIABLE ENTKM ENTFERNUNG IN KILOMETERN
FOR KPWVERF PW VERFUEGBARKEIT = 1 KEIN FA/PW

INTVL START TIME	NUMBER ENTRNG THIS INTVL	NUMBER WDRAWN DURING INTVL	NUMBER EXPOSD TO RISK	NUMBER OF TERMNL EVENTS	PROPN TERMI-NATING	PROPN SURVI-VING	CUMUL PROPN SURV AT END	PROBA-BILITY DENSTY	HAZARD RATE	SE OF CUMUL SURV-IVING	SE OF PROB-ABILTY DENS	SE OF HAZRD RATE
0.0	1024.1	0.0	1024.1	216.4	0.2113	0.7887	0.7887	0.2113	0.2362	0.013	0.013	0.016
1.0	807.8	0.0	807.8	281.8	0.3489	0.6511	0.5136	0.2752	0.4226	0.016	0.014	0.025
2.0	526.0	0.0	526.0	129.6	0.2463	0.7537	0.3871	0.1265	0.2809	0.015	0.010	0.024
3.0	396.4	0.0	396.4	102.4	0.2583	0.7417	0.2871	0.1000	0.2966	0.014	0.009	0.029
4.0	294.0	0.0	294.0	60.2	0.2047	0.7953	0.2283	0.0588	0.2280	0.013	0.007	0.029
5.0	233.8	0.0	233.8	42.6	0.1821	0.8179	0.1868	0.0416	0.2003	0.012	0.006	0.031
6.0	191.3	0.0	191.3	32.7	0.1708	0.8292	0.1549	0.0319	0.1868	0.011	0.005	0.033
7.0	158.6	0.0	158.6	24.6	0.1549	0.8451	0.1309	0.0240	0.1679	0.011	0.005	0.034
8.0	134.0	0.0	134.0	28.2	0.2108	0.7892	0.1033	0.0276	0.2356	0.010	0.005	0.044
9.0	105.8	0.0	105.8	5.1	0.0479	0.9521	0.0983	0.0049	0.0490	0.009	0.002	0.022
10.0	100.7	0.0	100.7	25.9	0.2572	0.7428	0.0730	0.0253	0.2951	0.008	0.005	0.057
11.0	74.8	0.0	74.8	3.1	0.0420	0.9580	0.0700	0.0031	0.0429	0.008	0.002	0.024
12.0	71.7	0.0	71.7	9.9	0.1379	0.8621	0.0603	0.0096	0.1481	0.007	0.003	0.047
13.0	61.8	0.0	61.8	3.4	0.0547	0.9453	0.0570	0.0033	0.0562	0.007	0.002	0.031
14.0	58.4	0.0	58.4	0.0	0.0	1.0000	0.0570	0.0	0.0	0.007	0.0	0.0
15.0	58.4	0.0	58.4	13.8	0.2359	0.7641	0.0436	0.0135	0.2675	0.006	0.004	0.071
16.0	44.6	0.0	44.6	6.1	0.1369	0.8631	0.0376	0.0060	0.1470	0.006	0.002	0.059
17.0	38.5	0.0	38.5	2.2	0.0581	0.9419	0.0354	0.0022	0.0598	0.006	0.001	0.040
18.0	36.3	0.0	36.3	0.0	0.0	1.0000	0.0354	0.0	0.0	0.006	0.0	0.0
19.0	36.3	0.0	36.3	5.4	0.1494	0.8506	0.0301	0.0053	0.1615	0.005	0.002	0.069
20.0	30.9	0.0	30.9	11.0	0.3551	0.6449	0.0194	0.0107	0.4317	0.004	0.003	0.127
21.0	19.9	0.0	19.9	0.0	0.0	1.0000	0.0194	0.0	0.0	0.004	0.0	0.0
22.0	19.9	0.0	19.9	0.0	0.0	1.0000	0.0194	0.0	0.0	0.004	0.0	0.0
23.0	19.9	0.0	19.9	2.2	0.1129	0.8871	0.0172	0.0022	0.1197	0.004	0.001	0.080
24.0	17.7	0.0	17.7	0.0	0.0	1.0000	0.0172	0.0	0.0	0.004	0.0	0.0
25.0	17.7	0.0	17.7	1.4	0.0802	0.9198	0.0159	0.0014	0.0835	0.004	0.001	0.070
26.0	16.2	0.0	16.2	10.5	0.6471	0.3529	0.0056	0.0103	0.9567	0.002	0.003	0.259
27.0	5.7	0.0	5.7	1.4	0.2495	0.7505	0.0042	0.0014	0.2850	0.002	0.001	0.236
28.0	4.3	0.0	4.3	2.1	0.4866	0.5134	0.0022	0.0020	0.6430	0.001	0.001	0.421
29.0	2.2	0.0	2.2	0.0	0.0	1.0000	0.0022	0.0	0.0	0.001	0.0	0.0
30.0+	2.2	0.0	2.2	2.2	1.0000	-0.0000	-0.0000	**	**	0.0	**	**

** THESE CALCULATIONS FOR THE LAST INTERVAL ARE MEANINGLESS.

THE MEDIAN SURVIVAL TIME FOR THESE DATA IS 2.11

LIFE TABLE
SURVIVAL VARIABLE ENTKM ENTFERNUNG IN KILOMETERN = 2 BED V.
FOR KPWVERF PW VERFUEGBARKEIT

INTVL START TIME	NUMBER ENTRNG THIS INTVL	NUMBER WDRAWN DURING INTVL	NUMBER EXPOSD TO RISK	NUMBER OF TERMNL EVENTS	PROPN TERMI-NATING	PROPN SURVI-VING	CUMUL PROPN SURV AT END	PROBA-BILITY DENSTY	HAZARD RATE	SE OF CUMUL SURV-IVING	SE OF PROB-ABILTY DENS	SE OF HAZRD RATE
0.0	1182.0	0.0	1182.0	176.6	0.1494	0.8506	0.8506	0.1494	0.1615	0.010	0.010	0.012
1.0	1005.4	0.0	1005.4	196.8	0.1957	0.8043	0.6841	0.1665	0.2170	0.014	0.011	0.015
2.0	808.6	0.0	808.6	152.4	0.1885	0.8115	0.5551	0.1290	0.2081	0.014	0.010	0.017
3.0	656.2	0.0	656.2	110.8	0.1689	0.8311	0.4613	0.0938	0.1845	0.014	0.008	0.017
4.0	545.3	0.0	545.3	74.3	0.1362	0.8638	0.3985	0.0628	0.1461	0.014	0.007	0.017
5.0	471.1	0.0	471.1	69.1	0.1466	0.8534	0.3401	0.0584	0.1582	0.014	0.007	0.019
6.0	402.0	0.0	402.0	50.9	0.1266	0.8734	0.2971	0.0430	0.1351	0.013	0.006	0.019
7.0	351.1	0.0	351.1	64.8	0.1845	0.8155	0.2422	0.0548	0.2033	0.012	0.007	0.025
8.0	286.3	0.0	286.3	33.0	0.1152	0.8848	0.2143	0.0279	0.1222	0.012	0.005	0.021
9.0	253.4	0.0	253.4	21.4	0.0844	0.9156	0.1963	0.0181	0.0881	0.012	0.004	0.019
10.0	232.0	0.0	232.0	44.3	0.1908	0.8092	0.1588	0.0374	0.2109	0.011	0.006	0.032
11.0	187.7	0.0	187.7	14.3	0.0761	0.9239	0.1467	0.0121	0.0791	0.010	0.003	0.021
12.0	173.4	0.0	173.4	24.9	0.1434	0.8566	0.1257	0.0210	0.1545	0.010	0.004	0.031
13.0	148.6	0.0	148.6	10.6	0.0716	0.9284	0.1167	0.0090	0.0743	0.009	0.003	0.023
14.0	137.9	0.0	137.9	13.7	0.0997	0.9003	0.1050	0.0116	0.1049	0.009	0.003	0.028
15.0	124.2	0.0	124.2	25.7	0.2072	0.7928	0.0833	0.0218	0.2312	0.008	0.004	0.045
16.0	98.4	0.0	98.4	9.2	0.0935	0.9065	0.0755	0.0078	0.0980	0.008	0.003	0.032
17.0	89.2	0.0	89.2	7.0	0.0783	0.9217	0.0696	0.0059	0.0815	0.007	0.002	0.031
18.0	82.3	0.0	82.3	9.8	0.1191	0.8809	0.0613	0.0083	0.1266	0.007	0.003	0.040
19.0	72.5	0.0	72.5	3.8	0.0531	0.9469	0.0580	0.0033	0.0545	0.007	0.002	0.028
20.0	68.6	0.0	68.6	18.7	0.2729	0.7271	0.0422	0.0158	0.3160	0.006	0.004	0.072
21.0	49.9	0.0	49.9	2.3	0.0460	0.9540	0.0403	0.0019	0.0470	0.006	0.001	0.031
22.0	47.6	0.0	47.6	2.7	0.0568	0.9432	0.0380	0.0023	0.0585	0.006	0.001	0.036
23.0	44.9	0.0	44.9	9.2	0.2046	0.7954	0.0302	0.0078	0.2280	0.005	0.003	0.075
24.0	35.7	0.0	35.7	4.1	0.1154	0.8846	0.0267	0.0035	0.1224	0.005	0.002	0.060
25.0	31.6	0.0	31.6	12.7	0.4019	0.5981	0.0160	0.0107	0.5030	0.004	0.003	0.137
26.0	18.9	0.0	18.9	2.7	0.1429	0.8571	0.0137	0.0023	0.1539	0.003	0.001	0.093
27.0	16.2	0.0	16.2	0.5	0.0305	0.9695	0.0133	0.0004	0.0309	0.003	0.001	0.044
28.0	15.7	0.0	15.7	6.1	0.3868	0.6132	0.0081	0.0051	0.4796	0.003	0.002	0.189
29.0	9.6	0.0	9.6	4.3	0.4452	0.5548	0.0045	0.0036	0.5727	0.002	0.002	0.265
30.0+	5.3	0.0	5.3	5.3	1.0000	-0.0000	-0.0000	**	**	0.0	**	**

** THESE CALCULATIONS FOR THE LAST INTERVAL ARE MEANINGLESS.

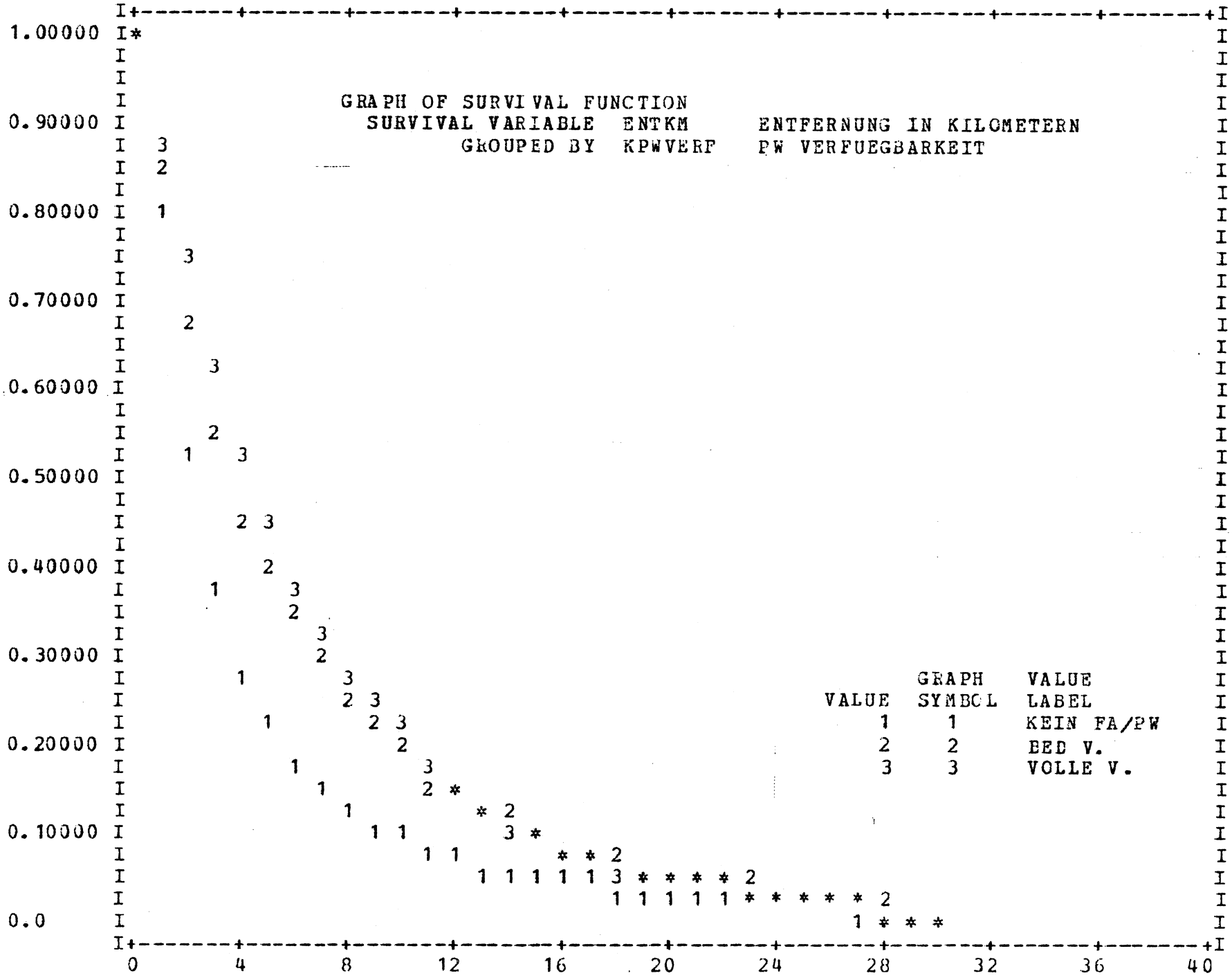
THE MEDIAN SURVIVAL TIME FOR THESE DATA IS 3.59

LIFE TABLE
SURVIVAL VARIABLE ENTKM ENTFERNUNG IN KILOMETERN
FOR KPWVERF PW VERFUEGBARKEIT = 3 VOLLE V.

INTVL START TIME	NUMBER ENTRNG THIS INTVL	NUMBER WDRAWN DURING INTVL	NUMBER EXPOSD TO RISK	NUMBER OF TERMNL EVENTS	PROPN TERMI-NATING	PROPN SURVI-VING	CUMUL PROPN SURV AT END	PROBA-BILITY DENSTY	HAZARD RATE	SE OF CUMUL SURV-IVING	SE OF PROB-ABILTY DENS	SE OF HAZRD RATE
0.0	1241.2	0.0	1241.2	162.4	0.1308	0.8692	0.8692	0.1308	0.1400	0.010	0.010	0.011
1.0	1078.8	0.0	1078.8	155.6	0.1443	0.8557	0.7438	0.1254	0.1555	0.012	0.009	0.012
2.0	923.1	0.0	923.1	133.8	0.1450	0.8550	0.6359	0.1078	0.1563	0.014	0.009	0.013
3.0	789.3	0.0	789.3	129.1	0.1636	0.8364	0.5319	0.1040	0.1782	0.014	0.009	0.016
4.0	660.2	0.0	660.2	89.9	0.1361	0.8639	0.4595	0.0724	0.1461	0.014	0.007	0.015
5.0	570.3	0.0	570.3	95.2	0.1670	0.8330	0.3828	0.0767	0.1822	0.014	0.008	0.019
6.0	475.1	0.0	475.1	80.1	0.1686	0.8314	0.3183	0.0645	0.1841	0.013	0.007	0.020
7.0	395.0	0.0	395.0	58.6	0.1483	0.8517	0.2711	0.0472	0.1601	0.013	0.006	0.021
8.0	336.4	0.0	336.4	37.2	0.1105	0.8895	0.2411	0.0299	0.1169	0.012	0.005	0.019
9.0	299.3	0.0	299.3	18.0	0.0602	0.9398	0.2266	0.0145	0.0621	0.012	0.003	0.015
10.0	281.2	0.0	281.2	67.2	0.2389	0.7611	0.1725	0.0541	0.2713	0.011	0.006	0.033
11.0	214.1	0.0	214.1	18.8	0.0876	0.9124	0.1573	0.0151	0.0917	0.010	0.003	0.021
12.0	195.3	0.0	195.3	46.0	0.2354	0.7646	0.1203	0.0370	0.2669	0.009	0.005	0.039
13.0	149.3	0.0	149.3	26.0	0.1741	0.8259	0.0994	0.0209	0.1907	0.008	0.004	0.037
14.0	123.3	0.0	123.3	10.9	0.0881	0.9119	0.0906	0.0088	0.0921	0.008	0.003	0.028
15.0	112.5	0.0	112.5	28.4	0.2524	0.7476	0.0677	0.0229	0.2889	0.007	0.004	0.054
16.0	84.1	0.0	84.1	4.7	0.0556	0.9444	0.0640	0.0038	0.0572	0.007	0.002	0.026
17.0	79.4	0.0	79.4	6.9	0.0868	0.9132	0.0584	0.0056	0.0907	0.007	0.002	0.035
18.0	72.5	0.0	72.5	8.2	0.1132	0.8868	0.0518	0.0066	0.1200	0.006	0.002	0.042
19.0	64.3	0.0	64.3	1.1	0.0168	0.9832	0.0509	0.0009	0.0169	0.006	0.001	0.016
20.0	63.2	0.0	63.2	15.9	0.2521	0.7479	0.0381	0.0128	0.2885	0.005	0.003	0.072
21.0	47.3	0.0	47.3	0.0	0.0	1.0000	0.0381	0.0	0.0	0.005	0.0	0.0
22.0	47.3	0.0	47.3	6.1	0.1294	0.8706	0.0332	0.0049	0.1383	0.005	0.002	0.056
23.0	41.2	0.0	41.2	4.5	0.1091	0.8909	0.0295	0.0036	0.1154	0.005	0.002	0.054
24.0	36.7	0.0	36.7	1.2	0.0338	0.9662	0.0285	0.0010	0.0343	0.005	0.001	0.031
25.0	35.4	0.0	35.4	13.4	0.3793	0.6207	0.0177	0.0108	0.4681	0.004	0.003	0.124
26.0	22.0	0.0	22.0	5.9	0.2699	0.7301	0.0129	0.0048	0.3120	0.003	0.002	0.126
27.0	16.1	0.0	16.1	2.1	0.1289	0.8711	0.0113	0.0017	0.1377	0.003	0.001	0.096
28.0	14.0	0.0	14.0	6.6	0.4738	0.5262	0.0059	0.0053	0.6209	0.002	0.002	0.229
29.0	7.4	0.0	7.4	0.9	0.1232	0.8768	0.0052	0.0007	0.1313	0.002	0.001	0.138
30.0+	6.5	0.0	6.5	6.5	1.0000	-0.0000	-0.0000	**	**	0.0	**	**

** THESE CALCULATIONS FOR THE LAST INTERVAL ARE MEANINGLESS.

THE MEDIAN SURVIVAL TIME FOR THESE DATA IS 4.44


GRAPH OF SURVIVAL FUNCTION
SURVIVAL VARIABLE ENTKM ENTFERNUNG IN KILOMETERN
GROUPED BY KPWVERF PW VERFUEGBARKEIT
1.00000
0.90000
0.80000
0.70000
0.60000
0.50000
0.40000
0.30000
0.20000
0.10000
0.0
0
4
8
12
16
20
24
28
32
36
40
VALUE GRAPH SYMBOL VALUE LABEL
1 1 KEIN FA/PW
2 2 BED V.
3 3 VOLLE V.

COMPARISON OF SURVIVAL EXPERIENCE USING THE LEE-DESU STATISTIC
SURVIVAL VARIABLE ENTKM ENTFERNUNG IN KILOMETERN
GROUPED BY KPWVERF PW VERFUEGBARKEIT

OVERALL COMPARISON STATISTIC 159.063 D.F. 2 PROB. 0.0

GROUP	LABEL	TOTAL N	UNCEN	CEN	PCT CEN	MEAN SCORE
1	KEIN FA/PW	1024	1024	0	0.0	-637.84
2	BED V.	1182	1182	0	0.0	145.37
3	VOLLE V.	1241	1241	0	0.0	387.86

PAIRWISE COMPARISON STATISTIC 83.887 D.F. 1 PROB. 0.0000

GROUP	LABEL	TOTAL N	UNCEN	CEN	PCT CEN	MEAN SCORE
1	KEIN FA/PW	1024	1024	0	0.0	-266.38
2	BED V.	1182	1182	0	0.0	230.79

PAIRWISE COMPARISON STATISTIC 151.252 D.F. 1 PROB. 0.0

GROUP	LABEL	TOTAL N	UNCEN	CEN	PCT CEN	MEAN SCORE
1	KEIN FA/PW	1024	1024	0	0.0	-371.46
3	VOLLE V.	1241	1241	0	0.0	306.51

PAIRWISE COMPARISON STATISTIC 8.621 D.F. 1 PROB. 0.0033

GROUP	LABEL	TOTAL N	UNCEN	CEN	PCT CEN	MEAN SCORE
2	BED V.	1182	1182	0	0.0	-85.425
3	VOLLE V.	1241	1241	0	0.0	81.356

COMPARISON OF SURVIVAL EXPERIENCE USING THE LEE-DESU STATISTIC
SURVIVAL VARIABLE ENTKM ENTFERNUNG IN KILOMETERN
GROUPED BY KPWVERF PW VERFUEGBARKEIT
FOR SEX GESCHLECHT = 1 MAENNLICH

OVERALL COMPARISON STATISTIC 86.481 D.F. 2 PROB. 0.0000

GROUP	LABEL	TOTAL N	UNCEN	CEN	PCT CEN	MEAN SCORE
1	KEIN FA/PW	513	513	0	0.0	-454.87
2	BED V.	883	883	0	0.0	33.145
3	VOLLE V.	909	909	0	0.0	224.39

COMPARISON OF SURVIVAL EXPERIENCE USING THE LEE-DESU STATISTIC
SURVIVAL VARIABLE ENTKM ENTFERNUNG IN KILOMETERN
GROUPED BY KPWVERF PW VERFUEGBARKEIT
FOR SEX GESCHLECHT = 2 WEIBLICH

OVERALL COMPARISON STATISTIC 38.507 D.F. 2 PROB. 0.0000

GROUP	LABEL	TOTAL N	UNCEN	CEN	PCT CEN	MEAN SCORE
1	KEIN FA/PW	511	511	0	0.0	-132.42
2	BED V.	299	299	0	0.0	79.409
3	VOLLE V.	332	332	0	0.0	132.46