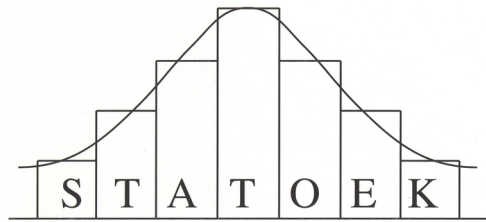


Institut für Statistik und Ökonometrie



Ein logistisches Regressionsmodell zur Analyse der Verkehrsmittelwahl im Raum Mainz

Yvonne Lange

Arbeitspapier Nr. 22 (Oktober 2000)

**Johannes Gutenberg-Universität
Fachbereich Rechts-
und Wirtschaftswissenschaften**

Haus Recht und Wirtschaft II
D 55099 Mainz
Tel: 0 61 31 - 39 22551 Fax: 0 61 31 - 39 23717
E-Mail: STATOEK@Uni-Mainz.de

Herausgeber: Univ.-Prof. Dr. Peter M. Schulze

ISSN Nr. 1430 - 2136

Institut für Statistik und Ökonometrie
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Fachbereich Rechts- und Wirtschafts-
wissenschaften
Haus Recht und Wirtschaft II

D 55099 Mainz

Herausgeber: Univ.-Prof. Dr. P.M. Schulze

© 2000 Institut für Statistik und Ökonometrie, Mainz
ISSN Nr. 1430 - 2136

Ein logistisches Regressionsmodell
zur Analyse der Verkehrsmittelwahl im Raum Mainz

Yvonne Lange

Gliederung

1	Einleitung	2
2	Theorie der logistischen Regression	3
3	Empirische Analyse	5
3.1	Datenbeschreibung und Struktur	5
3.2	Auswertung und Interpretation	8
3.2.1	Ergebnis einer vorläufigen Schätzung der Verkehrsmittelwahl	8
3.2.2	Exemplarische Analyse einer Verkehrsmittelwahlentscheidung	10
3.2.3	Zusammenfassende Analyse über die Verkehrsmittel, Verkehrszwecke und Personengruppen	14
4	Fazit	18
	Anhang	I
	Literatur	V

Zusammenfassung

In der Studie wird mittels der logistischen Regressionsanalyse untersucht, welche Determinanten die Wahrscheinlichkeit der Wahl eines bestimmten Verkehrsmittels erklären und welche Rolle hierbei soziodemografische Größen spielen. Die befragten Mainzer Verkehrsteilnehmer präferieren den Individualverkehr gegenüber dem Öffentlichen Personennahverkehr. Ausschlaggebende Determinante ist die „PKW-Verfügbarkeit“. Die Stärke ihres Einflusses differiert sowohl zwischen den Personengruppen, als auch zwischen verschiedenen Aktivitätskategorien. Signifikante Unterschiede bzgl. des geschlechtsspezifischen Wahlverhaltens konnten nicht festgestellt werden.

Summary

Using logistic regression this survey analyses the determinants of the probability to choose a specific means of transportation; furthermore the influence of socio-demographic variables is examined. The road users in a sample taken in the city of Mainz prefer individual to public transport. The most important determinant is the availability of a car. The strength of its influence differs both between the observed groups of persons and within these groups between activity levels. Generally, there is no significant difference between women and men.

1 Einleitung

Die Arbeit befasst sich mit der empirischen Analyse der Verkehrsmittelwahl im Raum Mainz. Das individuelle Verkehrsverhalten hängt von der persönlichen, sozialen und wirtschaftlichen Situation des Einzelnen ab und ist durch die Handlungsspielräume, die sich durch die Einbindung des Individuums in bestimmte Lebenssituationen ergeben, determiniert.¹ Deshalb wurde eine Kategorisierung nach Personengruppen und unterschiedlichen Verkehrszwecken vorgenommen.

Die Verkehrsmittelentscheidung ist eine ökonomische Wahlhandlung unter sich gegenseitig ausschließenden Alternativen. Als Analyseinstrument bietet sich folglich ein diskretes Entscheidungsmodell an.

Ziel dieser Studie ist zum einen, die Determinanten herauszufiltern, die auf die jeweilige Entscheidung den größten Einfluss haben. Zum anderen wird das Problem betrachtet, ob ein Individuum ein bestimmtes Verkehrsmittel wählt oder nicht. Deshalb kommt dem Modell der binären logistischen Regression herausragende Bedeutung zu.

Als Datenbasis dient eine Verkehrserhebung der Stadt Mainz aus dem Jahr 1991.

Zunächst werden in Kapitel 2 die theoretischen Grundlagen der logistischen Regression skizziert. Im Vorfeld der empirischen Analyse wird anschließend in Kapitel 3.1. die Aufbereitung der Daten erläutert.

Die eigentliche Analyse, ihre Ergebnisse und deren Interpretation finden sich im 2. Teil des 3. Kapitels. Das abschließende 4. Kapitel fasst die Ergebnisse zusammen.

¹ Vgl. Aberle, G., Transportwirtschaft, 1996, S. 395.

2 Theorie der logistischen Regression

Die individuelle Verkehrsmittelwahl hängt sowohl von unbeobachtbaren sozioökonomischen Charakteristika der Individuen (wie z.B. Gewohnheiten und Präferenzen)² als auch von den *wahrgenommenen* Verkehrsmiteleigenschaften ab. Letztere werden von den Nutzern unterschiedlich bewertet. Insofern unterliegt die Entscheidung keiner deterministischen Gesetzmäßigkeit, vielmehr können nur Aussagen über Wahrscheinlichkeiten der Wahl eines Verkehrsmittels gemacht werden.³

Diese Wahrscheinlichkeiten sollen mit einem Modell der logistischen Regression geschätzt werden. Zuvor sind die signifikanten Determinanten dieser Wahlentscheidung zu bestimmen. Ausgangspunkt der logistischen Regression ist für jedes Individuum $i = 1, \dots, n$ eine nichtlineare funktionale Beziehung der Form:

$$(2.1) \quad P(Y_i = 1) = \frac{1}{1 + e^{-L_i}},$$

$$\text{mit } L_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j \cdot X_{ij}, \quad i = 1, \dots, n.$$

β_0 stellt den Achsenabschnitt dar und ist eine Konstante, die die Wahrscheinlichkeit für die Wahl des Verkehrsmittels angibt, wenn alle übrigen Regressoren Null sind. Die Größenordnung des Wertes ist einer Interpretation nur schwer zugänglich.⁴ Es lässt sich aber konstatieren, dass für $\beta_0 < 0$ der Nutzen negativ ist. Somit sinkt die Wahrscheinlichkeit für die Wahl dieses Verkehrsmittels, wenn die übrigen $X_{ij} = 0$ sind, da daraus $p_i < 0,5$ folgt. Ist $\beta_0 > 0$, wird die Wahrscheinlichkeit $p_i > 0,5$ (für $X_{ij} = 0$), und man nimmt an, dass das Verkehrsmittel gewählt wird.⁵

² Vgl. Wermuth, M., Verkehrsnachfragemodelle, 1981, S. 102

und Maier, G., Weiss, P., Modelle diskreter Entscheidungen, 1990, S. 98 ff.

³ Vgl. Maier, G., Weiss, P., Modelle diskreter Entscheidungen, 1990, S. 98.

⁴ Vgl. Gujarati, D.M., Basic Econometrics, 1995, S. 555.

⁵ Vgl. Bühl, A., Zöfel, P., SPSS Version 9, 2000, S. 338.

Die Parameter β_j geben die Steigung an. Ihre Vorzeichen geben Aufschluss darüber, wie sich die Wahrscheinlichkeit ändert, wenn die j -te unabhängige Variable um eine Einheit erhöht wird. Ist $\beta_j < 0$ sinkt die Entscheidungswahrscheinlichkeit für das Verkehrsmittel, und wenn $\beta_j > 0$ ist, so steigt auch p_i mit wachsendem X_{ij} . Aufgabe der logistischen Regression ist die Schätzung der Parameter $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$.

Mit Beziehung (2.1) ist gewährleistet, dass die Wahrscheinlichkeiten $p_i := P(Y_i = 1)$ nicht-linear mit den X_{ij} wachsen, sondern mittels einer logistischen Funktion miteinander verknüpft sind.⁶ So kann man sich vorstellen, dass bei Überschreiten eines gewissen Schwellenwertes einer Variablen, die Entscheider sprunghaft die Alternative wechseln.⁷ Betrachtet man beispielsweise einen regelmäßigen ÖPNV-Nutzer, so kann sich sein Wahlverhalten entscheidend mit dem Erwerb eines PKW ändern, wohingegen ein zweites oder drittes Fahrzeug keine weiteren Verhaltensänderungen seiner Wahlentscheidung auslösen wird.⁸

Statt die Wahrscheinlichkeit vorherzusagen, versucht man das zu p gehörige Risiko,

$$(2.2) \quad R = \frac{p}{1-p} \quad (\text{auch } odds \text{ ratio } \text{genannt}),$$

zu bestimmen⁹. R gibt somit an, wie sich die Wahrscheinlichkeit, ein bestimmtes Verkehrsmittel zu wählen, zu der Wahrscheinlichkeit verhält, dass es nicht gewählt wird. Kennzeichnend für die logistische Regression ist nun, dass nicht der Risikowert direkt, sondern seine logarithmierte Form modelliert wird. Dies nennt man auch Logit-Transformation der Wahrscheinlichkeit p :¹⁰

$$(2.3) \quad L = \ln(R) = \ln(p) - \ln(1-p) \quad .$$

⁶ Vgl. Kunert, U., Individuelles Verkehrsverhalten, 1992, S. 140.

⁷ Vgl. Gujarati, D.M., Basic Econometrics, 1995, S. 542-544.

⁸ Vgl. Kmenta, J., Elements of Econometrics, 1986, S. 550 ff.

⁹ Vgl. Gujarati, D.M., Basic Econometrics, 1995, S. 555.

¹⁰ Vgl. o.V., Logistische Regression, im Internet unter:

<http://luce.psych.uni-osnabrueck.de/ggediga/www/pm98/pages/logreg.htm>, 1999, S. 2.

3 Empirische Analyse

Dieses Kapitel beinhaltet den Kern der empirischen Studie der Verkehrsmittelwahl im Raum Mainz. Zunächst ist dabei auf die Datenbasis und ihre Aufbereitung im Sinne der Aufgabenstellung einzugehen.

3.1 Datenbeschreibung und Struktur

Die der Analyse zugrundeliegenden Daten basieren auf einer 1991 in Mainz vom „Institut für angewandte Verkehrs- und Tourismusforschung e.V.“ (IVT Heilbronn) durchgeführten Haushaltsbefragung. Es wurde erhoben, welche Personen sich an einem bestimmten Stichtag, auf welchen Quelle-Ziel-Beziehungen, mit welchen Verkehrsmitteln und zu welchem Zweck bewegen. Als Weg ist die Ortsveränderung außer Haus zu einem bestimmten Zweck zu verstehen. Auswahlgesamtheit der Stichprobenziehung von 3.996 Haushalten bildete die Einwohnerdatei der Stadt Mainz. Da in diesen Haushalten durchschnittlich etwa 2,3 Personen lebten, von denen jede im Durchschnitt rund 3,4 Wege an einem Stichtag aufzeichnete, umfasst die wegebezogene Datenbasis über 31.000 Datensätze.

Im Sinne des Untersuchungsziels und zur Erhöhung der Transparenz wurde der ursprüngliche Datensatz um irrelevante Stichprobeneinheiten bereinigt. Dabei wurden zunächst alle immobilen Personen, also diejenigen, die am betreffenden Stichtag das Haus nicht verlassen haben, herausgenommen. Um die „strukturelle Wirkung von fehlenden [...] Angaben“¹¹ weiter abzumildern, wurden nur vollständige und konsistente Angaben berücksichtigt.

Die Analyse beschränkt sich auf „verkehrsmündige“ Individuen, die ihre Verkehrsmittelwahl eigenständig treffen können. Deshalb sind nur die ältesten drei Familienmitglieder in die Untersuchung einbezogen worden. Diese wurden aufgrund ihrer Berufstätigkeit und ihres Alters den drei Personenkategorien *Erwerbstätige - in Ausbildung - Nichterwerbstätige* zugeordnet. Zu den Erwerbstätigen zählen sowohl Voll- als auch Teilzeitbeschäftigte. Der Oberbegriff „in Ausbildung“ umfasst Personen in Schul-, Berufs-, oder Hochschulausbil-

¹¹ Kunert, U., Individuelles Verkehrsverhalten, 1992, S. 250.

dung. Hausfrauen/-männer, Rentner sowie Beurlaubte und Beschäftigungslose bilden die Gruppe der Nichterwerbstätigen. Zuletzt verblieben 5.904 Beobachtungen in der Analyse.

Die Unterscheidung dieser drei Gruppen beruht auf Erkenntnissen aus anderen empirischen Untersuchungen. Diese haben gezeigt, dass die Verkehrsmittelwahl selten eine freie Entscheidung ist,¹² sondern vielmehr auf Restriktionen beruht, denen sich die Personen durch Pflichtaktivitäten wie Beruf und Schulbesuch oder aufgrund des Haushaltszusammenhangs gegenüber sehen.¹³ Mit Hilfe soziodemografischer Merkmale ist es möglich, eine Kategorisierung der Personen zu verhaltenshomogenen Personengruppen mit ähnlichen täglichen Aktivitätsmustern vorzunehmen. Demnach lässt sich Verkehrsverhalten durch die Zuordnung von Personen über die Art ihrer Tätigkeiten zu den dazu notwendigen (Verkehrs-) Einrichtungen erklären.¹⁴ Da aufgrund nur scheinbar offenstehender Wahlmöglichkeiten die Schwankungen in der Verkehrsmittelwahl erheblich sind,¹⁵ wurden die so strukturierten Personengruppen in ihren Aktivitätskategorien weiter untergliedert, wobei nur noch nach den Hauptwegezwecken *Beruf/Ausbildung*, *Einkauf* und *Freizeit/Private Erledigungen* unterschieden wurde.¹⁶ Es ergeben sich folgende wegebezogenen „Marktsegmente“ (vgl. Abb. 1), wobei zusätzlich die Variable *Geschlecht* als Unterscheidungskriterium einbezogen wurde.

Abbildung 1: Personengruppen- und wegezweckspezifische Marktsegmente

Personengruppe		Wegezweck		
		Beruf	Einkauf	Freizeit
Personengruppe	Nichterwerbstätige			
	in Ausbildung			
	Erwerbstätige			

¹² Vgl. Wermuth, M., Verkehrsnachfragemodelle, 1981, S. 101.

¹³ Vgl. Brög, W., Individuelles Verhalten, 1981, S. 136.

¹⁴ Vgl. Wermuth, M., Verkehrsnachfragemodelle, 1981, S. 120 f.

¹⁵ Vgl. Kunert, U., Individuelles Verkehrsverhalten, 1992, S. 66.

¹⁶ Vgl. Aberle, G., Transportwirtschaft, 1996, S. 399.

Die Untersuchungseinheiten eines jeden derart definierten „Marktsegmentes“ haben die Wahl zwischen zwei Verkehrsalternativen: dem *Individualverkehr* (IV) [PKW als Fahrer oder Mitfahrer, reiner Fußweg oder Fahrrad/Mofa] und dem *Öffentlicher Personennahverkehr* (ÖPNV) [Bus, Straßen- oder Eisenbahn]. Die aus Praktikabilitätsgründen vorgenommene Beschränkung auf zwei Alternativen ist allerdings nicht unproblematisch. Sie blendet Wahlmöglichkeiten innerhalb der Alternativen aus.

Aufgrund von Plausibilitätsüberlegungen und in Analogie zu vergleichbaren Untersuchungen, wurden im Modell nur die Variablen berücksichtigt, die als relevant für die Verkehrsmittelwahl gelten.¹⁷ Dadurch wird das Modell „sparsamer“ und leichter interpretierbar („Parsimonitätsprinzip“). Die aus den vorhandenen Variablen abgeleiteten Verkehrsnachfragedeterminanten sind: *Anbindung an den ÖPNV*, *Gesamtentfernung*, *PKW-Verfügbarkeit* (eigenes Auto oder Mitbenutzung), *Fahrzeit* (vgl. Anhang S. I).

Die Trennung in soziodemografische Variablen und Verkehrsnachfragevariablen erhöht die Transparenz. Während erstere die Beobachtungen segmentieren, gehen letztere als erklärende Variablen in die Regression für das jeweilige „Marktsegment“ (s. S. 6) ein.

Für das Verkehrsnachfrageverhalten relevante Alterseffekte sind in der Erwerbstätigkeit und PKW-Verfügbarkeit mitberücksichtigt.¹⁸

Anzumerken bleibt noch, dass Angaben zum Einkommen oder zu Fahrtkosten, die bei der Verkehrsmittelwahl eine entscheidende Größe darstellen können, in der Befragung nicht erhoben wurden.¹⁹

¹⁷ Vgl. Knapp, F.D., Determinanten der Verkehrsmittelwahl, 1998, S.303
sowie Richards, M.G., Ben-Akiva, M.E., Travel Demand Model, 1975, S. 19 f.
und Kunert, U., Individuelles Verkehrsverhalten, 1992, S. 66 f., 160-161, 187.

¹⁸ Vgl. Wermuth, M., Verkehrsnachfragemodelle, 1981, S. 122.

¹⁹ Vgl. Teubel, U., Wirkung von Straßenbenutzungsabgaben, 1997, S. 149 ff.
und Brög, W., Individuelles Verhalten, 1981, S. 146 ff.

3.2 Auswertung und Interpretation

Im folgenden wird untersucht, welche Determinanten einen wesentlichen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl ausüben. Mit Hilfe dieser Regressoren wird *ein* Entscheidungsbeispiel simuliert. Anschließend werden *alle* Analysen zusammenfassend dargestellt.

3.2.1 Ergebnis einer vorläufigen Schätzung der Verkehrsmittelwahl

Gemäß den Ausführungen in Kapitel 3.1 sind für die drei Personengruppen - jeweils differenziert nach dem Geschlecht und einzelnen Wegezwecken - die Effekte der exogenen Faktoren PKW-Verfügbarkeit, Gesamtentfernung, Anbindung zum ÖPNV sowie Gesamtdauer der Fahrt auf die Wahrscheinlichkeit der Wahl für IV bzw. ÖPNV zu analysieren. Es sind dann für jedes „Marktsegment“ (logistische) Regressionsmodelle der Form (2.1) zu schätzen, wobei „ $Y = 1$ “ für die Alternative steht, dass das jeweilige Verkehrsmittel gewählt wird.

Die der Analyse zugrundeliegenden Berechnungen wurden mit dem Softwareprogramm SPSS 8.0 durchgeführt. Das Schätzverfahren für die Modellparameter $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ ist die Maximum-Likelihood-Methode. Im folgenden gilt:

X_{i1} : Verfügung über PKW (eigen oder Mitbenutzungsmöglichkeit) (*PKW-Verf*),

X_{i2} : Entfernung in km (*Gesamtkm*),

X_{i3} : Anbindung zum ÖPNV (*Anbind*),

X_{i4} : Fahrzeit insgesamt (*Fazeit*).

Auf eine explizite Überprüfung der klassischen Annahmen der multiplen Regression wurde verzichtet, da diese in Modellen mit qualitativem Regressanden nicht mehr vorausgesetzt werden können.²⁰ Als Folge nicht auszuschließender Multikollinearität zwischen der Entfernung (*Gesamtkm*) und der Fahrzeit (*Fazeit*) wird die Ermittlung der Signifikanz der Koeffizienten erschwert.²¹ Auf dieses Problem wird im folgenden ohnehin eingegangen.

²⁰ Vgl. Eckey, H.-F., Kosfeld, R., Dreger, C., Ökonometrie, 1995, S. 160.

²¹ Vgl. ebenda, S. 85 ff.

Zur Beurteilung der in das Modell aufgenommenen exogenen Variablen wurde in einem ersten Schritt vergleichbar mit dem t-Test der linearen Einfachregression untersucht, ob jeder Regressor *einzel*n einen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl hat. Für große Stichprobenumfänge und vorliegender ML-Schätzung bietet sich hierzu der Wald-Test an. Dabei wird getestet, ob ein einzelner Regressionsparameter den Wert Null annimmt (d.h. $H_0 : \beta_j = 0$) und somit, ob diese erklärende Variable relevant für die Verkehrsmittelwahl ist. Unter der Nullhypothese $\beta_j = 0$ berechnet sich die Wald-Statistik aus dem quadrierten Quotienten des Koeffizienten und seinem Standardfehler. Sie ist χ^2 -verteilt mit einem Freiheitsgrad. Für eine kategoriale Variable (vgl. *Anbind*) besitzt sie Freiheitsgrade entsprechend der Anzahl der Kategorien.²²

Man erhält als Ergebnis, dass einige Koeffizienten selbst bei einem 20%-Niveau nicht signifikant von Null verschieden sind. Auch die Standardfehler sind häufig größer als die geschätzten Koeffizienten selbst, was bestätigt, dass von diesen Koeffizienten kein Erklärungsgehalt für die Verkehrsmittelwahl ausgeht.

Das weitere Vorgehen soll nur noch die Variablen berücksichtigen, die bei einem Niveau von $\alpha = 5\%$ als signifikant beurteilt werden. Es muss sichergestellt werden, dass nicht Variablen außer Ansatz bleiben, von denen tatsächlich Erklärungsgehalt ausgeht. Deshalb wurde schrittweise jeweils der nicht-signifikante Regressor mit dem größten p-Wert aus der Schätzung herausgenommen und anschließend die berechnete neue Schätzung mit dem Ergebnis einer Vorwärts-Selektion der Variablen verglichen. Dabei beginnt die Vorwärts-Selektion zunächst mit der Einbeziehung der Konstanten und nimmt sukzessive jeweils die erklärende Variable zusätzlich auf, welche die höchste Korrelation zur abhängigen Variablen aufweist. Gleichzeitig werden die (nichtsignifikant von Null unterschiedlichen) Variablen wieder entfernt, welche den höchsten p-Wert in der Wald-Statistik aufweisen. Resultierend gehen von den ursprünglich vier Regressoren und der Konstanten nur diejenigen Variablen in die endgültige Schätzung ein, deren aus der Wald-Statistik errechneter p-Wert kleiner als das vorgegebene Signifikanzniveau von 0,05 ist.

²² Vgl. Norusis, M.J., SPSS for Windows, 1993, S. 5 (Chapter 1).

3.2.2 Exemplarische Analyse einer Verkehrsmittelwahlentscheidung

Die nun vorzunehmenden Analysen beinhalten nur exogene Variablen, von denen - entsprechend den Ergebnissen der vorangegangenen Schätzung - auszugehen ist, dass sie einen signifikanten Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl haben.

Exemplarisch für jedes der in Abb. 1 auf S. 6 aufgeführten „Marktsegmente“ wird die Schätzung und Interpretation der Güte- und Signifikanzmaße sowie die Berechnung der Wahrscheinlichkeiten der Verkehrsmittelwahl ausführlich am Beispiel der **IV-Entscheidung** (ja/nein) der **weiblichen Nichterwerbstätigen für ihren Einkaufsweg** dargestellt (vgl. hierzu die ergebniszusammenfassenden Tabellen im Anhang S. II).

Nach der schrittweisen Eliminierung der nichtsignifikanten Regressoren lautet die Gleichung (2.1),

$$(3.1) \quad p_i(\text{IV gewählt}) = \frac{1}{1 + e^{L_i}} \quad ,$$

$$\text{mit} \quad L_i = 1,7622 + 1,0110 * PKW\text{-Verf} - 0,2114 * Gesamtkm \quad .$$

Die Güte der Modellanpassung lässt sich anhand mehrerer ausgewiesener Maße beurteilen: *-2 Log Likelihood*, *Goodness of Fit*, *Cox&Snells R²*, *Nagelkerkes R²* und dem *Model Chi-Square*.

Der *-2 Log Likelihood* (-2LL) ist der negative doppelte Wert des Logarithmus der Likelihood-Funktion. Dieser gibt an, wie gut das geschätzte Modell die Daten repliziert. Ein gutes Modell weist folglich einen hohen Likelihood-Wert (Auftrittswahrscheinlichkeit der Daten) und somit einen kleinen Wert für -2LL auf.²³ Angegeben ist der -2LL-Wert für das Modell, das nur die Konstante beinhaltet und der -2LL-Wert, der sich nach Abschluss des Iterationsverfahrens für das entgeltige Modell mit allen Variablen ergibt. Nach vier Iterationen wurde das Stoppkriterium erreicht. Eine Abnahme des -2LL-Wertes bedeutet eine Verbesserung des Modells durch die Hinzunahme der Variablen.²⁴

²³ Vgl. Bellgardt, E., Statistik mit SPSS, 1997, S. 169.

²⁴ Vgl. Bühl, A., Zöfel, P., SPSS Version 9, 2000, S. 341.

Die Differenz der beiden -2LL-Werte ist als *Model Chi-Square* ausgewiesen. Sie folgt einer χ^2 -Verteilung mit k Freiheitsgraden und testet die Nullhypothese, dass alle Steigungskoeffizienten im Modell Null sind (d.h. $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$). Das Maß ist somit vergleichbar mit dem gewöhnlichen F-Test in einer linearen Regression, der den Gesamteffekt der Koeffizienten prüft.²⁵ Bei zwei Freiheitsgraden ergibt sich im vorliegenden Modell ein χ^2 -Wert von 42,774, so dass die Nullhypothese hochsignifikant abgelehnt wird. Das bedeutet, dass von mindestens einem Koeffizienten ein signifikanter Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl ausgeht.

Der *Goodness of Fit* vergleicht die beobachteten mit den vorhergesagten Wahrscheinlichkeiten. Für ein perfektes Modell wird er minimal.²⁶

Die beiden unter *Cox&Snell* und *Nagelkerke* angegebenen Bestimmtheitsmaße geben den Anteil der durch die logistische Regression erklärten Varianz an der Gesamtvariation an und bieten dadurch eine Entscheidungshilfe, ob die exogenen Variablen insgesamt die endogene Variable erklären können.²⁷ Der Wert 1 kann bei Cox&Snell nie erreicht werden. Beide Maße haben nicht die Aussagekraft eines Determinationskoeffizienten R^2 der linearen Regression. Dieser ist als Maß für die Güte der Anpassung in Modellen mit qualitativem Regressand von vermindertem Aussagewert, weil er die Tendenz hat, eher geringe Werte anzunehmen.²⁸ Das ausgewiesene Nagelkerke R^2 besagt, dass 18,3% der Streuung der endogenen Variablen auf die Streuung der exogenen Variablen zurückgeführt werden kann. Schon bei recht niedrigen Werten ist das Bestimmtheitsmaß in seiner Interpretation als Zufallsvariable gegen Null gesichert, „was bedeutet, dass eine Erklärung durch die exogenen Variablen gegeben ist.“²⁹

²⁵ Vgl. Norusis, M.J., SPSS for Windows, 1993, S. 11 (Chapter 1).

²⁶ Vgl. Bellgardt, E., Statistik mit SPSS, 1997, S. 169

bzw. Norusis, M.J., SPSS for Windows, 1993, S. 10 (Chapter 1).

²⁷ Vgl. hierzu und zur Berechnung: Norusis, M.J., SPSS Professional Statistics 7.5, 1997, S. 48 (Chapter 48).

²⁸ Vgl. Eckey, H.-F., Kosfeld, R., Dreger, C., Ökonometrie, 1995, S. 179
und Gujarati, D.M., Basic Econometrics, 1995, S. 545-546.

²⁹ Eckey, H.-F., Kosfeld, R., Dreger, C., Ökonometrie, 1995, S. 55.

Anschaulich interpretieren lässt sich die Vorhersagegüte anhand des Klassifikationstableaus, welches die „Gruppenzugehörigkeit“ der Beobachtungen (IV gewählt oder nicht) den vom Modell vorhergesagten gegenüberstellt. Exemplarisch verdeutlicht dies folgende Übersicht:

Tabelle 1: Klassifikationstableaus der weiblichen Nichterwerbstätigen für ihren Einkaufsweg

		Predicted			Percent Correct
		nicht angekreuzt n	I	ja j	
Observed		+-----+-----+			
nicht angekreuzt	n	I	11	I 54	I 16,92%
		+-----+-----+			
ja	j	I	6	I 290	I 97,97%
		+-----+-----+			
				Overall	83,38%

Von allen 361 Beobachtungen wurden 301 richtig vorhergesagt, das entspricht 83,38%. Von den 65 weiblichen Nichterwerbstätigen, die den IV nicht gewählt hatten, wurden nur 11 richtig vorhergesagt (16,92%), von den 296 IV-Nutzerinnen sind aber 290 korrekt eingeschätzt worden (97,97%). Wenn man die „Trefferquote“ von 97,97% mit der vergleicht, die sich bei einer rein zufälligen Zuordnung der Elemente ergeben hätte, stellt man fest, dass das Modell für die Vorhersage der tatsächlichen Wahl des IV für den Einkaufsweg der weiblichen Nichterwerbstätigen sehr gut geeignet ist. Die Trefferquote ist nämlich größer als diejenige, die nach dem Zufallsprinzip bei gegebenem Größenverhältnis der Gruppen zu erwarten ist (82%). Allerdings darf eine hohe Vorhersagegüte nicht überinterpretiert werden, da sich die Gruppenzugehörigkeit in der Tabelle nur daran orientiert, ob die geschätzten Wahrscheinlichkeiten größer oder kleiner als 0,5 sind und nicht wie sie sich verteilen.³⁰

Betrachtet man die Variablen und Ergebnisse im einzelnen, ergibt sich für die Berechnung der Wahrscheinlichkeit der IV-Wahl dieser spezifischen Personengruppe die folgende Regressionsgleichung (vgl. Gleichung (3.1)):

$$L_i = 1,7622 + 1,0110 * PKW\text{-Verfügbarkeit} - 0,2114 * Gesamtkm$$

Der Wert des Koeffizienten der *PKW-Verf* ist signifikant und beträgt 1,0110. Das positive Vorzeichen deutet darauf hin, dass die Wahrscheinlichkeit, den IV auf dem Einkaufsweg zu

³⁰ Vgl. Norusis, M.J., SPSS for Windows, 1993, S. 8 (Chapter 1).

nutzen, *ceteris paribus* (c.p.) steigt, wenn ein PKW zur Verfügung steht oder mitbenutzt werden kann.

Die Variable *Gesamtkm* besitzt einen Koeffizienten in Höhe von -0,2114, der hoch signifikant ist. Das negative Vorzeichen legt den Schluss nahe, dass mit zunehmender Entfernung die Wahrscheinlichkeit, dass eine weibliche Nichterwerbstätige zum Einkaufen den IV nutzt, c.p. abnimmt. Dies auf den ersten Blick kurios erscheinende Ergebnis wird plausibel, wenn man unterstellt, dass die Nichterwerbstätigen eher zur einkommensschwächeren Schicht gehören, die aus Kostengründen den IV auf längeren Wegstrecken meiden und verstärkt von Monats- und Jahresfahrkarten des ÖPNV Gebrauch machen.

Die *Konstante* in Höhe von 1,7622 kann als autonome Wertschätzung gedeutet werden, die eine weibliche Nichterwerbstätige dem IV auf ihrem Einkaufsweg beimisst.³¹ Die Wahrscheinlichkeit, dass eine solche auf einem 5 km langen Einkaufsweg den IV wählt, wenn sie über die (Mitbe-) Nutzung eines PKW verfügt, berechnet sich gemäß (3.1):

$$P(\text{IV gewählt}) = \frac{1}{1+e^L} = 0,8476 \quad ,$$

wobei

$$L = 1,7622 - 0,2114 * 5 + 1,0110 = 1,7162 \quad \text{ist.}$$

Da die geschätzte Wahrscheinlichkeit größer als 0,5 ist, kann man annehmen, dass sie den IV wählt.³²

Hingegen beträgt die Wahrscheinlichkeit, dass der IV *nicht* gewählt wird,

$$(1 - p) = (1 - 0,8476) = 0,1524 \quad .$$

Die „odds ratio“ dieser Wahrscheinlichkeiten ist dann,

$$p / (1 - p) = 0,8476 / 0,1524 = 5,5617 \quad .$$

³¹ Vgl. Maier, G., Weiss, P., Modelle diskreter Entscheidungen, 1990, S. 181.

³² Vgl. Bühl, A., Zöfel, P., SPSS Version 9, 2000, S. 338.

Wie groß wäre aber die Wahrscheinlichkeit, dass eine weibliche Nichterwerbstätige auf gleichem Einkaufsweg den IV nutzt, wenn sie *nicht* über einen PKW verfügt?

Aus $L = 1,7622 - 0,2114 \cdot 5 = 0,7052$ ergibt sich $p = 0,6693$. Somit kann man immer noch davon ausgehen, dass der IV gewählt wird, allerdings dann in Form von Fußweg oder Fahrrad, wobei gemäß vorangegangener Ausführungen die Vorhersagegüte für den Fall der Nichtwahl stark abfällt. Gleichung (2.2) folgend beträgt die „odds ratio“ - die Rate der Wahrscheinlichkeiten – den Wert, $0,6693 / (1 - 0,6693) = 2,0239$.

Man stellt fest, dass sich durch die Verfügbarkeit eines PKW die Rate der Wahrscheinlichkeiten zugunsten der IV-Wahl um einen Faktor von ca. 2,748 ($= 5,5617 / 2,0239$) erhöht.

Eine Veränderung der Wahrscheinlichkeit aufgrund einer Erhöhung der Entfernung um z.B. 15 km lässt sich mittels der Dichtefunktion der logistischen Verteilung berechnen.³³

$$(3.2) \quad \frac{e^{1,7622 - 0,2114 \cdot 5 + 1,011}}{(1 + e^{1,7622 - 0,2114 \cdot 5 + 1,011})^2} = -0,4095 \quad .$$

Erhöht man also die Entfernung auf 20 km bei weiterhin bestehender PKW-Verfügbarkeit, sinkt die Wahrscheinlichkeit der IV-Wahl um 0,4095 auf 43,81%. Folglich kann nicht mehr davon ausgegangen werden, dass der IV noch gewählt wird.

3.2.3 Zusammenfassende Analyse über die Verkehrsmittel, Verkehrszwecke und Personengruppen

Aus Platzgründen und zur Wahrung der Übersichtlichkeit wird auf detaillierte Ausführungen zu den Einzelergebnissen verzichtet, vielmehr lassen sie sich wie folgt strukturiert zusammenfassen (vgl. hierzu Anhang, S. II-IV).

³³ Vgl. Eckey, H.-F., Kosfeld, R., Dreger, C., Ökonometrie, 1995, S. 175:

$$\frac{\delta p_i}{\delta X_{ij}} = \frac{\delta F(\beta'X_i)}{\delta X_{ij}} = f(\beta'X_i) \cdot \beta_j,$$

wobei $f(\beta'X_i) = \frac{e^{\beta'X_i}}{(1 + e^{\beta'X_i})^2}$ die Dichtefunktion der logistischen Verteilung bezeichnet.

Dabei ist noch anzumerken, dass die Güte der gewählten Beispiele anhand des χ^2 -Wertes (vgl. S. 11), der unter der Berücksichtigung der jeweiligen Freiheitsgrade durchweg hochsignifikant war, und des Nagelkerke R^2 beurteilt wurde. Unter Berücksichtigung bereits erläuteter eingeschränkter Aussagekraft kann aufgrund von Werten für das R^2 zwischen 19,2% und 36,8% davon ausgegangen werden, dass die Modelle geeignet sind (vgl. ergebniszusammenfassende Tabellen im Anhang, S. II-IV).

Stellt man eine **Betrachtung über die Verkehrsmittel** an, zeigt sich, dass insgesamt der IV bevorzugt wird. Ausnahmen hiervon stellen die Auszubildenden dar. So kann man nicht davon ausgehen, dass ein Azubi ohne PKW für einen 5 km langen Einkaufsweg den IV wählt, da die Wahrscheinlichkeit hierfür lediglich 41% beträgt. Auch bei längerer Fahrzeit (30 min) und einem 20 km entfernten Ausbildungsweg liegt die Wahrscheinlichkeit der IV-Wahl mit 43% unterhalb der Grenze von 50%, ab der man annimmt, dass das Verkehrsmittel gewählt wird.

Der ÖPNV wird nur dann gewählt, wenn kein PKW verfügbar ist. Nur Nichterwerbstätige entscheiden sich bei Einkaufs- und Freizeitwegen für dieses Verkehrsmittel, während Erwerbstätige und Auszubildende lediglich bei Berufs- und Ausbildungswegen auf den öffentlichen Verkehr ausweichen.

So wählt eine weibliche Nichterwerbstätige, die nicht über einen PKW verfügt, mit einer Wahrscheinlichkeit von 73% den ÖPNV zu Freizeitwecken. Während eine weibliche Erwerbstätige bei mangelnder PKW-Verfügbarkeit lediglich auf ihrem Berufsweg mit einer Wahrscheinlichkeit von 71% den ÖPNV nutzt.

In einer **wegebezogenen Analyse** werden für den *Berufs- und Ausbildungsweg* beide Verkehrsmittel in Betracht gezogen. Wie erwähnt, entscheidet man sich nur bei mangelnder PKW-Verfügbarkeit für den ÖPNV. Neben der PKW-Verfügbarkeit sind auch die Fahrzeit und die Entfernung bei der IV-Wahl von Bedeutung. Diese weisen negative Vorzeichen auf, sprechen also gegen den IV bei längerer Zeit und/oder Strecke.

So wählt eine Auszubildende auf ihrem 30 Minuten langen und 20 km entfernten Ausbildungsweg trotz PKW-Verfügbarkeit nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 9% den IV. Hier-

bei kommt wohl zum Tragen, dass ihr der ÖPNV Beschäftigungsmöglichkeiten bietet und zusätzliche Verzögerungen, wie z.B. Staus, vermeidet.

Aus praktischen Gründen, wie Transport der eingekauften Waren, ist die PKW-Verfügbarkeit eine wichtige Determinante bei der Verkehrsmittelwahl zum *Einkauf*.

Die Nichterwerbstätigen und Auszubildenden ohne PKW berücksichtigen wohl aus Kostengründen zusätzlich die Entfernung. Ist der Einkaufsweg 5 km lang und ein PKW verfügbar, wählt ein männlicher Nichterwerbstätiger mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,91 den IV. Analog zu (3.2) stellt man fest, dass die Wahrscheinlichkeit um 0,1625 auf 0,75 sinkt, wenn sich die Entfernung um 20 km erhöht.

Erwerbstätige und Auszubildende fahren überwiegend nicht mit dem ÖPNV zum Einkaufen. Beispielsweise liegt diese Wahrscheinlichkeit bei einer weiblichen Erwerbstätigen ohne PKW-Nutzungsmöglichkeit bei lediglich 26,9%.

Die Verkehrsmittelwahl zu *Freizeit Zwecken und Privaten Erledigungen* ist dominiert von der PKW-Verfügbarkeit. Dies lässt sich damit begründen, dass auf diesen Wegen verstärkt auf Flexibilität und Unabhängigkeit Wert gelegt wird.

Abgesehen von den Frauen ohne PKW, die den ÖPNV mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,63 wählen, nutzen die Erwerbstätigen diesen in der Freizeit nicht. Auch die Auszubildenden meiden eher den ÖPNV, weil ihr Freizeitverhalten vermutlich nur schwer mit den Fahrplänen der öffentlichen Verkehrsmittel vereinbar ist. Selbst wenn kein PKW zur Verfügung steht und eine sehr gute Erreichbarkeit in Form einer maximal zwei Minuten entfernten Haltestelle gegeben ist, wird voraussichtlich nicht der ÖPNV gewählt ($p = 0,33$). Somit verbleiben die Nichterwerbstätigen, die nicht über einen PKW verfügen, als einzige Gruppe, die den ÖPNV in der Freizeit wählen: für einen nichterwerbstätigen Mann ergibt sich beispielsweise eine Wahrscheinlichkeit von 0,78.

Stellt man abschließend eine **Untersuchung nach Personengruppen** an, zeigt sich bei den *Erwerbstätigen* eine starke Bindung an den PKW. Auch die Zeit spielt für sie auf dem Berufsweg (gezwungenermaßen) eine Rolle.

Die *Auszubildenden* erweisen sich als heterogene Gruppe, da sie sich aus Schülern, Studenten und Azubis zusammensetzt, die schon allein aufgrund ihrer Altersunterschiede in ihrem täglichen Aktivitätsprogramm differieren. Der minderjährige Anteil der Gruppe besitzt keinen Führerschein und ist somit i.d.R. auf den ÖPNV angewiesen, wohingegen diejenigen, die über einen PKW verfügen, eher zum IV tendieren. So kann man das kurios erscheinende Ergebnis erklären, dass die Auszubildenden zwar die Anbindung zum ÖPNV in Betracht ziehen, ihn aber selten wählen (s.o.). Versucht man das durchweg negative Vorzeichen der Konstanten bei der ÖPNV-Wahl und das durchweg positive bei der IV-Wahl zu interpretieren (vgl. ergebniszusammenfassende Tabellen im Anhang, S. III), lässt sich eine grundsätzliche Geringschätzung des ÖPNV und eine Wertschätzung des IV vermuten.

Auch die *Nichterwerbstätigen* schätzen den IV hoch ein und die PKW-Verfügbarkeit ist auch für sie bei der Verkehrsmittelwahl ausschlaggebend. Sie nehmen aber auch gegenüber dem ÖPNV keine negative Haltung ein, was sich an der positiven Konstanten erkennen lässt (vgl. Anhang, S. II). Somit bestätigt sich das Klischee des „typischen ÖPNV-Nutzers“ als Mitglied dieser älteren und eher einkommensschwachen Gruppe.³⁴

Abschließend bleibt noch festzuhalten, dass bei der Verkehrsmittelwahl kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern festgestellt werden konnte. Eine Ausnahme hiervon bilden die erwerbstätigen Frauen, die mit einer Wahrscheinlichkeit von 63% - im Gegensatz zu ihren männlichen Pendanten (28%) - auch in ihrer Freizeit den ÖPNV nutzen, wenn sie keinen PKW verfügbar haben. Die entsprechende Konstante $\beta_0 = 0,5108$ (vgl. Anhang, S. IV) deutet ebenso darauf hin, dass die Frauen dem ÖPNV weniger ablehnend gegenüberstehen. Dieses Resultat steht mit Untersuchungen in Einklang, die belegen, dass die Doppel- oder Dreifachbelastung Beruf / Haushalt / Familie erwerbstätiger Frauen eine erhöhte Mobilitätsbeteiligung erzwingt, wobei alle Verkehrsmittelalternativen mitberücksichtigt werden müssen.³⁵

³⁴ Vgl. Teubel, U., Wirkung von Straßenbenutzungsabgaben, 1997, S. 142.

³⁵ Vgl. Kunert, U., Individuelles Verkehrsverhalten, 1992, S. 247.

4 Fazit

Auch wenn es sich bei der vorliegenden Analyse um eine „Momentaufnahme“ im Rahmen einer schon länger zurückliegenden Datenerhebung in der Stadt Mainz handelt, so lassen sich doch einige allgemeine Schlussfolgerungen ziehen, die auch mit anderen Untersuchungsergebnissen übereinstimmen.

Verkehrsteilnahme ist selten Selbstzweck, ihr Nutzen steht in engster Verbindung mit der Aktivität am jeweiligen Ziel steht.³⁶ Es macht deshalb Sinn, die Verkehrsmittelwahl getrennt für verhaltenshomogene Personengruppen und Wegezwecke zu analysieren. Die Untersuchung hat gezeigt, dass das Geschlecht dabei eine untergeordnete Rolle spielt.

Ein Ergebnis der Analyse ist, dass die Verkehrsmittelwahl meist zuungunsten des ÖPNV ausfällt (vgl. Tabelle 2). Dies wird von der Realität bestätigt.

Tabelle 2: Häufigkeiten

	Erwerbstätige		in Ausbildung		Nichterwerbstätige	
	männlich	weiblich	männlich	weiblich	männlich	weiblich
ÖPNV-Wahl	10,6	22,0	38,0	40,8	29,7	40,8
IV-Wahl	90,0	83,8	71,8	70,3	81,2	75,6

Der ÖPNV unterliegt tendenziell einer gewissen Geringschätzung. Dagegen wird der PKW auch dann genutzt, wenn die Alternative objektiv günstiger wäre.³⁷ Die Individuen überschätzen den IV aufgrund subjektiv verzerrter Wahrnehmungen, oder wollen sich nicht mit dessen Nachteilen auseinandersetzen.³⁸ Die starke Bindung an den PKW kommt auch darin zum Ausdruck, dass über 80% der Personenverkehrsleistungen IV sind,³⁹ dies unterstreicht die zunehmende Bedeutung der Flexibilität und Individualität.

³⁶ Vgl. Brög, W., Die Nachfrage im öffentlichen Personennahverkehr, 1982, S. 8.

³⁷ Vgl. ebenda, S. 15.

³⁸ Vgl. Brög, W., Individuelles Verhalten, 1981, S. 139.

³⁹ Vgl. Aberle, G., Transportwirtschaft, 1996, S. 399.

Die Zeit spielt größtenteils auf Pflicht- und Routinewegen eine Rolle. Diese Wege sind langfristig geplant. Die Individuen müssen sich an zeitliche Vorgaben halten und haben wenig Optionen, ihr Verhalten zu ändern.⁴⁰ Wichtig erscheint die Möglichkeit zu anderweitigen Beschäftigungen während der Fahrt wie z.B. Lesen oder Kontakt zu anderen Fahrgästen, die der ÖPNV im Gegensatz zum selbstgelenkten Fahrzeug bietet.⁴¹ Allerdings sind diese „weichen“ Determinanten wie auch Fahrkomfort und Bequemlichkeit, deren Bedeutung mit der Dauer der Fahrzeit zunimmt, nur schwer messbar.⁴²

Die Ergebnisse stützen die Vermutung, dass die Entscheidung für ein Verkehrsmittel positiv von dessen Nutzungsmöglichkeiten und negativ von der Erreichbarkeit der Alternative abhängt. Somit könnte durch einen Ausbau des Wegenetzes der ÖPNV attraktiver gemacht werden.

Da die Ergebnisse vor dem Hintergrund vorgenommener Einschränkungen interpretiert werden müssen, und es sich bei den analysierten Daten um Stichtagsdaten handelt, bleibt der Verlauf der Mobilität innerhalb einer Periode und die Aktivitätsunterschiede zwischen Werktagen und Wochenende verborgen.⁴³

Menschliches Verhalten ist auch zu komplex, als dass man von verhaltenshomogenen Gruppen i.e.S. sprechen könnte. Empirische Befunde zeigen, dass rationales ökonomisches Verhalten bei der Verkehrsteilnahme nur in den wenigsten Fällen nachgewiesen werden kann⁴⁴ - die Möglichkeit inversen Nachfrageverhaltens ist grundsätzlich nicht auszuschließen.

⁴⁰ Vgl. Teubel, U., Wirkung von Straßenbenutzungsabgaben, 1997, S. 140.

⁴¹ Vgl. zu den Vorteilen des ÖPNV: Knapp, F.D., Determinanten der Verkehrsmittelwahl, 1998, S. 296.

⁴² Vgl. Bayliss, B.T., Methodische Probleme, 1970, S. 17.

⁴³ Vgl. Kunert, U., Individuelles Verkehrsverhalten, 1992, S. 250.

⁴⁴ Vgl. Brög, W., Individuelles Verhalten, 1981, S. 162.

Anhang

Variablenname	Variablenlabel	Berechnung
anbind	Anbindung zum ÖPNV kategoriale Variable: anbind1: 0-2 Minuten anbind2: 2-5 Minuten anbind3: 5-10 Minuten anbind4: 10-15 Minuten anbind5: >15 Minuten	min(bushalt, strahalt, bahnhalt)
bahnhalt	Weg zur nächsten Bahnhofststelle (kategor. (s.o.))	
bushalt	Weg zur nächsten Bushaltestelle (kategor. (s.o.))	
dienverf	Dienstwagen ständig verfügbar (Dummy)	
entfern	Entfernung in km	meter/1000
fazeit	Fahrzeit insgesamt	sum(fazeiv, fazeöpnv)
fazeiv	Fahrzeit IV	sum(fazepkw, fazenmiv)
fazenmiv	Fahrzeit NMIV	sum(Fusszeit, vm1zeit)
fazeöpnv	Fahrzeit ÖPNV	sum(vm5zeit, vm6zeit, vm7zeit)
fazepkw	Fahrzeit PKW	sum(vm3zeit, vm4zeit)
fuss	reiner Fussweg (Dummy)	
fusszeit	Zeit reiner Fussweg (numerisch)	
gesamtkm	Gesamtentfernung in km	sum(entfern, km)
km	Entfernung (numerisch)	
iv	Individualverkehr-Wahl	max(pkw, nmiv)
ivverf	IV-Verfügbarkeit	max(pkwverf, dienverf)
ivmitb	IV-Mitbenutzung zumindest selten	max(pkwregel, pkwselte)
meter	Entfernung Meter (numerisch)	
nmiv	nicht motorisierter IV gewählt	max(fuss, vm1)
öpnv	ÖPNV-Wahl	max(vm5, vm6, vm7)
pkw	PKW-Wahl	max(vm3, vm4)
pkwregel	PKW-Mitbenutzung: regelmäßig (Dummy)	
pkwselte	PKW-Mitbenutzung: selten (Dummy)	
pkwverf	Pkw-Verfügungs-, oder Mitbenutzungs- möglichkeit	max(ivverf, ivmitb)
strahalt	Weg zur nächsten Straßenbahnhaltestelle (kategorial (s.o.))	
summevm	Summe gewählter Verkehrsmittel	sum(iv, öpnv)
vm1	Fahrrad, Mofa (Dummy)	
vm1zeit	Fahrzeit mit Fahrrad/Mofa	
vm3	PKW als Fahrer (Dummy)	
vm3zeit	Fahrzeit mit PKW als Fahrer	
vm4	PKW als Mitfahrer (Dummy)	
vm4zeit	Fahrzeit mit PKW als Mitfahrer	
vm5	Bus (Dummy)	
vm5zeit	Fahrzeit mit Bus	
vm6	Straßenbahn (Dummy)	
vm6zeit	Fahrzeit mit Straßenbahn	
vm7	Eisenbahn (Dummy)	
vm7zeit	Fahrzeit mit Eisenbahn	

alternative Regressanden

Regressoren

Unterscheidungskriterium: geschl (Geschlecht)

Auswahlkriterium: zweck (Wegezweck)

Ergebnistabellen der entgültigen Schätzungen

Alle β_i -Koeffizienten sind auf dem 5%-Niveau signifikant von Null verschieden.

Nichterwerbstätige - Einkaufsweg

Variablen	IV		ÖPNV	
	β_i (männlich)	β_i (weiblich)	β_i (männlich)	β_i (weiblich)
Anbind				
PKW-Verf	1,9391	1,0110	-3,3190	-2,1173
Fazzeit				
Gesamtkm	-0,1000	-0,2114		
Constant	0,8840	1,7622	1,4759	0,5914
Gütemaße				
χ^2	35,926	42,774	69,114	73,645
Goodness of Fit	304,613	379,828	182,000	271,981
Cox & Snell	0,112	0,112	0,316	0,237
Nagelkerke	0,192	0,183	0,449	0,338
Vorhersagegüte	83,83%	83,38%	85,16%	81,99%

Nichterwerbstätige - Freizeitweg/Private Erledigungen

Variablen	IV		ÖPNV	
	β_i (männlich)	β_i (weiblich)	β_i (männlich)	β_i (weiblich)
Anbind				
PKW-Verf	1,8210	1,3630	-2,8582	-2,2657
Fazzeit				
Gesamtkm				
Constant	0,2231	0,1773	1,2763	1,0076
Gütemaße				
χ^2	46,354	29,380	73,645	55,719
Goodness of Fit	413,000	316,990	271,981	207,999
Cox & Snell	0,106	0,089	0,237	0,235
Nagelkerke	0,170	0,123	0,338	0,315
Vorhersagegüte	80,63%	69,10%	81,99%	75,96%

in Ausbildung - Ausbildungsweg

Variablen	IV		ÖPNV	
	β_i (männlich)	β_i (weiblich)	β_i (männlich)	β_i (weiblich)
Anbind				
PKW-Verf	1,6242	0,7794	-2,0170	-1,3187
Fazzeit	-0,0573	-0,1064	0,0666	0,1383
Gesamtkm	-0,0857	-0,1094		
Constant	1,5066	2,3092	-0,3663	-1,5524
Gütemaße				
χ^2	51,738	49,711	47,909	38,863
Goodness of Fit	345,079	299,954	186,517	161,193
Cox & Snell	0,177	0,214	0,219	0,209
Nagelkerke	0,243	0,291	0,292	0,279
Vorhersagegüte	73,21%	73,79%	69,07%	69,88%

in Ausbildung - Einkaufsweg

Variablen	IV		ÖPNV	
	β_i (beide)		β_i (beide)	
Anbind1	-3,1021			
PKW-Verf	2,5196		-2,4671	
Fazzeit				
Gesamtkm	-0,4384			
Constant	4,9466		-0,3254	
Gütemaße				
χ^2	28,122		16,271	
Goodness of Fit	106,279		82,969	
Cox & Snell	0,183		0,178	
Nagelkerke	0,368		0,285	
Vorhersagegüte	88,57%		80,72%	

in Ausbildung - Freizeitweg/Private Erledigungen

Variablen	IV		ÖPNV	
	β_i (männlich)	β_i (weiblich)	β_i (beide)	
Anbind1	-1,4259		1,0724	
Anbind2	-1,9832	-1,1349	1,2607	
Fazzeit	-0,0405			
PKW-Verf			-0,9275	
Constant	3,4437	1,9597	-1,7886	
Gütemaße				
χ^2	23,110	4,811	28,197	
Goodness of Fit	177,346	165,567	268,024	
Cox & Snell	0,118	0,029	0,101	
Nagelkerke	0,194	0,043	0,147	
Vorhersagegüte	80,98%	77,11%	73,11%	

Erwerbstätige - Berufsweg

Variablen	IV		ÖPNV	
	β_i (männlich)	β_i (weiblich)	β_i (männlich)	β_i (weiblich)
Anbind				
PKW-Verf	2,5831	1,9092	-3,3811	-2,3493
Fazzeit	-0,0117		0,0107	
Gesamtkm				
Constant	0,0784	-0,1881	0,9685	0,9163
Gütemaße				
χ^2	122,370	40,807	162,049	49,643
Goodness of Fit	1415,766	354,000	1244,311	292,994
Cox & Snell	0,083	0,109	0,122	0,156
Nagelkerke	0,163	0,166	0,219	0,224
Vorhersagegüte	89,74%	79,38%	88,95%	79,18%

Erwerbstätige - Einkaufsweg

Variablen	IV		ÖPNV	
	β_i (männlich)	β_i (weiblich)	β_i (männlich)	β_i (weiblich)
Anbind				
PKW-Verf	2,7568	1,9728	-3,2924	-2,6242
Fazzeit				
Gesamtkm				
Constant	1,8245	1,0986	-1,0116	-0,1054
Gütemaße				
χ^2	12,885	12,684	14,018	18,182
Goodness of Fit	331,935	193,999	239,993	116,960
Cox & Snell	0,038	0,063	0,057	0,144
Nagelkerke	0,187	0,146	0,245	0,269
Vorhersagegüte	97,59%	91,75%	97,08%	87,18%

Erwerbstätige - Freizeitweg/Private Erledigungen

Variablen	IV		ÖPNV	
	β_i (beide)		β_i (männlich)	β_i (weiblich)
Anbind				
PKW-Verf	1,1874		-2,1972	-2,2849
Fazzeit				
Gesamtkm				
Constant	1,5339		-0,9163	0,5108
Gütemaße				
χ^2	8,729		12,729	8,848
Goodness of Fit	719,000		443,998	139,000
Cox & Snell	0,011		0,028	0,062
Nagelkerke	0,027		0,082	0,103
Vorhersagegüte	92,92%		94,59%	84,17%

Literatur

Aberle, G., *Transportwirtschaft: einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Grundlagen*, München (u.a.), 1996, S. 387-403.

Bayliss, B.T., *Methodische Probleme von Verkehrsprognosen*, in: Vorträge und Studien aus dem Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität Münster herausgegeben von H.St. Seidenfus, Göttingen, 1970.

Bellgardt, E., *Statistik mit SPSS*, München (u.a.), 1997.

Brög, W., *Die Nachfrage im öffentlichen Personennahverkehr* (Übersetzung der Kurzfassung aus dem Bericht der internationalen Arbeitsgruppe „The Demand for Public Transport, Report of the International Collaborative Study of the Factors Affecting Public Transport Patronage“, herausgegeben vom Transport and Road Research Laboratory), in: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft e.V. (Hrsg.), *Die Nachfrage im öffentlichen Personennahverkehr - Aktueller Stand der Erkenntnisse über ihre Einflußgrößen im internationalen Vergleich* -, Band B 65, Köln, 1982, S. 1-35.

Brög, W., *Individuelles Verhalten als Basis verhaltensorientierter Modelle*, in: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft e.V. (Hrsg.), *Verkehrsnachfragemodelle*, Band B 57, Köln, 1981, S. 136-169.

Bühl, A., Zöfel, P., *SPSS Version 9, 6.*, überarbeitete und erweiterte Auflage, München (u.a.), 2000.

Eckey, H.-F., Kosfeld, R., Dreger, C., *Ökonometrie - Grundlagen - Methoden - Beispiele*, Wiesbaden, 1995.

Gujarati, D.M., *Basic Econometrics*, 3rd. ed., New York (u.a.), 1995, S. 540-570.

Kmenta, J., *Elements of Econometrics*, 2nd. ed., New York, London, 1986, S. 547-553.

- Knapp, F.D.**, *Determinanten der Verkehrsmittelwahl*, Berlin, 1998.
- Kunert, U.**, *Individuelles Verkehrsverhalten im Wochenverlauf*, Berlin, 1992.
- Maier, G., Weiss, P.**, *Modelle diskreter Entscheidungen-Theorie und Anwendung in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften*, Wien, New York, 1990.
- Norusis, M.J.**, *SPSS for Windows: Advanced Statistics 6.0*, SPSS Inc., Chicago, 1993.
- Norusis, M.J.**, *SPSS Professional Statistics 7.5*, SPSS Inc., Chicago, 1997.
- o.V.**, *Logistische Regression*, im Internet unter: <http://luce.psych.uni-osnabrueck.de/ggediga/www/pm98/pages/logreg.htm>, 1999, S. 1-9.
- Richards, M.G., Ben-Akiva, M.E.**, *A Disaggregate Travel Demand Model*, Lexington: D.C. Heath, 1975, S. 19-45.
- Teubel, U.**, *Wirkung von Straßenbenutzungsabgaben auf die Wohlfahrt von Berufspendlern - eine empirische Analyse*, in: Gesellschaft für Regionalforschung (Hrsg.), Seminarberichte Nr. 39, Matri/Südtirol, Februar 1997, S. 135-162.
- Wermuth, M.**, *Verhaltensorientierte Verkehrsnachfragemodelle - Prinzipien und praktische Anwendbarkeit*, in: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft e.V. (Hrsg.), Verkehrsnachfragemodelle, Band B 57, Köln, 1981, S. 96-128.

Autorin: cand. rer. pol. Yvonne Lange, Projektbearbeiterin

Bisher erschienene Arbeitspapiere:

1. Peter M. Schulze, Prognoseverfahren wissenschaftlicher Institute in der Bundesrepublik Deutschland. Überblick über eine Umfrage (Dezember 1993)
2. Martina Nold / Peter M. Schulze, Möglichkeiten und Grenzen der Quantifizierung der Schattenwirtschaft (April 1994)
3. Armin Seher, Einfluß der Integrationsordnung bei Zeitreihen auf die Spezifikation von Fehlerkorrekturmodellen (Juni 1994)
4. Lars Berg / Armin Gemünden / Frank Hubert / Ralf Leonhardt / Michael Leroudier, Die Situation der Studentenschaft in den Wirtschaftswissenschaften an der Universität Mainz im Frühjahr 1994. Ergebnisse einer Umfrage (August 1994)
5. Christoph Balz, Ein Fehlerkorrekturmodell zur Entwicklung des Kapitalmarktzinses in der Bundesrepublik Deutschland (Oktober 1994)
6. Reinhard Elkmann / Nora Lauterbach / Stephan Wind, Tertiärisierung regionaler Wirtschaftsstrukturen. Eine empirische Analyse kreisfreier Städte und Landkreise in Hessen, Rheinland-Pfalz und dem Saarland (Dezember 1994)
7. Peter M. Schulze / Uwe Spieker, Deutsche Aktienindizes. Statistische Konzepte und Beispiele (Dezember 1994)
8. Armin Seher / Peter M. Schulze, Fehlerkorrekturmodelle und die Bewertung von Aktienkursindizes. Empirische Analyse zur Eignung des Konzepts (Januar 1995)
9. Reinhard Elkmann / Annette Klostermann / Kerstin Lieder, Zur intertemporalen Konstanz der Struktur regionaler Lohn- und Gehaltsniveaus in der Bundesrepublik Deutschland (Mai 1995)
10. Christoph Fischer, Ein Fehlerkorrekturmodell zur Kaufkraftparitätentheorie (März 1996)
11. Ralf Becker / Claudia Müller, Zur Schätzung regionaler Konsumfunktionen (Oktober 1996)
12. Frank Hubert, Klassifizierung der Arbeitsmärkte in den OECD-Ländern mittels Cluster- und Diskriminanzanalyse (April 1997)
13. Frank Hubert, Das Okun'sche Gesetz: Eine empirische Überprüfung für ausgewählte OECD-Länder unter besonderer Berücksichtigung der nationalen Arbeitsmarktordnungen (September 1997)
14. Christoph Balz/ Peter M. Schulze, Die Rolle nationaler, regionaler und sektoraler Faktoren für die Variation von Output, Beschäftigung und Produktivität in der Bundesrepublik Deutschland (Dezember 1997)

15. Peter M. Schulze, Steigende Skalenerträge und regionales Wachstum:
Eine quantitative Analyse mit kleinräumigen Daten (März 1998)
16. Ralf Becker, Die Verallgemeinerte Momentenmethode (Generalized Method of Moments - GMM).
Darstellung und Anwendung (Juni 1998)
17. Peter M. Schulze, Regionales Wachstum: Sind die Dienstleistungen der Motor?
(August 1998)
18. Ke Ma, Absatzanalyse für den chinesischen Pkw-Markt (Oktober 1998)
19. Christoph Balz/Peter M. Schulze, Die sektorale Dimension der Konvergenz.
Eine empirische Untersuchung für die Bundesrepublik Deutschland (Januar 1999)
- 20.* Robert Skarupke, Quantifizierung des Heimvorteils im deutschen Profifußball:
Eine empirische Untersuchung für die 1. Fußball-Bundesliga (August 2000)
- 21.* Peter M. Schulze, Regionalwirtschaftlicher Datenkatalog für die Bundesrepublik Deutschland
(September 2000)
- 22.* Yvonne Lange, Ein logistisches Regressionsmodell zur Analyse der Verkehrsmittelwahl im Raum
Mainz (Oktober 2000)

* Im Internet unter <http://wiwi.uni-mainz.de/vwl/schulze/welcome.html> verfügbar.