

v. f. w. a.

Direkte Nutzenmessung: Ein Ansatz zur Schätzung von Entscheidungsmodellen - Zwei Anwendungen -

VON KAY W. AXHAUSEN

1. Einführung

In den letzten Jahren sind in den USA neben Modelle, die mit wirklichen Entscheidungen geeicht werden, solche getreten, die mit hypothetischen, aus Fragebogen ermittelten Entscheidungen arbeiten. Nach einer Übersicht über eine der dafür verwendeten Methoden sollen zwei Anwendungsbeispiele ausführlicher vorgestellt werden¹⁾.

Sowohl Daten über vollzogene Entscheidungen, als auch Daten über simulierte, hypothetische Entscheidungen können zur Formulierung von Entscheidungsmodellen herangezogen werden. Im Englischen werden diese Daten mit „revealed preference data“ und „stated preference data“ bezeichnet. Da „enthüllte und behauptete Vorliebedaten“ keine befriedigenden deutschen Übersetzungen sind, soll hier auf den Begriff der „direct utility assessment“ (Direkte Nutzenmessung), der im Englischen oft für das Konzept der Arbeit mit „stated preference“-Daten verwendet wird, als Grundlage für den deutschen Begriff zurückgegriffen werden.

Dieses Konzept hat im letzten Jahrzehnt aus dem Marketing und der Psychologie kommend Eingang in die Verkehrsplanung gefunden. Zu diesem Zeitpunkt wurden die Grenzen des traditionellen Ansatzes, der seine Modelle auf der Grundlage vollzogener Entscheidungen aufbaut, unter Berücksichtigung von noch nicht vorhandenen Ausprägungen der Einflußgrößen deutlich.

Darüber hinaus erkannte man, daß die Modellbildung oft unter den Problemen der Eingabedaten litt:

- die Einflußgrößen, wie zum Beispiel Reisezeit und Kosten, korrelieren stark miteinander;
- im Planungsraum noch nicht vorhandene Entscheidungsalternativen können nicht berücksichtigt werden;

Anschrift des Verfassers:

Dr. Kay W. Axhausen, M. S.
Transport Studies Unit
Oxford University
11 Bevington Road
Oxford OX2 6NB

1) Axhausen, K.W., Smith, R.L., Bicyclist Link Evaluation: A Stated Preference Approach, Referat gehalten am 65ten Annual Meeting des Transportation Research Boards, Washington, D.C. 1986; Leutzbach, W., Axhausen, K.W., Buck, A., Zoellmer, J., Verbesserung des Öffentlichen Personennahverkehrs in der Großen Kreisstadt Mühlacker, Gutachten, Karlsruhe 1987.

- die funktionale Form der Modelle ist oft uneinsichtig und teilweise schwer zu überprüfen;
- Einflußgrößen variieren kaum;
- ins Modell nicht einbezogene, aber wichtige unabhängige Variablen führen zu Fehlern im Modell.

2. Theorie

Die direkte Nutzenmessung unterstellt folgenden Entscheidungsprozeß²⁾:

$$X^{ij} \xrightarrow{F_i} x^{ij} \xrightarrow{f_j} U^i \rightarrow R^i \rightarrow C^i$$

Die beobachtbaren j Eigenschaften X^{ij} der Alternative i werden von den Entscheidenden in nicht beobachtbare Bewertungen x^{ij} umgesetzt und in der Nutzenfunktion U^i für jede Alternative zusammengefaßt. Die direkte Nutzenmessung ermittelt in ihren Befragungen die Antworten R^i , die entweder Entscheidungen zwischen verschiedenen Alternativen oder Bewertungen auf Intervall-Skalen sind. Die traditionellen Ansätze greifen nicht auf solche Antworten zurück, sondern beziehen sich auf die eine tatsächlich beobachtbare Entscheidung C^i . Die Theorie der direkten Nutzenmessung unterstellt nun:

1. der Nutzen U^i ist eine Funktion der beobachtbaren Eigenschaften X^{ij} :

$$U^i = F^i [f^j (X^{ij})],$$

2. Diese Nutzenfunktion kann unter den üblichen Annahmen für die Verteilung der Fehler zur Vorhersage der Entscheidung C^i verwendet werden:

$$C^i = F [U^i] = F [a + bR^i].$$

In Abbildungen 2 und 3 werden die beiden Ansätze in einem Schema von *Golob*³⁾ verglichen, das in Abbildung 1 vorgestellt wird.

Die direkte Nutzenmessung unterstellt in der Regel, daß die Nutzenfunktion linear ist. Diese Annahme stellt in der Regel bei der Anwendung keine große Einschränkung dar. Die Varianzanalyse bietet die Möglichkeit, solche linearen Zusammenhänge statistisch zu testen. Die Varianzanalyse wird verwendet, weil die Zahl der verwendeten Ausprägungen der untersuchten Einflußgrößen beschränkt ist. Diese drei bis fünf Ausprägungen umfassen die zu untersuchende Spannweite der Einflußgrößen.

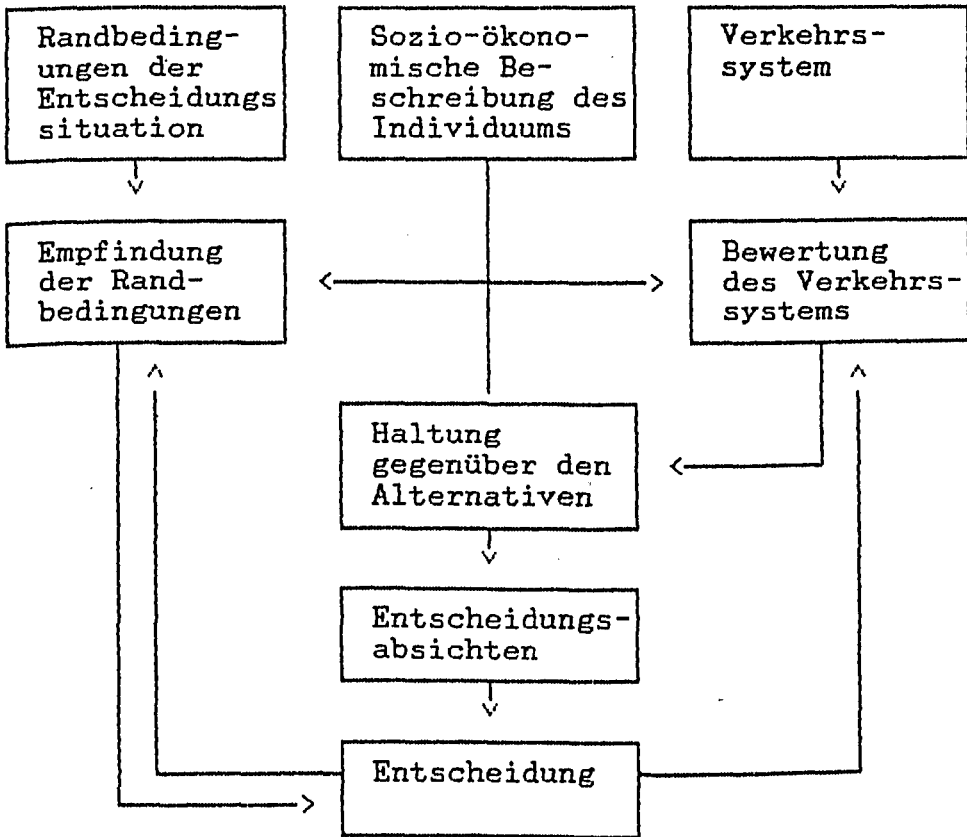
Zwar kann die direkte Nutzenmessung nur Entscheidungsabsichten erfassen, bietet dafür aber die Kontrolle über die untersuchten Einflußgrößen und deren Ausprägungen.

Die sozio-ökonomischen Charakteristika könnten auch bei der direkten Nutzenmessung in das Modell einbezogen werden. Es wird aber darauf zumeist zugunsten einer Marktsegmen-

2) *Louviere, J.J., Meyer, R.J.*, A Composite Attitude-Behavior Model of Traveler Decision Making, in: *Transportation Research*, 15B, Jg. (1981), S. 411.

3) Zitiert nach *Kroes, E., Sheldon, R.*, The Use of Attitude Models and Stated Preference Models in Practical Transport Analysis, in: *Rijkswaterstaat (Hrsg.)*, 1985 Noordwijk International Conference on Travel Behaviour, Den Haag 1985, S. 326.

Abbildung 1

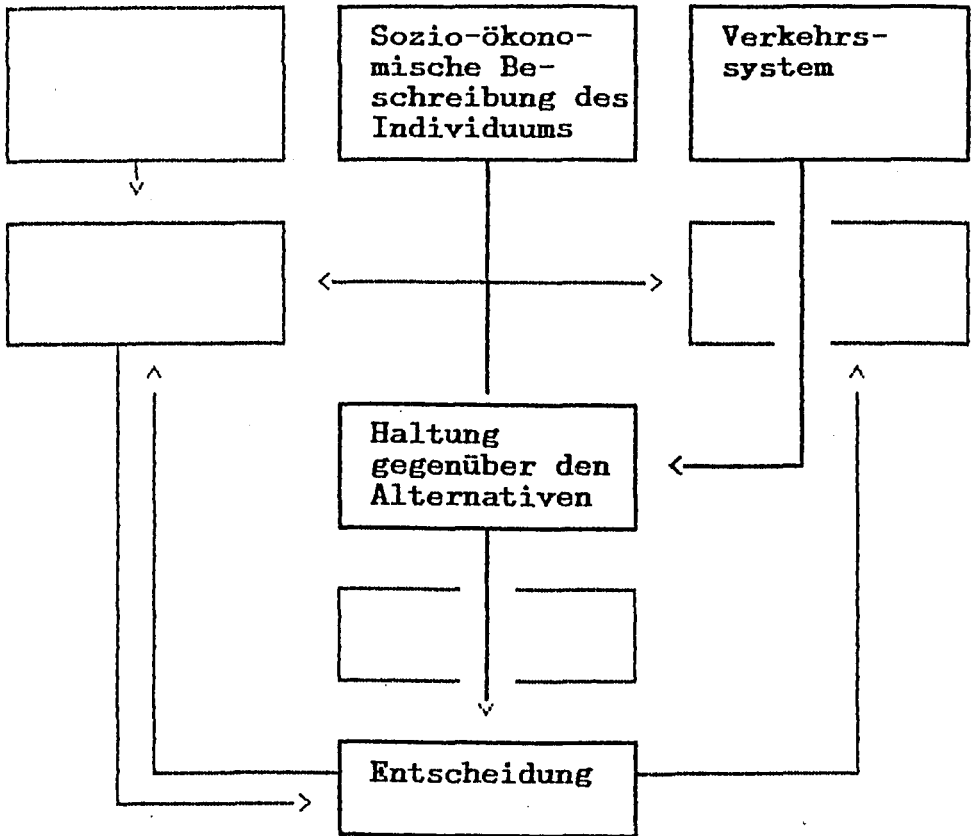
Psychologischer Rahmen für Verkehrsentscheidungen

tierung mit der Schätzung segmentspezifischer Modelle verzichtet, d. h. die Modellparameter spiegeln die sozio-ökonomischen Charakteristika wider. Es ist sogar möglich, für jeden einzelnen Befragten ein eigenes Entscheidungsmodell zu schätzen.

Das Verkehrssystem wird dem Befragten mit Hilfe eines vom Untersuchenden ausgewählten Satzes von Einflußgrößen beschrieben. Diese Einflußgrößen können qualitativer oder quantitativer Natur sein und Ausprägungen umfassen, die im Untersuchungsraum noch nicht vorhanden sind. Dieser Satz von Entscheidungsgrößen umfaßt in der Regel fünf bis sechs Elemente, kann aber auf über zehn Elemente erweitert werden. Ebenso können noch nicht vorhandene Entscheidungsalternativen, wie zum Beispiel ein neues Verkehrsmittel, einbezogen werden. Die Ausprägungen der Einflußgrößen werden in einem Versuchsplan

Abbildung 2

Modellbildung auf der Grundlage von vollzogenen Entscheidungen



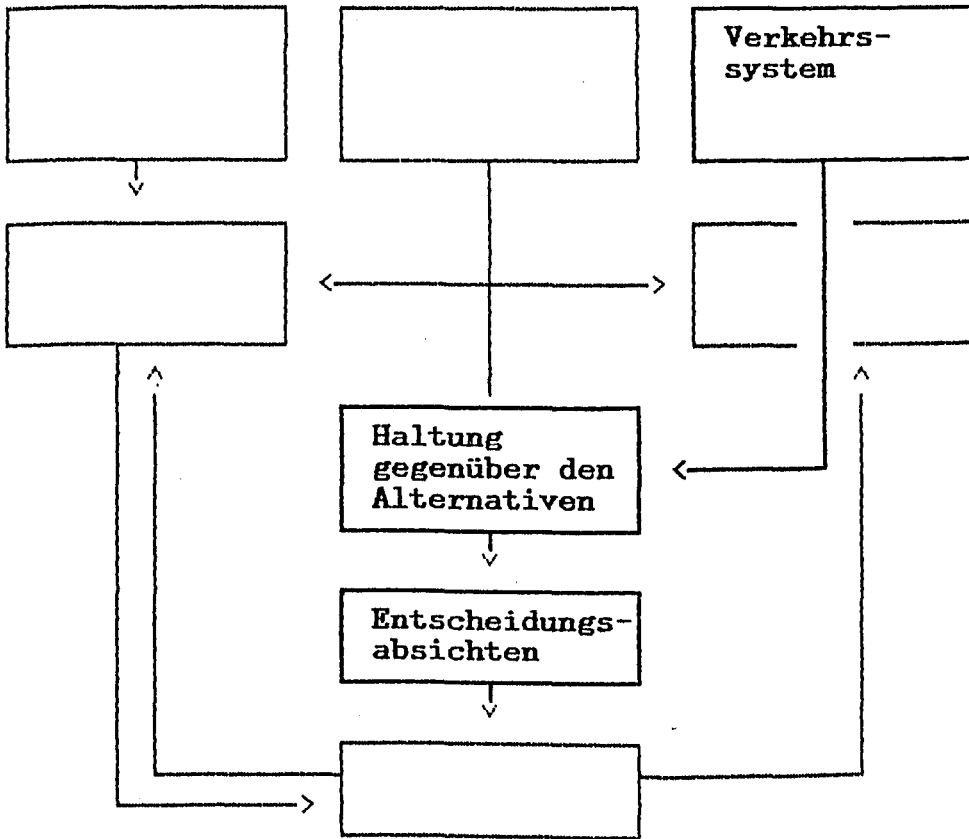
ßen trifft der Befragte seine Entscheidung oder führt seine Bewertung durch. Da jeder Befragte in der Regel mehrere Entscheidungen simuliert,⁵⁾ ist das Verfahren sehr effizient, um Daten zu gewinnen.

Zusammenfassend kann man die direkte Nutzenmessung als ein Verfahren beschreiben, das mit unter statistischen Gesichtspunkten ausgesuchten Beschreibungen von Entscheidungssi-

4) Diese Versuchspläne sind das Ergebnis der jahrzehntelangen Bemühungen der Agronomen, Verfahrenstechniker und Statistiker um die Maximierung der Effizienz von Versuchsreihen. Eine große Auswahl von Versuchsplänen ist tabelliert in *McLean, R.A., Anderson, V.L., Applied Factorial and Fractional Designs*, Marcel Dekker, New York und Basel, 1984.

5) Je nach Befragungssituation und Schwierigkeit der Entscheidungssituation bis zu 30 bis 40 Entscheidungen.

Abbildung 3
Modellbildung auf der Grundlage der direkten Nutzenmessung



tuationen für jede befragte Person mehrere Entscheidungen simuliert. Die Nutzenfunktionen, die den Entscheidungen zugrunde liegen, werden mit den gewohnten Entscheidungsmodellen analysiert (Logit- und Probitmodell). Die Varianzanalyse kann zum Test der Signifikanz der einzelnen Einflussgrößen und ihrer gemischten Glieder verwendet werden (Wechselwirkung)⁶⁾.

Ein entscheidender Einwand gegen die direkte Nutzenmessung ist der fehlende Bezug zu echten Entscheidungen. Zwei von vielen Beispielen sollen hier kurz vorgestellt werden, um

6) Weitergehende Einführungen bieten Kocur, G., Adler, T., Hyman, W., Aune, B., Guide to Forecasting Travel Behaviour with Direct Utility Assessment, Bericht UMTA-NH-11-0001-82-1, US Department of Transportation, Urban Mass Transit Administration, Washington, D.C., 1982 und Louvière, J.J., Analyzing Decision Making - Metric Conjoint Analysis, Sage University Paper 67, Sage, Newbury Park, 1988.

zu zeigen, daß die Ergebnisse der direkten Nutzenmessung zur Bestimmung korrekter Entscheidungsmodelle verwendet werden können (weitere Beispiele sind in der Literatur zu finden)⁷⁾.

Abbildung 4

Beziehung zwischen Umfang der Kundschaft und der Bewertung dieser Läden

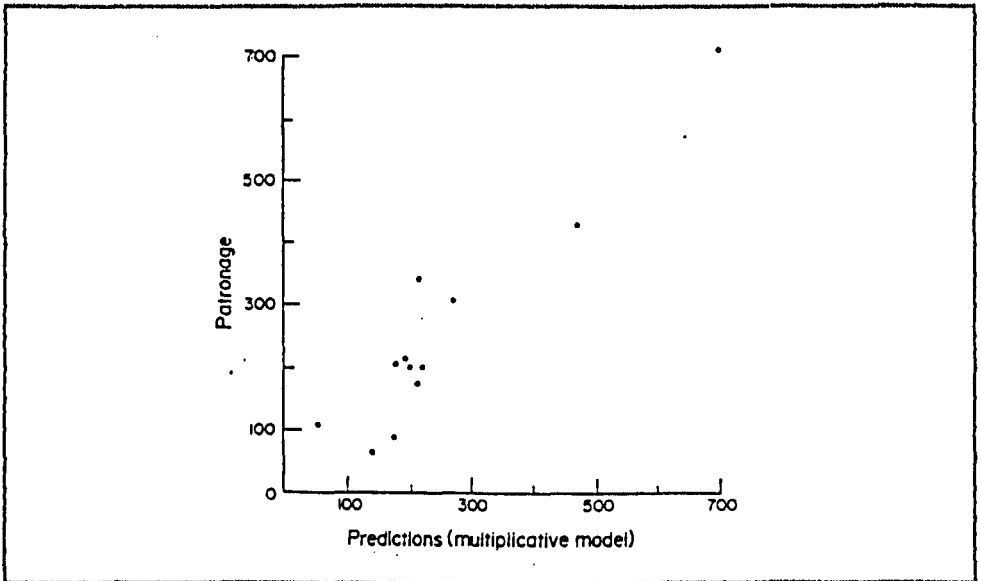


Abbildung 4, zum Beispiel, zeigt den Vergleich zwischen dem Umfang der Kundschaft von Lebensmittelläden in Tallahassee und dem Nutzen des Angebots dieser Läden. Der Nutzen umfaßt die Erreichbarkeit, das Angebot und das Preisniveau der Läden. Diese Nutzenfunktion ist auf der Grundlage von zehn Interviews mit Studenten aus derselben Stadt ermittelt worden. Die Korrelation zwischen beiden Variablen liegt über 0.94⁸⁾.

Wiederum auf der Grundlage von Interviews mit Studenten wurde ein Modell für die Wahl des Wohnorts in Montana entwickelt. Dieses Modell hatte eine größere Aussagekraft als alle Modelle, die mit Hilfe eines empirischen Datensatzes über die Ortswahl geschätzt worden waren⁹⁾.

7) Z. B. in Levin, I.P., Louviere, J.J., Norman, K.L., Schepanski, A., Validity Tests and Applications of Laboratory Studies of Information Integration (College of Business, University of Iowa, Working Paper Series 81-9), Iowa City, Iowa 1981.

8) Louviere, J.J., Meyer, R.J., Design and Analysis of Simulated Choice or Allocation Experiments in Travel Choice Modelling (Transportation Research Record, Heft 890), Washington, D.C. 1982, S. 11.

9) Lerman, S.R., Louviere, J.J., Using Functional Measurement to Identify the Form of Utility Functions in Travel Demand Models (Transportation Research Record, Heft 673), Washington, D.C. 1978, S. 78.

3. Anwendungsbeispiel: Bewertung von Radverkehrsanlagen durch Radfahrer

Die Entscheidungen über die Art und den Ort von Radverkehrsanlagen beruhen auf Annahmen über deren Akzeptanz durch die Radfahrer, insbesondere wenn Radverkehrsströme verlagert werden sollen. In der hier vorgestellten Arbeit wurde versucht¹⁰⁾ die Bewertung von Strecken durch Radfahrer zu durchleuchten. Es wurde dabei angenommen, daß Radfahrer einen Weg an Hand seiner Länge, der durchfahrenen Knoten und Strecken bewerten, und daß diese Bewertungen einzeln vorgenommen werden. Die Möglichkeit, diese Bewertungen durch eine Bewertungsfunktion für Strecken in einem Umlegungsmodell zu ermitteln, schied aus Kostengründen aus. Die direkte Nutzenmessung bietet aber ebenso die Möglichkeit, diese Bewertungsfunktionen zu schätzen.

Fragebogen und Befragte

Nach einer ausführlichen Vorstudie wurden sechs Einflußgrößen als wesentlich ermittelt. Für jede Einflußgröße wurden drei Ausprägungen ausgesucht (siehe Tabelle 1). Aus den insgesamt 3⁶ Möglichkeiten, diese Einflußgrößen zu kombinieren, wurden 81 ausgewählt, die die unabhängige Schätzung der Haupt- und aller einfachen Wechselwirkungen der Einflußgrößen voneinander erlauben.

Tabelle 1

Einflußgrößen und ihre Ausprägungen

Einflußgröße	Ausprägung
Streckenlänge	2, 1, ½ Block
Verkehrsstärke	Stark, Mittel, Schwach
Steigung	6 %, 3 %, 0 %
Landnutzung	Industrie, Wohnen, Grün
Radverkehrsanlage	Ohne, Radstreifen, Radweg
Oberflächenbeschaffenheit	Schlecht, Mittel, Gut

Abbildung 5¹¹⁾ zeigt einen solchen Fragebogen und die dazugehörigen Erläuterungen¹²⁾. In diesem Fall sind keine Entscheidungen zu treffen, sondern Bewertungen abzugeben, die den Nutzen einer solchen Strecke für den Befragten darstellen.

Zwei Gruppen von Radfahrern wurden im Februar und März 1984 befragt: a) im Rahmen des Übungsbetriebs Studenten der University of Wisconsin in Madison, von denen 124 voll-

10) Axhausen, K.W., Smith, R.L., *Bicyclist ...*, a.a.O.

11) Axhausen, K.W., *Bicyclists Evaluate Their Environment: Some Results, Advanced Independent Study*, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Wisconsin, Madison 1984.

12) Mehr über die Probleme und Möglichkeiten, einen Fragebogen der direkten Nutzenmessung zu gestalten bei Bradley, M.A., Bovy, P.H.L., *A Stated Preference Analysis of Bicyclist Route Choice*, Vortrag bei der Sommerkonferenz der PTRC, Ltd., Brighton 1984.

Abbildung 5 (Fortsetzung)
Fragebogen und Erläuterungen

14. Evaluate the following links on a scale from zero to twenty (from least desirable to ride on to most desirable to ride on).

length (blocks)	traffic volumes	slope	abutting land use	bike provisions	surface quality	+ Evaluation (0 to 20)
2	high	6%	industrial	none	low	+
1	medium	3%	residential	bikepath	low	+
1/2	low	0%	park	bikelane	low	+
1	medium	6%	park	bikelane	high	+
1/2	low	3%	industrial	none	high	+
2	high	0%	residential	bikepath	high	+
1/2	low	6%	residential	bikepath	medium	+
2	high	3%	park	bikelane	medium	+
1	medium	0%	industrial	none	medium	+
1/2	high	6%	industrial	bikepath	low	+
2	medium	3%	residential	bikelane	low	+
1	low	0%	park	none	low	+
2	medium	6%	park	none	high	+
1	low	3%	industrial	bikepath	high	+
1/2	high	0%	residential	bikelane	high	+
1	low	6%	residential	bikelane	medium	+
1/2	high	3%	park	none	medium	+
2	medium	0%	industrial	bikepath	medium	+
1	high	6%	industrial	bikelane	low	+
1/2	medium	3%	residential	none	low	+
2	low	0%	park	bikepath	low	+
1/2	medium	6%	park	bikepath	high	+
2	low	3%	industrial	bikelane	high	+
1	high	0%	residential	none	high	+
2	low	6%	residential	none	medium	+
1	high	3%	park	bikepath	medium	+
1/2	medium	0%	industrial	bikelane	medium	+

ständige Interviews abgegeben wurden; b) 130 Mitglieder des Bombay Bicycle Clubs in Madison, von denen 69 antworteten. Die Mitglieder des Fahrradklubs sind im Durchschnitt über 10 Jahre älter als die Studenten (34 Jahre), haben mehr weibliche Mitglieder in ihren Reihen (30% vs. 18%), verwenden das Fahrrad zu zwei Dritteln auf dem Weg zur Arbeit (65% vs. 33%) und haben eine höhere Meinung von ihrer Erfahrung als Radfahrer (5.3 vs. 4.6 auf einer Skala von 1 bis 7).

Analyse

Da die Wirkung der Einflußgrößen auf die Bewertung im Mittelpunkt der Untersuchung stand und nicht die absolute Größe der Bewertung, wurden die Antworten für jede Person einzeln standardisiert. Diese nun vergleichbaren standardisierten Bewertungen wurden getrennt für die Studenten und die Mitglieder des Fahrradklubs analysiert. In der ersten Stufe wurde die Signifikanz der Einflußgrößen getestet, in der zweiten Stufe wurden mit Hilfe der linearen Regression die Nutzenfunktionen für die Gruppen geschätzt.

Der Signifikanztest zeigte, daß alle Einflußgrößen außer der Streckenlänge einen signifikanten Einfluß haben¹³⁾. Einige Wechselwirkungen waren signifikant, aber in ihrem Erklärungswert unbedeutend. In der weiteren Analyse wurden deshalb nur die Hauptwirkungen der Einflußgrößen berücksichtigt.

Die Wechselwirkungen können zwar in diesem Fall vernachlässigt werden, aber bei einigen Einflußgrößen wächst die Bewertung nicht linear an, wie die Abbildungen 6 und 7 für die beiden Gruppen zeigen. Die Ergebnisse der stückweise-linearen Regression sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Dabei wurde die mittlere Ausprägung der Einflußgrößen als Bezugspunkt gewählt.

Unterschiede zwischen den beiden Gruppen werden an Hand der Tabelle 2 deutlich. Die Mitglieder des Fahrradklubs legen deutlich mehr Gewicht auf die Qualität der Oberflächen und auf ein niedriges Verkehrsaufkommen, während bei den Studenten die Oberflächenqualität dominiert. Interessant ist auch die Reihenfolge der Einflußgrößen. Die Oberflächenqualität und die Verkehrsstärken dominieren bei den Mitgliedern des Fahrradklubs. Bei den Studenten folgt dagegen der Oberflächenqualität die Steigung. Der Qualitätssprung von keiner Anlage zu Radstreifen ist für beide Gruppen substantiell, während die Einführung eines Radweges kaum noch weitere Verbesserungen in der Bewertung bringt.

13) In der Varianzanalyse unterscheidet man zwischen festen und zufälligen Einflußgrößen. In diesem Fall liegen 6 feste Einflußgrößen und eine zufällige Einflußgröße, der Befragte, vor. Der F-Test berechnet sich dann zu:

$$F(\text{Einflußgröße}) = \frac{MS(\text{Einflußgröße})}{MS(\text{Einflußgröße} \cdot \text{Befragte})}$$

MS () Fehlersumme der Einflußgröße oder Wechselwirkung geteilt durch die Anzahl der Freiheitsgrade. Bei einer großen Anzahl von Befragten ist dieser exakte Test aus Kostengründen nicht durchführbar. *Louviere, J.J., Woodworth*, Design and Analysis of Simulated Consumer Choice or Allocation Experiments: An Approach on Aggregate Data, in: *Journal of Marketing Research*, 20. Jg. (1983), S. 350, schlagen deshalb eine Korrektur der Freiheitsgrade bei der Regressionsanalyse vor. Bei der Berechnung des t-Werts werden nicht „Anzahl der Fragen * Anzahl der Befragten“ Freiheitsgrade berücksichtigt, sondern nur „Anzahl der Befragten“ Freiheitsgrade. Dieser Test ist konservativ und unterschätzt eher die Signifikanz der Einflußgrößen.

Abbildung 6
 Mittelwerte der Bewertungen für die Ausprägungen der Einflussgrößen
 - Studenten -

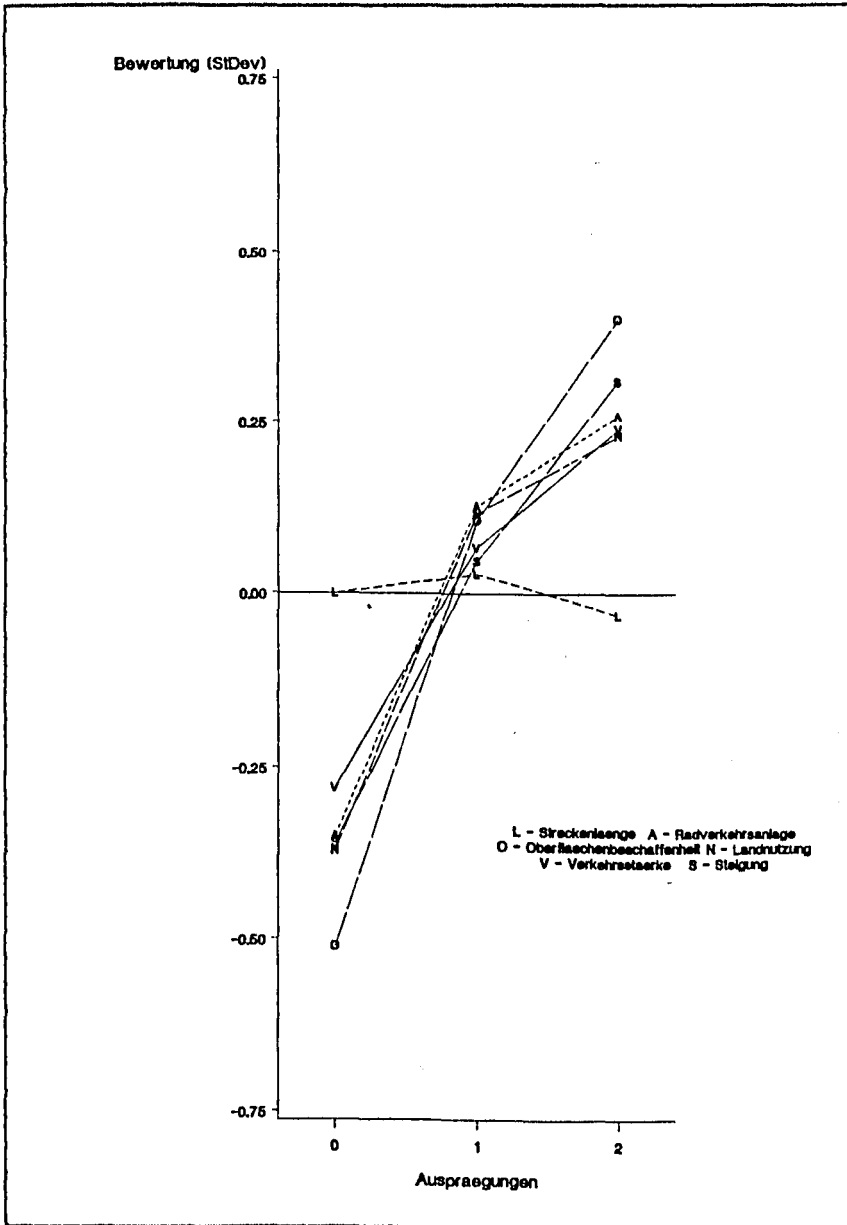


Abbildung 7
 Mittelwerte der Bewertungen für die Ausprägungen der Einflussgrößen
 - Mitglieder des Bombay Bicycle Clubs -

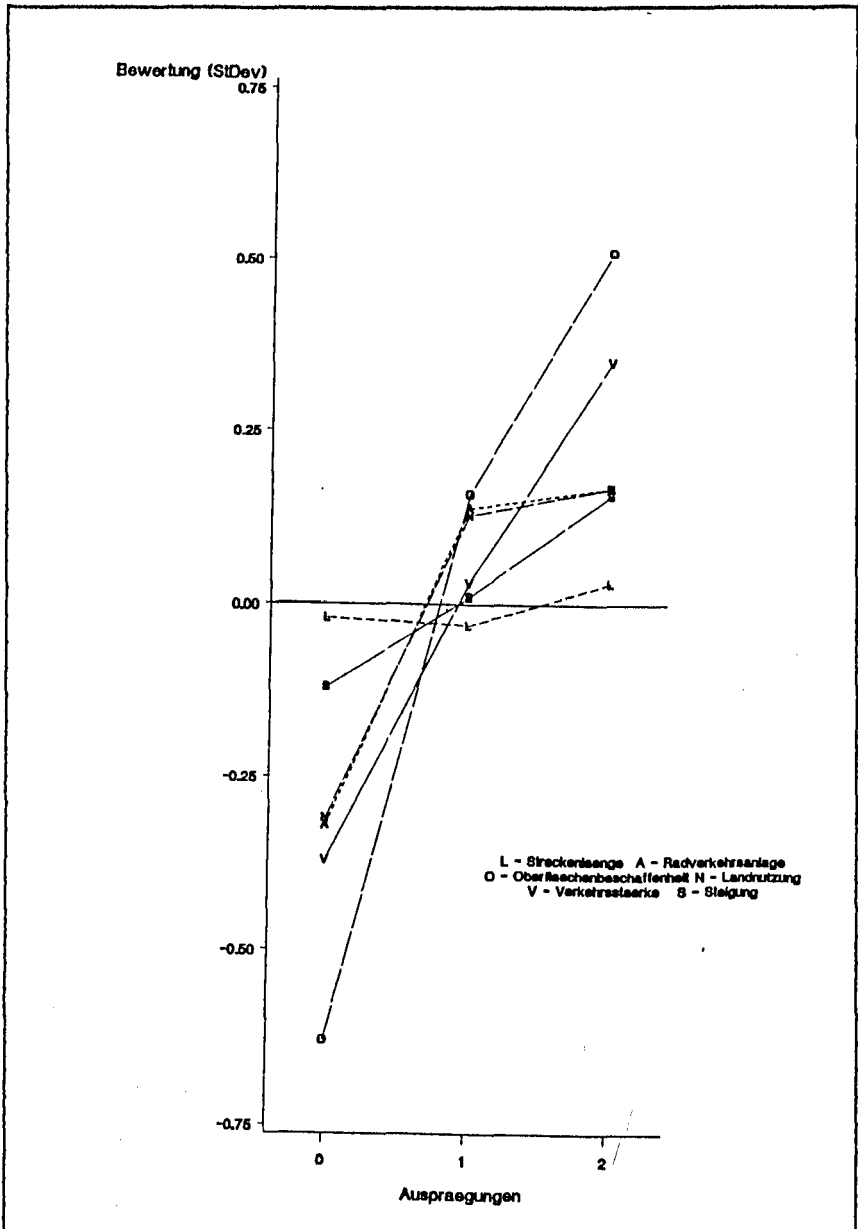


Tabelle 2
Ergebnisse der Regression

Einflußgrößen	Studenten Koeff.	t ^a	Bombay Bicycle Club Koeff.	t ^a
Streckenlänge	--b	--	--b	--
Verkehrsstärke				
— stark	-.35	2.1**	-.40	1.9*
— mittel	.17	1.0	.32	1.5+
Steigung				
— 6 %	-.41	2.5**	-.19	.9
— 0 %	.27	1.6*	.15	.7
Landnutzung				
— Industrie	-.49	2.9**	-.47	2.6**
— Park	.14	.9	--b	--
Radverkehrsanlagen				
— Keine	-.48	2.9**	-.50	2.7**
— Radweg	.13	.9	--b	--
Oberflächenbeschaffenheit				
— Schlecht	-.62	3.8**	-.78	3.7**
— Gut	.29	1.8*	.35	1.7*
Konstante	-.45	2.0**	.50	2.1**
R ²	.42**		.46**	

- ^a Korrigiertes t (Siehe Fußnote 5)
^b nicht signifikant für unkorrigiertes t ($\alpha = .05$)
 ** signifikant bei $\alpha = .05$
 * signifikant bei $\alpha = .10$
 + signifikant bei $\alpha = .25$

Mit Hilfe weiterer Regressionsanalysen ließ sich zeigen, daß sich die erfahreneren von den unerfahreneren Studenten in ihrer Bewertung statistisch signifikant unterscheiden. Die erfahreneren Studenten legten, wie die Mitglieder des Fahrradklubs, mehr Gewicht auf die Oberflächenqualität, im Gegensatz zu diesen aber deutlich weniger Gewicht auf die Verkehrsstärken. Hierin zeigt sich vielleicht die höhere Risikobereitschaft der Jüngeren. Die weniger erfahrenen Studenten legten dagegen mehr Wert auf die Verkehrsmengen und die Steigungen.

Schlußfolgerungen

Es konnten Unterschiede zwischen verschiedenen Gruppen von Radfahrern nachgewiesen werden. Die älteren und erfahrenen Mitglieder eines Fahrradklubs bewerten vor allem die Oberflächenqualität und die Verkehrsstärke einer Strecke, während die erfahreneren Studenten nur die Oberflächenqualität in den Vordergrund stellen. Die unerfahreneren Studenten nehmen vor allem die Verkehrsstärken wahr. Die relative Unwichtigkeit des Types der Radverkehrsanlage zeigt die Grenzen auf, auf die eine Politik der Verlagerung der Radverkehrsströme mit dem Bau von Radverkehrsanlagen treffen wird. Nur bei dem Zusammenwirken von niedrigen Verkehrsstärken, guter Oberflächenqualität und dem Bau von Radwegen können unter Umständen Verlagerungen realisiert werden, wobei die bekannte prinzipielle Umwegempfindlichkeit der Radfahrer berücksichtigt werden muß.

4. Schätzung eines binären Verkehrsmittelwahlmodells

Im Rahmen eines abgeschlossenen Gutachtens zur Verbesserung des öffentlichen Personenverkehrs in der Stadt Mühlacker wurde eine Haushaltsbefragung durchgeführt, zu deren Aufgabe die Schätzung eines Verkehrsmittelwahlmodells zwischen MIV und ÖV gehört¹⁴⁾.

Da der öffentliche Nahverkehr in Mühlacker in der gesamten Stadt ein relativ einheitliches Angebot hat, schied die Schätzung eines Entscheidungsmodells auf Grundlage von vollzogenen Entscheidungen, die das Potential von Angebotsverbesserungen abgebildet hätten, aus. Es wurde deshalb die Methode der direkten Nutzenmessung angewendet, um dieses Potential abschätzen zu können.

Fragebogen und Befragte

In Absprache mit dem Auftraggeber wurden die in Tabelle 3 zusammengestellten sechs Einflußgrößen und ihre Ausprägungen ausgewählt. Die Ausprägungen umfassen den gegenwärtigen Zustand mit realisierbaren oberen und unteren Grenzen. Aus den $2 \cdot 3^5$ möglichen Kombinationen der Ausprägungen wurden 18 in zwei Blocks zu neun Fragen ausgewählt, die die Schätzung der Hauptwirkungen erlauben. Jeder Befragte erhielt neun Fragen und eine Kontrollfrage. Um auch Aussagen über den Einkaufsverkehr machen zu können, wurde der Fragebogen in zwei Varianten verteilt. In der ersten Variante wurden die Befragten aufgefordert, ihre Entscheidung im Rahmen der Fahrt zur Arbeit zu treffen. In der zweiten Variante war der Rahmen die Fahrt zum Einkaufen. Abbildung 8 zeigt ein Beispiel des Fragebogens.

Da vermutet worden war, daß viele Befragte diesen Teil der Befragung nicht beantworten würden, war die Beantwortung freigestellt worden. Überraschenderweise beantworteten 771 der 978 Teilnehmer auch diesen Teil.

Die Befragten stellen nach Alters-, Geschlechts- und Berufsstruktur eine repräsentative Stichprobe der Bevölkerung Mühlackers dar.

14) Leutzbach, W., Axhausen, K.W., Buck, A., Zoellmer, J., Verbesserung ..., a.a.O.

Tabelle 3
Einflußgrößen und ihre Ausprägungen

Einflußgröße	Ausprägung
Fahrplankontakt	15, 30, 60 min
Haltestellenentfernung	100, 300, 500 m
Fahrzeit des Busses	5, 15, 25 min
Umsteigenotwendigkeit	ja, nein
Preis	1, 2, 3 DM
Fahrzeit des Autos	5, 15, 25 min

Analyse

Der erste Schritt der Analyse ist die graphische Darstellung der Antworten als Funktion der einzelnen Ausprägungen. In der Abbildung 9 ist der ÖV-Anteil als Funktion der Antwortgrößen aufgetragen. Es zeigt sich, daß die Einflußgrößen in der Regel linear wirken. Nur bei der Einflußgröße „Haltestellenentfernung“ hat der Schritt von 300 zu 500 m Entfernung eine überproportionale Wirkung. Dieses Ergebnis bestätigt die Erfahrung, daß Haltestellenabstände über 300 m auch für kleinere Städte inakzeptabel sind. Im Rahmen dieser hypothetischen Entscheidungssituation zeigt sich, daß der ÖV für den Weg zum Einkaufen weniger gern gewählt wird, als für den Weg zur Arbeit.

Die Wirkung der gegenläufigen Fahrzeitangaben läßt sich am besten in einer gemeinsamen Abbildung darstellen. Abbildung 10 zeigt den ÖV-Anteil als Funktion der Fahrzeitdifferenz zwischen Bus und Automobil. Es zeigt sich, daß der ÖV-Anteil erhöht werden kann, aber daß fast 50% der Befragten auf keinen Fall bereit ist, das Verkehrsmittel zu wechseln.

Die Nutzenfunktionen für das binäre Logit-Modell wurden mit der LOGIST-Prozedur des Statistikpakets SAS geschätzt¹⁵⁾. Tabelle 4 faßt die Ergebnisse zusammen. Auf eine Korrektur des Signifikanztests wurde aufgrund der bisherigen Erfahrungen verzichtet.

Alle Einflußgrößen haben einen Einfluß auf die Wahl des Verkehrsmittels. Das Bestimmtheitsmaß von über 0.4 kann als ausreichend für eine Befragung dieser Art angesehen werden. Der Vergleich der beiden Regressionen zeigt, daß die zeitlichen Elemente (Fahrplankontakt, Umsteigenotwendigkeit) bei der Fahrt zur Arbeit, die in der Regel schnell sein soll, eine größere Rolle spielen, als bei der Fahrt zum Einkaufen, während bei dieser der Preis und die Entfernung zur Haltestelle wichtiger sind.

15) SAS Inc., SUGI Supplemental Library User's Guide, 5. Aufl., Cary, N.C. 1986.

Abbildung 8
Beispiel des Fragebogens

Zusatzfragebogen

BEISPIEL:

Wir möchten Sie bitten, sich zwei mögliche Fahrten vorzustellen.

Gehen Sie dabei davon aus, daß Sie ein Auto zur Verfügung haben.

Sie wollen morgens zur Arbeit oder Schule, und Sie können wählen, ob Sie mit dem Bus oder mit dem Auto fahren. Ihre möglichen Fahrten sehen so aus:

Der Bus kommt alle	Die Haltestelle ist entfernt	Mit dem Bus brauchen Sie	Sie müssen umsteigen	Die Fahrt kostet	Mit dem Auto brauchen Sie	Sie fahren mit dem	
						Bus	Auto
10 min	100 m	5 min	nein	1 DM	25 min	x	
60 min	500 m	25 min	ja	3 DM	5 min		x

Im ersten Fall bietet sich die Benutzung des Busses an; im zweiten Fall die Benutzung des Autos.

Frage:

Stellen Sie sich vor, Sie wollen morgens zur Arbeit oder Schule. Welches Verkehrsmittel wählen Sie, wenn Sie jeweils die folgenden Möglichkeiten hätten:

Gehen Sie dabei davon aus, daß Sie ein Auto zur Verfügung haben.

Bitte beantworten Sie unbedingt alle zehn Fragen!

Der Bus kommt alle	Die Haltestelle ist entfernt	Mit dem Bus brauchen Sie	Sie müssen umsteigen	Die Fahrt kostet	Mit dem Auto brauchen Sie	Sie fahren mit dem	
						Bus	Auto
15 min	100 m	5 min	nein	1 DM	5 min		
15 min	300 m	15 min	ja	3 DM	15 min		
15 min	300 m	15 min	nein	2 DM	15 min		
15 min	500 m	25 min	nein	2 DM	25 min		
30 min	100 m	15 min	nein	2 DM	15 min		
30 min	300 m	25 min	ja	1 DM	25 min		
30 min	500 m	5 min	nein	3 DM	5 min		
60 min	100 m	25 min	nein	3 DM	15 min		
60 min	300 m	5 min	nein	2 DM	25 min		
60 min	500 m	15 min	ja	1 DM	5 min		

Abbildung 9
 ÖV-Anteil als Funktion der einzelnen Einflußgrößen

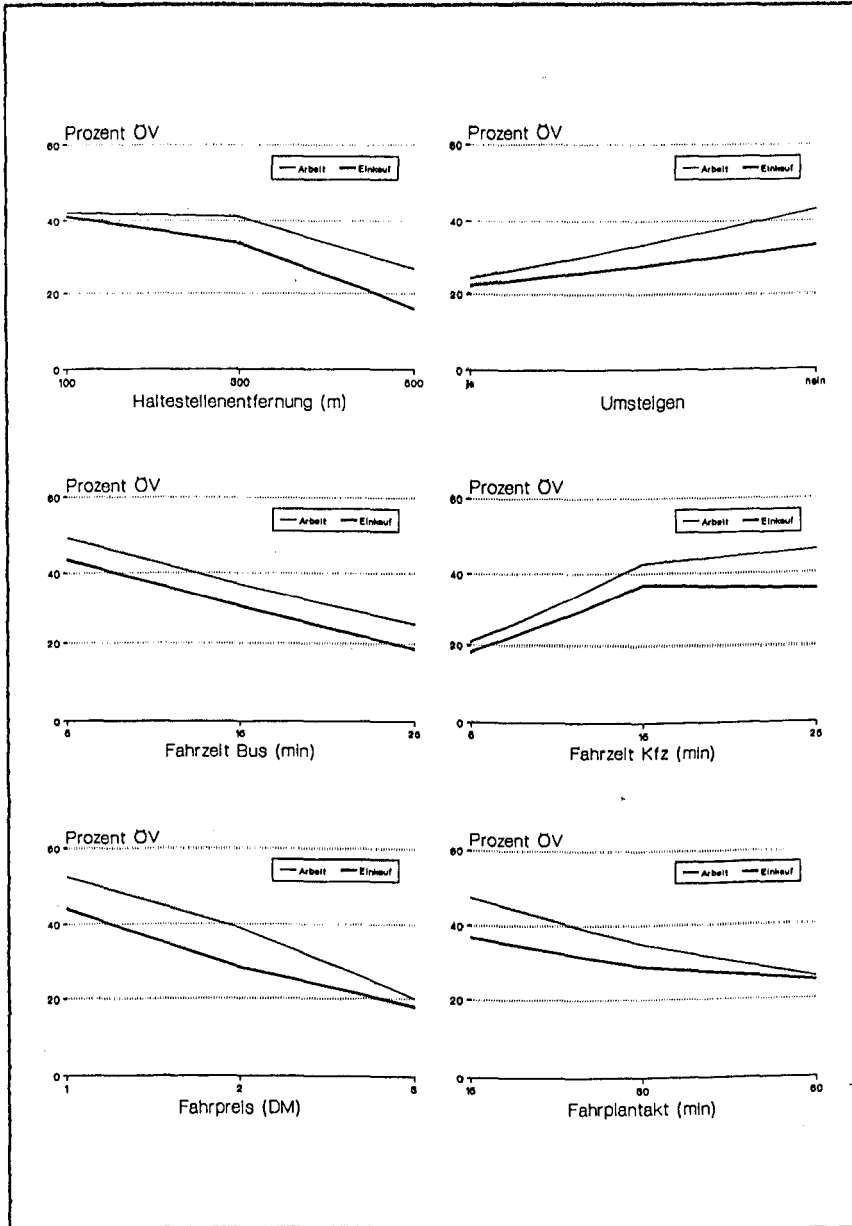


Abbildung 10

ÖV-Anteil als Funktion der Reisezeitdifferenz zwischen Bus und Automobil

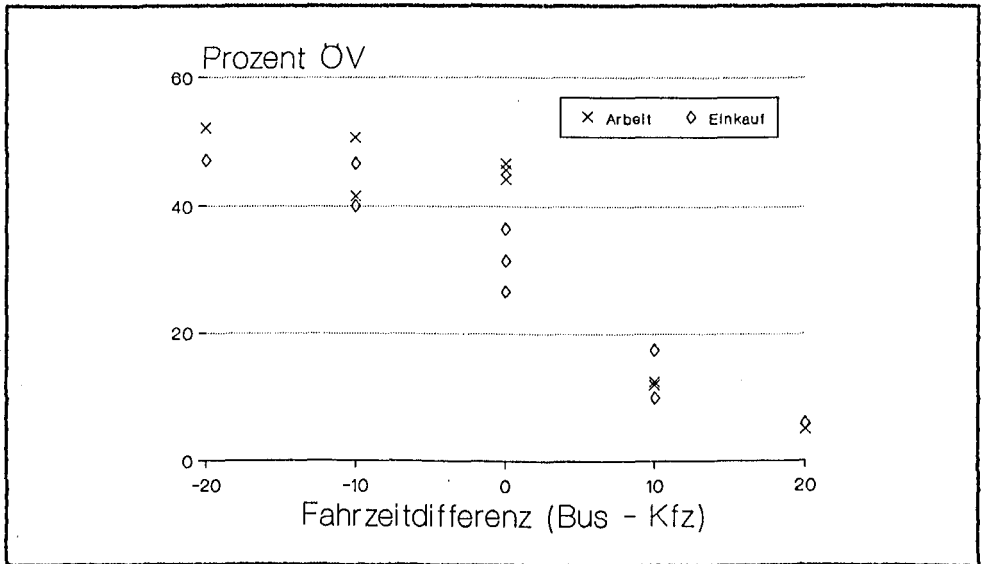


Tabelle 4

Ergebnisse der logistischen Regression

Einflußgröße	Wert für die Fahrt zur Arbeit/Schule (χ^2 -Wert ^a)	Wert für die Fahrt zum Einkaufen (χ^2 -Wert ^a)
Konstante	1.966 (112.0)	1.997 (123.0)
Fahrplankontakt	-.030 (140.3)	-.025 (123.8)
Entfernung zur Haltestelle	-.002 (58.9)	-.002 (82.0)
Fahrzeitdifferenz	-.075 (282.3)	-.088 (354.9)
Preis	-.795 (195.1)	-.992 (250.6)
Umsteigen nein	.637 (48.1)	.406 (19.7)
ρ^2	.423	.412 ^b
Befragte	348	423

^a χ^2 ersetzt t-Statistik

^b ρ^2 ersetzt Bestimmtheitsmaß

Aus diesen Ergebnissen lassen sich noch keine realistischen Marktanteile berechnen, da die Ergebnisse noch nicht validiert sind (siehe unten). Es lassen sich aber schon Schlüsse über die impliziten Werte der einzelnen Einflußgrößen ziehen (value of time). In Tabelle 5 sind diese Werte für das Beispiel „Umsteigen“ zusammengefaßt. Der Wert von 8.5 min Reisezeitgewinn liegt nahe bei dem bekannten Anhaltswert von 10 min Fahrzeitgewinn für einen Umsteigevorgang.

Tabelle 5
Vergleich der Einflußgröße Umsteigen

Ein zusätzliches Umsteigen ist so wichtig wie	Fahrt zur Arbeit	Fahrt zum Einkaufen
Min. Fahrzeitgewinn	8.5	4.6
Min. Taktverdichtung	21.2	16.0
Meter Verkürzung der Entfernung zur Haltestelle	318.5	203.0
DM Preissenkung	.80	.41

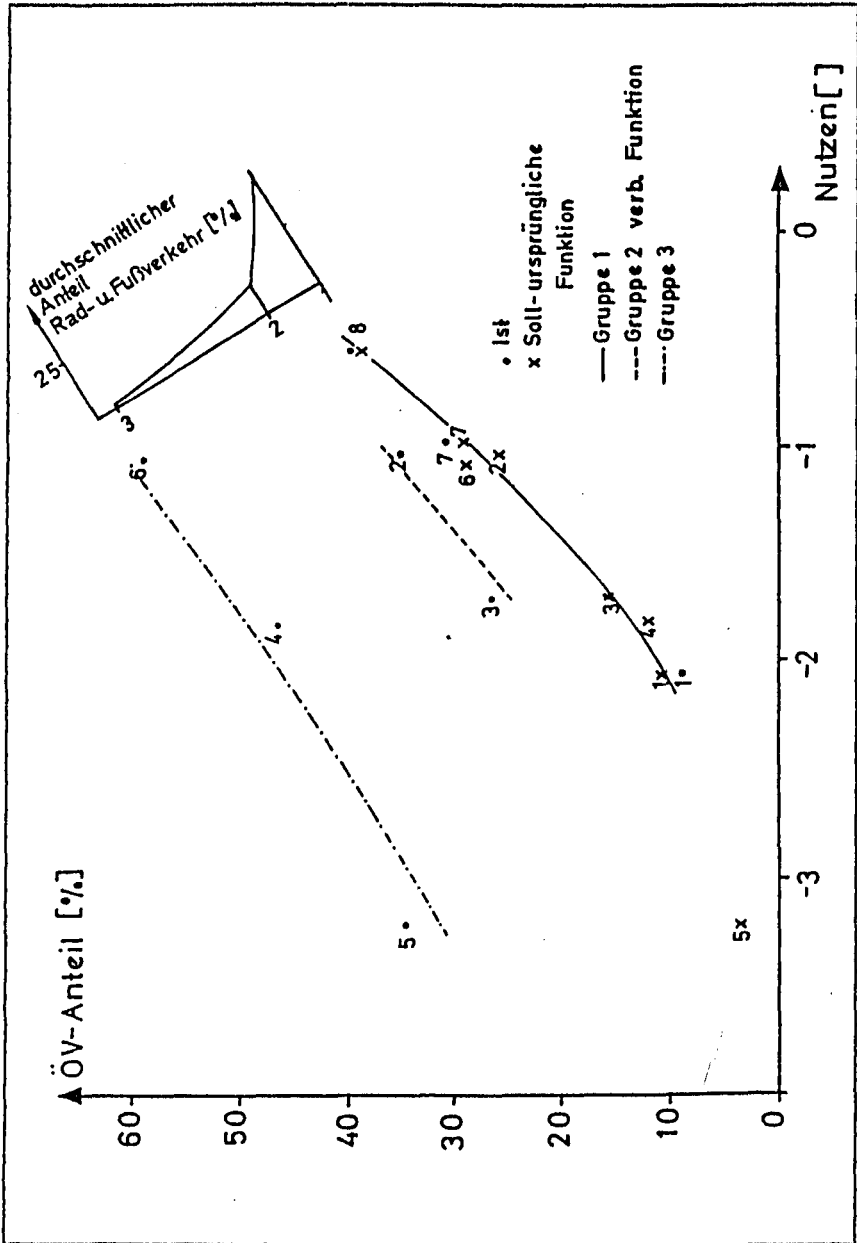
Tabelle 6
Elemente der Nutzenfunktionen

Nutzenfunktion des Busses U_b	Nutzenfunktion des Autos U_a
Konstante	Fahrzeitdifferenz
Fahrplankontakt	
Entfernung zur Haltestelle	
Preis	
Umsteigen	

Zur Berechnung der Modal Split-Anteile und zur Validierung muß das Ergebnis der logistischen Regression in die Nutzenfunktionen für den Bus- und für den Automobilverkehr zerlegt werden.

Die Validierung der Ergebnisse verlangt den Vergleich der Nutzenfunktion mit den vollzogenen Entscheidungen. Für sieben Relationen innerhalb Mühlackers wurden unter Annah-

Abbildung 11
Ergebnisse der Logit-Funktion



men für die realen Ausprägungen der Einflußgrößen die relativen Marktanteile des ÖV's am Gesamtwert von ÖV und MIV bei der Fahrt zur Arbeit/Einkäufen berechnet. Abbildung 11 zeigt die wirklichen und die berechneten Marktanteile des Busses als Punkte und Sterne. Man kann drei Gruppen unterscheiden: die Anteile für die Verkehrsbeziehungen innerhalb der Kernstadt und einem sehr nahe gelegenen Ortsteil werden von der Logit-Funktion sehr gut geschätzt (Punkte 1, 7, 8). Die Anteile zu den etwas weiter entfernten Zielen (Punkte 2, 3), für die die Fußwege und das Rad keine ganz gleichwertige Alternative mehr sind, werden weniger gut vorhergesagt. Für die dritte Gruppe, die weiter außenliegenden Ortsteile (Punkte 4, 5, 6), ist die Vorhersage schlecht. Aber man sieht auch, daß die Logit-Funktion die Tendenz der Veränderung auch für die zweite und dritte Gruppe gut vorhersagt. Die innere Logik der Funktion ist also richtig, nur die absoluten Werte müssen korrigiert werden.

Nach der Methode der „Kleinsten Quadrate“ können zwei Größen a und b so berechnet werden, daß die Abweichung der berechneten von den tatsächlichen Anteilen am geringsten wird:

$$U_b = \text{Konstante} + a + b * (\text{Einflußgrößen})$$

$$U_a = b * (\text{Fahrzeitdifferenz})$$

Die Ergebnisse der validierten Logit-Funktion sind ebenfalls in Abbildung 11 eingetragen.

Schlussfolgerungen

Die Methode der direkten Nutzenmessung war in diesem Beispiel in der Lage, mit geringem Aufwand ein Verkehrsmittelwahlmodell für die Abschätzung des ÖV-Marktanteils nach Verbesserungen des Angebots zu schätzen. Ein solches Modell wäre für diese Untersuchung sonst nur durch die schwierige Übertragung von andersweitig geschätzten Parametern verfügbar gewesen.

Das zugegebene komplexe Instrument der direkten Nutzenmessung hat bei den Befragten Anklang gefunden und nicht zu einer auffälligen Reduktion der Rücklaufquote der gesamten Untersuchung geführt (etwa 40% der angeschriebenen Haushalte).

5. Zusammenfassung

Anhand von zwei Beispielen wurde das Verfahren der direkten Nutzenmessung erläutert, das im letzten Jahrzehnt Eingang in die Verkehrsplanung gefunden hat. Die direkte Nutzenmessung simuliert Entscheidungen mit Hilfe von Fragebogeninstrumenten, auf denen die interessierende Entscheidungssituation beschrieben wird. Der Untersuchende hat die volle Kontrolle über die Stimuli und kann sicher stellen, daß die Stimuli statistisch unabhängig voneinander sind. Mit der Varianzanalyse und den ökonomischen Entscheidungsmodellen verfügt der Untersuchende über ein sehr weit ausgearbeitetes Instrumentarium, um die Ergebnisse der direkten Nutzenmessung statistisch zu untersuchen.

Der Bezug zu vollzogenen Entscheidungen kann über lineare Korrekturen der Ergebnisse vollzogen werden.

Die direkte Nutzenmessung kann aber nur dort eingesetzt werden, wo der Untersuchende schon ein klares Bild über die bedeutenden Einflußgrößen hat, da er noch weniger als bei der Untersuchung vollzogener Entscheidungen Einflußgrößen nacherheben kann. Die lineare Korrektur kann auch nicht sicherstellen, daß die interne Logik der gefundenen Ergebnisse korrekt ist. Hier ist der Untersuchende auf die Grundannahme der direkten Nutzenmessung angewiesen, die für die simulierte und die reale Entscheidung dieselbe Logik unterstellt.

Die beiden Beispiele zeigten typische Anwendungsfälle für die direkte Nutzenmessung. Im ersten Beispiel, der Beurteilung von Radverkehrsanlagen, wurden mit ihrer Hilfe Nutzenfunktionen hergeleitet, die sonst nur über den extrem teuren Weg der Umlegung herleitbar wären. Die Ergebnisse unterstrichen die Wichtigkeit der Segmentierung der Fahrradfahrer bei der Planung von Radverkehrsanlagen. Die gefundene Bedeutung der Oberflächenqualität und des Verkehrsvolumens zeigt die Grenzen der Beeinflussung von Radfahrern durch Radverkehrsanlagen auf. Im zweiten Beispiel konnte kostengünstig ein Verkehrsmittelwahlmodell geschätzt werden, das in Bereichen gültig ist, die im Untersuchungsraum noch nicht vorhanden sind. Das Modell ist also „policy-sensitive“ und unterstützt damit das Vorhaben, den Nahverkehr des Untersuchungsraums effektiv und kostengünstig zu verbessern.

Summary

In recent years Direct Utility Assessment has been used increasingly in the English-speaking countries.

A introduction into the theory of Direct Utility Assessment is complemented with two examples of the work of the autor.

The first study on the evaluation of bicycle facilities by cyclists demonstrated that the various groups of cyclists are statistically different in their evaluation. The importance of the surface quality of the facility in comparison with the other considered factors - length of link, volume, slope, land use, type of facility - was stressed.

A binary modal split model for the choice between car and bus was estimated in the second study. The model is based on the results of a recent household survey in Mühlacker (West Germany).