

**ZEITSCHRIFT
FÜR
VERKEHRS-
WISSENSCHAFT**

INHALT DES HEFTES:

Analyse und Bewertung der voraussichtlichen Auswirkungen eines künftigen Hochleistungs-Schnellverkehrs-Systems

Von Dr. Christoph-Friedrich von Braun, München/
Dr. Rainald von Gizycki, Frankfurt/Main.

Seite 3

Disaggregierte verhaltensorientierte Verkehrsmodelle –
Theorie und praktische Anwendung

Von Dr. Heinz Hautzinger, Basel

Seite 27

Zur Monetarisierung von Wirksamkeiten im Rahmen
von Kosten-Wirksamkeits-Analysen

Von Dr. rer. pol. Werner Horsmann, Bremerhaven/
Dipl.-Ing. Gottfried Ilgmann, Hamburg

Seite 55

Zuschriften für die Redaktion sind zu richten an
Professor Dr. R. Willeke, Institut für Verkehrswissenschaft
an der Universität zu Köln, Universitätsstraße 22, 5000 Köln 41.

Schriftleitung:

Dr. Herbert Baum, Universitätsstraße 22, 5000 Köln 41.

Herstellung · Vertrieb · Anzeigen:

Verkehrs-Verlag J. Fischer, Paulusstraße 1, 4000 Düsseldorf 14,
Telefon: (0211) 67 30 56, Telex: 8 58 633 vvfi

Einzelheft DM 13,—, Jahresabonnement DM 48,—.

Für Anzeigen gilt Preisliste Nr. 7 vom 1. 1. 1978.

Erscheinungsweise: vierteljährlich.

Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophotos u. ä. von den Zeitschriftenbesten, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Analyse und Bewertung der voraussichtlichen Auswirkungen eines künftigen Hochleistungs-Schnellverkehrs-Systems

VON DR. CHRISTOPH-FRIEDRICH VON BRAUN, MÜNCHEN
UND DR. RAINALD VON GIZYCKI, FRANKFURT/MAIN

1. Einführung

Die folgenden Faktoren führten bereits in den 60er Jahren in der Bundesrepublik Deutschland zu Überlegungen über die Entwicklung neuer Transporttechnologien:

- Staatliche und betriebliche Überlegungen zum Erhalt der Arbeitsplätze in der Luftfahrtindustrie;
- Bemühungen um die Nutzung im Ansatz vorhandener Magnetbahn-Technologiekomponenten (Technologietransfer);
- Erkenntnisse über die Kapazitätsgrenzen des Luftverkehrs und Straßenfernverkehrs.

Überlegungen und Vorarbeiten zu einer „Autoschienebahn“ mündeten im Jahre 1969 in der Bildung einer „Hochleistungsschnellbahnstudien-gesellschaft“ (STRABAG, MBB, DB), die im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr zwischen 1969 und 1972 die bisher umfangreichste „Studie über eine Hochleistungsschnellbahn“ erstellte.

Ausgehend von verschiedenen, nach bestimmten Optimierungskriterien ausgesuchten „Modellkonfigurationen“ wurden in dieser Studie für 1985 nach der Methode der Systemtechnik maximale Verkehrsaufkommen einer Hochleistungsschnellbahn errechnet und daran betriebs- und volkswirtschaftliche Kosten/Nutzen-Betrachtungen angeknüpft, die zwei Hauptergebnisse brachten:

- Durch eine HSB lassen sich eine Entlastung der Fernverkehrsstraßen und damit eine Verbesserung der Verkehrsverhältnisse zwischen dem nord- und süddeutschen Raum erreichen.
- Die betrachteten Modellkonfigurationen bieten Vorteile nach gesellschaftlichen, raumordnerischen, supranationalen und betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten gegenüber der Fortschreibung des Status Quo.

Seit Fertigstellung dieser ersten HSB-Studie haben das BMV und das BMFT eine Anzahl weiterer „Begleitstudien“ zur HSB-Hardwareforschung in Auftrag gegeben, die hier nur aufgeführt werden sollen:

- Transportsysteme der Zukunft für Europa (ITE, 1974).

Anschrift der Verfasser:

Dr. Christoph-Friedrich v. Braun
Dorsch Consult Ingenieurges. mbH
Elsenheimerstraße 63
8000 München 21

Dr. Rainald v. Gizycki
Battelle Institut e.V.
Am Römerhof 35
6000 Frankfurt (Main) 90

- Projekt Dynamos: Die dynamische Modellierung als Methode der Verkehrsprognose, dargestellt am Beispiel der Hochleistungsschnellbahn (Trapp Systemtechnik, 1975).
- Funktionen eines berührungsfreien Schnellbahnsystems im Rahmen alternativer Europa-Szenarien (TRI, 1977).
- Projektionen des europäischen Personenverkehrs (DFVLR, 1977).
- Die Zukunft des europäischen Personenverkehrs (COST-Aktion 33 der OECD, 1977).

Gründe für die Förderung dieser weitergehenden Studien lagen zum einen in der Hardwareforschung selbst, die auf die Entwicklung eines „schnellen, sicheren, umweltfreundlichen und erdölunabhängigen Transportsystems“¹⁾ zielte, und zum anderen in dem staatlichen Bemühen, durch die Analyse sozioökonomischer Randbedingungen rein technisch orientierten Zielsetzungen und möglichen Fehlentwicklungen vorzubeugen.

Die beiden Forschungsinstitute, Battelle-Institut e.V., Frankfurt (Main) und Dorsch Consult Ingenieurgesellschaft mbH., München, erhielten daher Ende 1974 vom BMFT den Auftrag zur Durchführung einer „Studie über die Aus- und Folgewirkungen eines Hochleistungsschnellverkehrssystems“, die im Juli 1976 abgeschlossen wurde und über deren Vorgehensweise und Ergebnisse hier berichtet wird.

2. Problemstellung

Der Titel der Untersuchung weist auf die thematische Nähe des Projekts mit dem sogenannten „Technology-Assessment“ (TA) hin, einer in den späten 60er Jahren in den USA aufkommenden sozialen Bewegung und wissenschaftlichen Methode, die sich „die systematische Erarbeitung der direkten und indirekten, gewollten und ungewollten, kurz- und langfristigen Auswirkungen neuer oder veränderter Technologien auf die Umwelt“²⁾ zum Ziel setzte.

Die vom BMFT in letzter Zeit verstärkt geforderten „sozialwissenschaftlichen Begleitstudien“ zur Hardware-Forschung neuer Technologien tragen einer ähnlichen Zielsetzung Rechnung. Es geht dabei nicht primär um die konventionelle technisch-ökonomische Darstellung oder Rechtfertigung einer neuen Technologie, sondern um ihre sozialkritische Betrachtung unter dem Aspekt ihrer ökologischen, ökonomischen, raumordnerischen und gesellschaftlichen Konsequenzen. Das Projekt versuchte dieses Oberziel unter Berücksichtigung zweier prinzipieller, von Skolinowski zum ersten Mal formulierter „Gesetze“ der Technologiefolgenbewertung³⁾ zu erreichen:

1) Vgl. BMFT Leistungsplan: Technologien für Transport- und Verkehrssysteme, Bonn 1976, S. 40.

2) Vgl. Coates, J. E., Technology Assessment: The Benefits, the Costs, the Consequences, in: The Futurist 5(6), Dec. 1971.

3) Vgl. Skolinowski, H., Technology Assessment in a Sharp Focus, in: Technological Forecasting and Social Change, Vol. 8, No. 4, 1976.

- Je befriedigender die Ergebnisse einer TA-Studie in quantitativer Hinsicht, je unbefriedigender ihre Aussagekraft in sozialer Hinsicht.
- Alle echten „Bewertungen“ von Technologien müssen die realen Wertaussagen der Betroffenen einbeziehen.

Das erste „Gesetz“ ist nicht als logisch zwingend, aber als real nachweisbar zu bezeichnen, solange die Sozialwissenschaften noch nicht in der Lage sind, „intrinsische“ Wertvorstellungen zu quantifizieren bzw. im Zuge der Quantifizierung die qualitativen Aspekte des untersuchten Forschungsobjekts mit abzubilden.

Das zweite „Gesetz“ gewinnt zunehmende Relevanz in dem Maße, wie der Staat die für Großtechnologien oftmals unvorhersehbaren Vermarktungs- und Umweltrisiken⁴⁾ sowie die hohen Aufwendungen für Kapital und Manpower nicht nur gegenüber den parlamentarischen Instanzen, sondern vor allem gegenüber selbsttätig aktiven Bürgern und Betroffenen zu legitimieren hat.

Die Betonung des Projekts lag daher auf der weitgehend qualitativen Erarbeitung voraussichtlicher Auswirkungen eines Hochleistungsschnellverkehrssystems (im folgenden HSV) und ihrer Bewertung durch die vermutlich von diesen Auswirkungen betroffenen Gruppen.

Insgesamt stellte sich das Projekt folgende Fragen:

- Welchen Entwicklungsstand hat das HSV im Hinblick auf Technologie, Betriebsführung und sonstige „System- und Funktionsparameter“ zum gegenwärtigen Zeitpunkt erreicht?
- Welcher Art von Nachfrage wird die Schnellbahn in den 90er Jahren voraussichtlich im Personen- und Güterverkehr begegnen?
- Welches sind die wahrscheinlichen Aus- und Folgewirkungen des Betriebs eines HSV in den 90er Jahren?
- Wie werden die vermutlich eintretenden Auswirkungen der Schnellbahn von den betroffenen gesellschaftlichen Gruppen voraussichtlich bewertet werden?

Von den Antworten auf diese Fragen wurden Entscheidungshilfen und Kriterien für die weitere staatliche Planung und Förderung der technologischen Entwicklung des HSV erwartet.

Den Fragestellungen entsprechend wurde das Projekt in vier größeren Arbeitsphasen durchgeführt, mit den Schwerpunkten auf Phase 3 und 4:

Phase 1 Beschreibung der „Funktionsparameter“ des HSV

Phase 2 Darstellung der Nachfragesituation für ein HSV

Phase 3 Erarbeitung der Auswirkungen eines HSV

Phase 4 Bewertung der HSV-Auswirkungen durch betroffene Interessengruppen.

4) Vgl. Dierkes, M., Gizycki, R. v., Probleme der Vermarktung staatlich geförderter Großtechnologien, Bonn 1976.

Da die folgenden Ergebnisse nur Ausschnitte aus der sechsbändigen Untersuchung⁵⁾ darstellen, sollte der Leser wegen weiterer Details die Originalarbeit konsultieren.

3. Projektdurchführung

3.1 Phase 1: Beschreibung der Funktionsparameter des HSV

Die Ermittlung der Nachfragesituation für ein HSV sowie die Erarbeitung und Bewertung der von einem HSV ausgehenden Folgewirkungen setzte die Konzipierung eines auf der Magnetschwebetechnik beruhenden Verkehrssystems und seiner Integration in die vorhandene Infrastruktur voraus. Das heißt, es waren die für die späteren Phasen der Untersuchung bedeutsamen technischen Parameter des HSV darzustellen.

Bei dieser Darstellung ist zu berücksichtigen, daß das unten beschriebene verkehrliche Konzept nicht notwendigerweise das Verkehrsmittel ist, das tatsächlich verwirklicht wird. Das Konzept hat durchaus vorläufigen, beispielhaften Charakter. Die Entwicklung der dem HSV zugrunde liegenden Technik ist noch nicht zum Abschluß gekommen und wird voraussichtlich noch mancherlei Änderung erfahren. Für die hier vorgenommenen Untersuchungen war es jedoch erforderlich, ein verkehrliches Konzept zu entwickeln, das in sich widerspruchsfrei war und den neuesten Erkenntnissen der Technik Rechnung trug:

– Geschwindigkeit:	Personenverkehr	400/500 km/h
	Güterverkehr	250 km/h
– Beschleunigung:	längs und quer	1 m/s ²
	vertikal	0,5 m/s ²
– Maximale Zugfolge:	3 Minuten Abstand (Personenverkehr)	
– Eine Trasse mit jeweils einer Spur pro Richtung		
– Trennung von Personen- und Güterzügen		
– Bahnhöfe:		
für Güter	am Rande der Verdichtungsgebiete	
für Personen	im Stadtkern und am Stadtrand	

- 5) Die folgenden sechs Berichtsbände sind über das BMFT zu beziehen:
- Studie über die Aus- und Folgewirkungen eines Hochleistungsschnellverkehrssystems:
 - Bedürfnis, Bedarf, Nachfrage: Personenverkehr
 - Bedürfnis, Bedarf, Nachfrage: Güterverkehr
 - Auswirkungskatalog
 - Zielsystem
 - Zusammenfassung der Ergebnisse
 - Anlagen

Projektbearbeiter:

Dr. Ing. B. Pilz	Dipl.-Kfm. A. Mair
Dipl.-Wirtsch.-Ing. U. Kopmann	Dr. jur. C.-F. v. Braun, M.S.
Dr. phil. R. v. Gizycki, M.A.	Dipl.-Kfm., Dipl.-Psych. P. Schropp
R.F.A. van den Bergb, M.A., A.C.A.	Dipl.-Phys. H. Schürer

- Zuggröße:

bei Gütern	100 – 200 m Länge, 100 – 200 t Nutzlast
bei Personen	100 – 200 m Länge, – (kleines Lichtraumprofil)
	200 – 400 Fahrgäste
- Gleichzeitige Abwicklung von Güter- und Personenverkehr (zwischen 6.00 h und 22.00 h)
- Trassenverlauf: „C“-Linie⁶⁾ unter Berücksichtigung einer eventuellen Erweiterung zur „8“⁷⁾ und der Einbindungsmöglichkeiten in ein europäisches Gesamtnetz
- Lichtraumprofil:

für den Einspurquerschnitt EMS*-400 km/h	
– Breite	6,40 m
– Höhe über Bezugsebene	6,70 m
Höhe unter Bezugsebene	1,90 m
für den Einspurquerschnitt EDS*-500 km/h	
– Breite	8,20 m
– Höhe über Bezugsebene	6,70 m
Höhe unter Bezugsebene	0,50 m
- Minimale Kurvenradien:

Schnellfahrstrecke	6.000 m
Rangierbereich	500 m
- Maximale Längsneigung: 3,5 – 4 %
- Höhenlage: aufgeständert, lichte Höhe 4,7 m
- Ausstattung der Beförderungsmittel (Personenfahrzeuge): zwischen Intercity-Komfort und Flugzeugkomfort, Service: Flugzeug
- Gefäßorganisation: entsprechend Bedarf
- Sicherheit: günstiger als bei Rad/Schiene-System
- Betriebsstörungen: günstiger als bei RS-System
- Übergangsmöglichkeiten: Terminal im Zentrum der Städte (Personenverkehr) und außerhalb der Städte (Güterverkehr)

Zusammenfassend läßt sich sagen:

Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik soll das HSV ein sich mit hoher Geschwindigkeit von 250 – 500 km/h fortbewegendes Verkehrsmittel für die Beförderung von Personen und Gütern darstellen, das die Ballungszentren der Bundesrepublik Deutschland am zeitgünstigsten verbindet mit der Möglichkeit des Anschlusses an europäische Wirtschaftszentren.

Die Bahnhöfe werden für Personenverkehr am Stadtrand oder im Stadtkern, für Gütertransport am Rand der Verdichtungsgebiete liegen. Die magnetgestützten, mit Linear-

6) Hamburg, Bremen, Bielefeld, Dortmund, Köln, Frankfurt, Mannheim, Stuttgart, München.

7) Zusätzlich Hamburg, Hannover, Kassel, Frankfurt, Nürnberg, München.

*) Inzwischen hat sich das BMFT für die EMS-(elektromagnetisches Schweben)-Variante der zukünftigen HSV-Technik entschieden.

motoren angetriebenen Fahrzeuge werden ohne mechanischen Kontakt mit der Trasse geführt.

Diese sollen getrennt nach Güter- und Personenfahrzeugen konzipiert und der Verkehr gleichzeitig auf einer Trasse mit jeweils einer Spur pro Richtung abgewickelt werden.

Bei einer Länge von 200 m können im Güterverkehr pro Zugeinheit 100 – 200 t Nutzlast, im Personenverkehr 200 – 400 Fahrgäste befördert werden. Die Leistungsfähigkeit des Systems bestimmt sich neben diesen Größen entscheidend aus der Zugfolge von 3 min im Personenverkehr und 1,5 min im Güterverkehr. Durch die gleichzeitige Abwicklung von Güter- und Personenverkehr ergibt sich bei unterschiedlicher Zugfolge eine variable Kapazität der Strecke.

3.2 Phase 2: Nachfragestrukturen

Der zweite Teil des Projekts befaßte sich mit den wahrscheinlichen Nachfragebedingungen des Personen- und Güterverkehrs nach HSV-Transporten.

3.2.1 Personenverkehr

Die qualitative Ermittlung der HSV-Personenverkehrsnachfrage erfolgte in drei Schritten:

- Bestimmung von Benutzergruppen und ihrer Anforderungen an Verkehrsmittel bei der Verfolgung spezifischer Reisezwecke (Anforderungsprofil).
- Ermittlung des gegenwärtigen und künftigen technisch-wirtschaftlichen Leistungsangebots konkurrierender Verkehrsmittel einschließlich HSV, aufgegliedert nach Reisedistanzen (Angebotsprofil).
- Vergleichende Gegenüberstellung der Anforderungsprofile mit den Angebotsprofilen der konkurrierenden Verkehrsmittel zum Prognosehorizont zur Ermittlung der relativen Attraktivität eines Hochleistungsschnellverkehrssystems.

Es zeigte sich im Rahmen des ersten Arbeitsschrittes, daß deutliche Unterschiede sowohl zwischen spezifischen Reisezwecken wie zwischen Benutzergruppen bestehen. Die folgende Matrix demonstriert diese Anforderungsunterschiede bei den Benutzergruppen. Die zugrunde liegenden Daten stützen sich vorwiegend auf eine Sekundäranalyse einer Studie zum Verhalten von Verkehrsmittelbenutzern aus dem Jahre 1973, bei der insgesamt 1057 Personen unter anderem nach den Gründen für die Wahl eines von drei Verkehrsmitteln (Intercity, Pkw, Flugzeug) bei der zuletzt angetretenen Reise (Distanz mehr als 100 km) gefragt wurden (vgl. Tabelle 1).

Die Übersicht läßt erkennen, daß bestimmte Berufe Präferenzen für bestimmte Anforderungskategorien haben: Freie Berufe werden besonders von der Zugänglichkeit eines Verkehrsmittels angezogen; Beamte bevorzugen relativ stark die Komfortkategorie; Unternehmer wünschen sich primär ein schnelles Verkehrsmittel.

In ähnlicher Weise wurden die einzelnen Anforderungskategorien zu einzelnen Reisezwecken in Beziehung gesetzt. Dabei ergaben sich die in Tabelle 2 dargestellten obersten und untersten Extremwerte.

Faßt man diese Reisezwecke zur gewohnten Unterscheidung zwischen Geschäfts- und Privatzielen zusammen, zeigt sich, daß der Hauptunterschied in der hohen Bewertung

Tabelle 1: Rangfolge der Gewichtung von Anforderungskategorien durch Benutzergruppen (in %)

Kategorie Rangfolge	Komfort	Schnelligkeit	Sicherheit	Zuverlässigkeit	Zugänglichkeit	Preiswürdigkeit	Bedienungshäufigkeit
1	Sonst. Beamte (41,6)	Sonst. Selbst. (26,0)	Sonst. Beamte (12,3)	Freier Beruf (9,8)	Facharbeiter (15,9)	Ruhestand (17,9)	Freier Beruf (11,6)
2	Beamte höh. D. (40,9)	Unternehmer (24,7)	Leit. Angest. (9,9)	Unternehmer (7,7)	Freier Beruf (14,9)	Facharbeiter (14,7)	Facharbeiter (11,3)
3	Unternehmer (37,8)	Beamte höh. D. (24,3)	Sonst. Selbst. (9,6)	Facharbeiter (6,3)	Sonst. Angest. (14,4)	Sonst. Angest. (12,3)	Ruhestand (9,5)
4	Leit. Angest. (34,5)	Leit. Angest. (22,6)	Ruhestand (9,4)	Sonst. Angest. (6,2)	Sonst. Selbst. (13,5)	Sonst. Beamte (10,2)	Sonst. Selbst. (8,3)
5	Ruhestand (33,4)	Sonst. Angest. (19,4)	Facharbeiter (7,8)	Sonst. Selbst. (5,9)	Leit. Angest. (11,8)	Leit. Angest. (9,4)	Sonst. Angest. (7,5)
6	Sonst. Angest. (32,8)	Ruhestand (19,4)	Freier Beruf (7,7)	Leit. Angest. (5,6)	Beamte höh. D. (11,3)	Beamte höh. D. (8,7)	Unternehmer (7,2)
7	Freier Beruf (32,4)	Freier Beruf (19,0)	Beamte höh. D. (7,3)	Ruhestand (5,0)	Ruhestand (11,2)	Sonst. Selbst. (7,1)	Leit. Angest. (5,9)
8	Facharbeiter (29,1)	Sonst. Beamte (17,0)	Sonst. Angest. (6,7)	Sonst. Beamte (4,6)	Unternehmer (11,0)	Unternehmer (6,2)	Beamte höh. D. (5,7)
9	Sonst. Selbst. (29,0)	Facharbeiter (14,6)	Unternehmer (5,0)	Beamte höh. D. (1,8)	Sonst. Beamte (10,7)	Freier Beruf (4,1)	Sonst. Beamte (3,7)
Streuwert (Rang 1 ./ Rang 9)	12,6	11,4	7,3	8,0	5,2	13,8	7,9

der Schnelligkeit und geringen Bewertung der Preiswürdigkeit bei Geschäftsleuten und der umgekehrten Bewertung bei Privatfahrten liegt.

Der zweite größere Arbeitsschritt bei der Ermittlung der HSV-Nachfrage bestand in der Beschreibung des zukünftigen technisch-wirtschaftlichen Leistungsangebots der konkurrierenden Fernverkehrsmittel. Für Pkw, Bahn, Flugzeug und HSV wurde versucht, wahrscheinliche Entwicklungslinien des Personentransportangebots bis zum Prognosehorizont zu beschreiben.

Dabei wurde das Leistungsangebot dieser Verkehrsmittel wiederum in Kategorien definiert, die mit den Kategorien des Anforderungsprofils deckungsgleich waren: Komfort,

Tabelle 2: Oberste und unterste Extremwerte der Anforderungskategorien bei ausgewählten Reisezwecken

Kategorie	Oberwert	Untervert	Durchschnitt
Komfort	Familienausflug (47%)	Wochenendausflug (25%)	40%
Schnelligkeit	Ausstellungsfahrt (31%)	Wochenendheimfahrt (11%)	22%
Sicherheit	Wochenendausflug (13%)	Verkaufsfahrt (2%)	7%
Zuverlässigkeit	Einkaufsfahrt (10%)	Ausbildungsfahrt (1%)	5%
Zugänglichkeit	Ausbildungsfahrt (12%)	Ausstellungsfahrt (5%)	8%
Preiswürdigkeit	Wochenendausflug (13%)	Einkaufsfahrt (0%)	4%
Bedienungshäufigkeit	Wochenendausflug (12%)	Tagungsfahrt (3%)	7%

(Nicht angegeben sind die folgenden Reisezwecke: berufliche Zwecke, Information, Urlaub, Sport, Freizeit, Bildung)

Schnelligkeit, Sicherheit, Zuverlässigkeit, Zugänglichkeit, Preiswürdigkeit und Bedienungshäufigkeit.

Nach Kenntnisnahme des entwickelten Anforderungsprofils und unter Vorgabe von Richtwerten wurden neun Experten gebeten, ihre Meinung zur Entwicklung dieser Angebotskategorien der vier Verkehrsmittel durch Beantwortung folgender Frage zum Ausdruck zu bringen: „Zu welchem Anteil – auf einer Skala von 0 bis 100% – erfüllt das betrachtete Verkehrsmittel mit Bezug auf die jeweilige Angebotskategorie die Anforderungen der Benutzer an eine ‚möglichst günstige‘ Ausprägung der jeweiligen Kategorie?“

Die Experten sollten ihrer Beurteilung der drei konventionellen Verkehrsmittel sowohl eine pessimistische (Variante I) wie optimistische (Variante II) Entwicklung der Angebotskategorien der Verkehrsmittel zum Prognosehorizont zugrunde legen. Darüber hinaus wurde für jede Angebotskategorie nach drei Reiseentfernungsstufen unterschieden: Bis 200 km, 200 – 500 km, über 500 km. Das Ergebnis der Expertenurteile spiegelt Tabelle 3 wider.

Der im dritten Arbeitsschritt schließlich vorgenommene Vergleich zwischen Anforderungs- und Angebotsprofilen beruhte im wesentlichen auf einer Auswertung der in den beiden vorangegangenen Schritten entwickelten Materialien. Die Auswertung ließ im Ergebnis unter anderem die folgenden Aussagen zu:

- Die Hochleistungsschnellbahn ist den konkurrierenden Fernverkehrsmitteln bei Reiseentfernungen bis 200 km zumeist unterlegen.
- Im Geschäfts-, Urlaubs- und Ausflugsverkehr bei mittleren Entfernungen (200 – 500 km) scheint das HSV den alternativen Fernverkehrsmitteln überlegen, wenn diese zum Prognosezeitpunkt keine technisch-organisatorischen Verbesserungen vornehmen können. Andernfalls hätte sie auf diesen Entfernungen nur einen geringen Vorrang gegenüber DB und Flugzeug, jedoch einen erheblichen gegenüber dem Pkw.
- Die spezifischen Eigenschaften der Schnellbahn machen sie insbesondere für Entfernungen über 500 km geeignet. Auf dieser Entfernungsstufe ist sie lediglich dem Flugzeug bei allen Reisezwecken unterlegen, wenn dies eine positive Weiterentwicklung erfährt.

3.2.2 Güterverkehr

Die Untersuchung der Nachfragestrukturen im Bereich des Güterfernverkehrs auf dem HSV ging von folgenden Fragestellungen aus:

- Von welcher Art sind die Anforderungen an Güterfernverkehrsmittel, gesehen von den Nachfragern nach Güterfernverkehrsleistungen?
- Wie weit werden diese Anforderungen von den vorzufindenden Fernverkehrsmitteln erfüllt?
- Läßt sich die Transportmittelwahl aus einem Vergleich von Anforderungs- und Angebotsmerkmalen erklären?
- Wie fügt sich ein HSV in das bestehende System der Güterverkehrsmittel in Bezug auf seine Angebotsmerkmale ein?

Tabelle 3: Beurteilung der Entwicklung der Personenverkehrsarten nach Angebotskategorien bis 1990 durch 9 Experten (in %)

		Pessimistisch (Variante I)				Optimistisch (Variante II)		
		Pkw	Bahn	Flugz.	HSV	Pkw	Bahn	Flugz.
Komfort	bis 200 km	41	59	38	68	56	73	56
	200 – 500 km	26	49	50	69	36	66	67
	über 500 km	16	38	54	64	27	52	70
Schnelligkeit	bis 200 km	44	48	36	58	63	68	44
	200 – 500 km	33	48	50	74	51	63	67
	über 500 km	21	39	66	74	32	56	84
Sicherheit	bis 200 km	29	52	54	72	42	78	63
	200 – 500 km	23	66	54	73	33	74	66
	über 500 km	18	65	58	75	26	74	71
Zuverlässigkeit	bis 200 km	40	53	47	63	54	74	62
	200 – 500 km	36	54	53	70	50	72	69
	über 500 km	32	52	57	72	45	71	74
Zugänglichkeit	bis 200 km	53	51	40	52	74	66	53
	200 – 500 km	51	52	45	57	70	66	56
	über 500 km	51	52	51	58	68	66	63
Preiswürdigkeit	bis 200 km	46	53	32	38	63	65	44
	200 – 500 km	41	49	43	54	60	68	55
	über 500 km	42	43	43	55	53	63	57
Bedienungshäufigk.	bis 200 km	56	54	34	41	78	62	41
	200 – 500 km	57	51	43	59	68	66	56
	über 500 km	49	46	49	58	60	60	62

Anmerkung: Die Zahlen in den Tabellenzellen sind arithmetische Mittelwerte der Prozentangaben der neun Experten auf die oben angeführte Frage nach der Entwicklung der sieben Angebotskategorien von vier Verkehrsmitteln, untergliedert nach drei Entfernungsstufen.

– Läßt sich aus dem Vergleich von Anforderungs(=Nachfrage)merkmalen an die Güterverkehrsmittel und den Angebotsmerkmalen des HSV ein plausibles Maß für die künftige Inanspruchnahme des Güterverkehrsmittels HSV ableiten?

Zur zunächst qualitativen Bearbeitung dieser Fragen wurden Teile der Voigt'schen Überlegungen zu den „Verkehrswertigkeiten“ bzw. „Affinitäten“ übernommen⁸). Für jede Gütergruppe des Fernverkehrs wurden die Merkmale der Nachfrage nach Verkehrsleistungen anhand von Ausprägungen einer Reihe von Eigenschaften beschrieben. Im vorliegenden Ansatz handelte es sich um die Eigenschaften:

- (1) Termingerechte Anlieferung
- (2) Transportpreis
- (3) Schnelligkeit
- (4) Umladehäufigkeit
- (5) Fahrplanunabhängigkeit
- (6) Sicherheit
- (7) Regelmäßigkeit

Diese Eigenschaften sind in folgender Weise für die Verkehrsmittelwahl von Bedeutung:

Der Nachfrager nach Transportleistung vergleicht idealiter in einem rationalen Entscheidungsprozeß die von ihm für sein Transportgut bzw. den Transportzweck angenommenen spezifischen Eigenschaften des Transportbedürfnisses mit den Eigenschaften, die dem angebotenen Transportsystem anhaften. Jenes Transportmittel, das nach Meinung des Verladers am ehesten in seinen „Angebotseigenschaften“ mit den von ihm so (implizit oder explizit) formulierten „Nachfrageeigenschaften“ übereinstimmt, wird von ihm für den Transportvorgang ausgewählt werden.

Aus dieser Betrachtung folgt, daß das ohne weiteres anzunehmende Rationalverhalten (im Sinne eines Kosten-Nutzen-Vergleichs bei der Transportmittelwahl) in eine Reihe von Prozessen aufgelöst wird, die mit folgenden Begriffen überschrieben werden können: Der Nachfrager nach der Transportleistung nimmt die Transportbedürfnisse des zu transportierenden Gutes wahr (ein Gut muß nicht lediglich von A nach B transportiert werden, sondern es muß pfleglich, sicher, pünktlich, billig usw. transportiert werden) und bildet sich eine Meinung über die Wichtigkeit jeder dieser Eigenschaften (Bedürfnisse). Andererseits hat sich eben dieser Nachfrager eine Meinung (Urteil, Vorurteil, . . .) von den Transporteigenschaften, die ein bestimmtes Transportsystem (hier: Lkw bzw. Eisenbahn) anbietet (wie pfleglich, wie sicher, wie pünktlich, wie teuer usw.), gemacht. Die Entscheidung über die Wahl des Transportsystems fällt der Nachfrager, indem er die von ihm so wahrgenommenen Transportbedürfnisse des Gutes mit den angebotenen Eigenschaften des Transportsystems vergleicht. Er wählt jenes Transportsystem, für das seiner Ansicht nach eine größere Kongruenz zwischen nachgefragten und angebotenen Transporteigenschaften besteht.

Die von den Nachfragern nach Verkehrsleistungen vorgenommene Transportmittelwahl wurde nun modellmäßig aufgefaßt als Maß der Übereinstimmung zwischen Transportnachfrage-Eigenschaften und Transportangebots-Eigenschaften. Da es sich bei den Nach-

8) Vgl. z. B. Voigt, F., Verkehr und Industrialisierung, in: Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft, Band 109, 1953, S. 193 – 239, insbes. S. 198 ff., 208 ff.

frage- und Angebotseigenschaften um die jeweils gleichen sieben Begriffe (siehe oben) handelt, war also das Maß an Übereinstimmung der Angebots- und Nachfrageeigenschaften zu ermitteln. Dieses Maß der Übereinstimmung ist in verschiedener Weise als Distanz- bzw. Äquivalenzmaß erfaßbar; für die vorliegende Fragestellung wurde das sogenannte Euklidische Distanzmaß verwendet: das Maß für die Übereinstimmung zweier Eigenschaftsprofile ist die Wurzel aus der Summe der quadrierten Unterschiede der Eigenschaftsausprägungen; je geringer dieser Betrag, desto geringer auch die Unterschiede zwischen beiden Eigenschaftsprofilen, d. h.

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^7 (N_i - A_i)^2}$$

wobei D = Distanz

A = Ausprägung der Angebotseigenschaft

N = Ausprägung der Nachfrageeigenschaft.

Aus vorhandenen demoskopischen Erhebungen⁹⁾ war nur die Rangfolge der Wichtigkeit der erwähnten sieben Eigenschaften auf der Nachfrageseite bekannt:

Nachfrageeigenschaft	Rangplatz
Termingerechte Anlieferung	1
Transportpreis	2
Schnelligkeit	3
Kein Umladen	4
Fahrplanunabhängigkeit	5
Sicherheit	6
Regelmäßigkeit	7

Auf der Angebotsseite wird der Grad des Zutreffens der Eigenschaften auf die beiden Verkehrsmittel Lkw und Eisenbahn von der Gesamtheit der Verladener nach den vorliegenden Untersuchungen¹⁰⁾ folgendermaßen beurteilt:

9) Baum, H., Lankes, W., Das Nachfrageverhalten der verladenden Wirtschaft im Güterverkehr der Bundesrepublik Deutschland. Eine ökonomische und demoskopische Analyse, Hof/Saale, o.J. (1973).

10) Baum, H., Lankes, W., a.a.O. mit weiteren Nachweisen.

Eigenschaften des Leistungsangebotes	Rangplatz von	
	Lkw	Eisenbahn
Termingerechte Anlieferung	4	9,5
Transportpreis	14	11,0
Schnelligkeit	1	12,5
Kein Umladen	3	9,5
Fahrplanunabhängigkeit	2	12,5
Sicherheit	8	5,5
Regelmäßigkeit	5,5	7,0

Bei Ergänzung beider Tabellen um das Angebot eines HSV ergab sich nach dem Urteil eines Panels von zehn Experten folgende Rangreihung:

Eigenschaft	Allg. Nachfrage Rangplatz	Angebot Rangplatz		
		Lkw	Eb	HSV
Termingerechte Anlieferung	1	7	15,5	4
Transportpreis	2	20	17	21
Schnelligkeit	3	3	18,5	1
Kein Umladen	4	6	15,5	12
Fahrplanunabhängigkeit	5	5	18,5	14
Sicherheit	6	13	9	9
Regelmäßigkeit	7	9	11	2

Die vorgestellten Rangplätze gelten für die „Allgemeine Transportnachfrage“. Von größerem Interesse war allerdings die gütergruppenspezifische Nachfrage nach Transportleistungen: es waren letztlich Aussagen zu machen über die voraussichtliche Akzeptanz des HSV, bezogen auf einzelne Güter(haupt)gruppen. Die Verwendung der Güterhauptgruppen der Amtlichen Güterbewegungsstatistik bot die Möglichkeit einer Validierung des vorgestellten qualitativen Ansatzes anhand des gegenwärtigen Modal Split, bezogen auf Lkw und Eisenbahn.

Dazu waren zunächst die Nachfrageprofile der 52 Güterhauptgruppen zu erstellen, das heißt die Rangreihungen der sieben Qualitäten, wie sie sich für die Nachfrage nach Transportleistungen für diese Güterhauptgruppen aufstellen ließen. Die sich daraus ergebenden 52 Nachfrageprofile wurden auf das jeweilige Distanzmaß zu den Angebotsprofilen von Lkw und Eisenbahn untersucht. Die sich ergebenden Distanzmaße wurden sodann korreliert mit den über elf Jahre hinweg (1962 – 1973) regressionsanalytisch korrigierten Anteilen des Lkw-Transports am gesamten Transportaufkommen von Lkw und Eisenbahn der jeweiligen Güterhauptgruppen.

Diese dergestalt ermittelten Maße erklärten den gegenwärtigen Modal Split zwischen Lkw und Eisenbahn in befriedigender Weise, so daß nunmehr die Voraussetzungen für die Anwendung des Verfahrens auf die Angebotsituation, diesmal aber unter Einbeziehung des Verkehrsangebots des HSV, geschaffen war.

Auch eine zurückhaltende Interpretation der ermittelten Werte ließ den Schluß zu, daß das Leistungsangebot eines HSV „im Prinzip“ einer deutlichen Nachfrage begegnen würde. Diese Nachfrage wird je nach Güterart verschieden sein. Die größten Übereinstimmungen zwischen den Nachfrageprofilen und dem Angebotsprofil des HSV ergaben sich in folgenden Bereichen:

- Nahrungsmittel (Roh- und Endprodukte) einschl. Getränken
- Nichteisenmetalle
- Baustoffe
- Düngemittel
- chemische Grundstoffe und Erzeugnisse
- elektronische Erzeugnisse, EBM-Waren, Glas, Textilien, sonstige Halb- und Fertigwaren sowie besondere Transportgüter.

Was das gewichtsmäßige Aufkommen anbelangt, konnten folgende Bereiche als besonders bedeutend angesehen werden:

- Getränke
- Steinkohle (?)
- Erdöl
- Erze
- Stahlhalbzeug und Formstahl
- Baustoffe
- Düngemittel, chemische Grundstoffe und chemische Erzeugnisse
- EBM-Waren
- sonstige Halb- und Fertigwaren
- besondere Transportgüter.

Bei diesen Ergebnissen sind allerdings die wichtigsten Einschränkungen des vorgelegten Verfahrens zu berücksichtigen:

- die begrenzte „Vergleichbarkeit“ von Lkw, Eisenbahn und HSV, insbesondere etwa im Hinblick auf die Netzdichte bzw. den Zugang zum Netz, die bei allen drei Verkehrsmitteln grundsätzlich verschieden sind;
- die Nichtberücksichtigung unterschiedlicher Entfernungsklassen für den Güterfernverkehr;
- die Beschränkung der Zahl der untersuchten Transportmerkmale auf sieben Eigenschaften.

Schon aus diesen Gründen waren mehr als qualitative Aussagen als Ergebnisse der Untersuchung nicht zu erwarten. Dennoch vermögen sie Hinweise und Anregungen für die weitere technische Entwicklung des HSV (z.B. zur Fahrplangestaltung, Gefäßorganisation, technischen Abwicklung des Transportvorgangs usw.) zu vermitteln, die dann

wiederum genauere Aussagen zum voraussichtlichen Güterverkehrsaufkommen des HSV erlauben.

3.3 Phase 3: Auswirkungen eines HSV

Die Untersuchung der voraussichtlichen Aus- und Folgewirkungen eines HSV mußte davon ausgehen, daß mit dem Bau der Bahn nicht vor Ende der 80er Jahre zu rechnen war. Seine Wirkungen waren daher nicht an den heutigen sondern an den zukünftigen Hintergrundbedingungen zu untersuchen, was eine entsprechende Prognose dieser Bedingungen voraussetzte. Dabei spielte die folgende Überlegung eine maßgebliche Rolle:

Da sich gesellschaftliche Entwicklungen in einer engen Verflechtung von politischen Zielsetzungen und Entscheidungen mit technischen und sozialen Innovationen vollziehen, weil darüber hinaus und gerade in der Bundesrepublik Deutschland auch externe Einflußgrößen erhebliches Gewicht haben, war eine umfassende Beschreibung der politischen, wirtschaftlichen und sozialen Landschaft der BRD für 1990 kaum möglich. Vorhandene Prognosen beleuchten zumeist nur Teilbereiche wie Bevölkerungsentwicklung oder ökonomisches Wachstum. Auch wenn die Veränderungspotentiale bestehender Planungen (z. B. Bundesverkehrswegeplanung) in eine Vorausschau einbezogen werden, bleiben erhebliche Unschärfen bestehen, wenn man das Bild einer Gesellschaft im Jahre 1990 zeichnet.

Es war im Bewußtsein dieser Unsicherheit, mit der an die Ermittlung der HSV-Auswirkungen herangegangen wurde.

Die Untersuchung der HSV-Folgewirkungen wurde organisatorisch in vier begriffliche Bereiche aufgeteilt, nämlich in

- ökologische
- raumordnerische
- gesamtwirtschaftliche
- gesellschaftliche

Auswirkungen. Jeder der vier Bereiche wurde nach einschlägigen Kriterien weiterunterteilt, wobei im Bereich der Ökologie unterschieden wurde zwischen Wirkfaktoren (Lärm, Emissionen) bzw. Wirkungsbereichen des HSV (Kleinklima, Landschaftsräume usw.) und im Bereich Raumordnung zwischen verschiedenen Raumtypen (Verdichtungsräumen, ländlichen Gebieten, Entwicklungsachsen) sowie den verschiedenen raumbezogenen Lebensfunktionen, die auf bzw. in diesen ausgeübt werden. Die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen wurden eingeteilt in die drei Unterbereiche Allgemeine Auswirkungen, Verkehr und Kommunikation sowie Arbeit und Beschäftigung; die gesellschaftlichen Auswirkungen schließlich unterschieden zwischen solchen Folgewirkungen, die die Benutzer, und solchen, die die Nichtbenutzer des HSV betreffen würden.

Auf der Grundlage von Literaturauswertungen, von Recherchen über die Folgewirkungen vergangener Großinvestitionen in das Fernverkehrssystem und von Plausibilitätserwägungen wurden qualitative und quantitative Beschreibungen einzelner Auswirkungen im Rahmen dieses Rasters entwickelt. Aus jeder dieser Beschreibungen ging hervor, in welcher Weise das HSV vorhandene Trends und absehbare Bedingungen zum Zeithorizont 1990 beeinflussen würde.

Insgesamt wurden 46 Kausalketten (Auswirkungen des HSV) identifiziert, die – wenn auch häufig im engen Zusammenhang miteinander erscheinend – als unterschiedliche, getrennt zu bewertende Sachverhalte angesehen wurden. Jede einzelne Auswirkung wurde durch Text, Graphiken und sonstiges Material (in der Regel 1 – 3 Seiten) erläutert. Dabei wurde besonderer Wert darauf gelegt, nicht in der Beschreibung der Auswirkung bereits ein Werturteil über die Auswirkung vorwegzunehmen. Aufgabe dieser Bearbeitungsphase war lediglich die sachliche, wertfreie Darstellung der einzelnen Kausalketten. Diese wurden schließlich in ein sinnvolles Ordnungsmuster gestellt und werden im folgenden mit einer laufenden und einer Ordnungsnummerierung in Form von Überschriften aufgelistet.

Liste der Einzelauswirkungen

1. Auswirkungen des HSV auf Ökologie und Sozio-Ökonomie
 - 1 1.1 Auswirkungen auf das Kleinklima
 - 2 1.2 Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und die Wasserqualität
 - 3 1.3 Vegetationsverluste durch die bauliche Anlage
 - 1.4 Lärm- und Emissionswirkungen des HSV
 - 4 1.4.1 Auswirkungen auf die Landschaftsnutzung durch HSV-Lärm in Trassennähe des Hochgeschwindigkeitsbereiches
 - 5 1.4.2 Ansteigen der Immissionsbelastung im Terminalbereich
 - 6 1.4.3 Abbau emissionsstarker Verkehrsträger in HSV-bedienten Relationen
 - 7 1.5 Auswirkungen auf die Tierwelt
 - 8 1.6 Auswirkungen auf die Landschaftsräume
 2. Auswirkungen des HSV auf die Raumordnung
 - 2.1 Auswirkungen des HSV in Verdichtungsgebieten
 - 2.1.1 Wirtschaftliche Aktivitäten
 - 9 2.1.1.1 Auswirkungen auf die Einkommenssituation in HSV-angeschlossenen Verdichtungsräumen
 - 10 2.1.1.2 Auswirkungen auf die Einkommenssituation in nicht angeschlossenen Verdichtungsräumen
 - 2.1.2 Versorgung
 - 11 2.1.2.1 In angeschlossenen Verdichtungsräumen: Veränderung der überregionalen Erreichbarkeitsverhältnisse
 - 12 2.1.2.2 In angeschlossenen Verdichtungsräumen: Auswirkungen auf die Verkehrsinfrastruktur
 - 13 2.1.3 Bildung, Ausbildung: Auswirkungen auf das Ausbildungs- und Bildungsangebot in angeschlossenen Verdichtungsräumen
 - 2.1.4 Erholung

- 14 2.1.4.1 Auswirkungen auf die Naherholung in angeschlossenen Verdichtungsräumen
- 15 2.1.4.2 Veränderung der Erreichbarkeit von Fremdenverkehrsgebieten
- 16 2.1.5 Wohnen: Auswirkungen auf die Wohnqualität in angeschlossenen Verdichtungsräumen
 - 2.2 Ländliche Gebiete
 - 2.2.1 Wirtschaftliche Aktivitäten
 - 17 2.2.1.1 Auswirkungen auf die Einkommenssituation in Fremdenverkehrsgebieten
 - 18 2.2.1.2 Auswirkungen auf die Möglichkeiten der Schaffung nicht-landwirtschaftlicher Arbeitsplätze im ländlichen Einzugsbereich von HSV-bedienten Räumen
 - 19 2.2.2 Versorgung: Auswirkungen auf die Funktion von Mittelzentren
 - 20 2.2.3 Bildung, Ausbildung: Auswirkungen auf das Bildungs- und Ausbildungsangebot im ländlichen Einzugsbereich HSV-bedienter Verdichtungsräume
 - 21 2.2.4 Wohnen: Trennung von Wohnung und Arbeit im ländlichen Einzugsgebiet HSV-bedienter Verdichtungsräume
 - 2.3 Entwicklungsachsen
 - 2.3.1 Wirtschaftliche Aktivitäten
 - 22 2.3.1.1 Auswirkungen auf innergebietliche Nahverkehrsachsen in angeschlossenen Verdichtungsräumen
 - 23 2.3.1.2 Auswirkungen für internationale Transport- und Handelswege
 - 2.3.2 Versorgung
 - 24 2.3.2.1 Bedeutungsverschiebung zwischen Entwicklungsachsen 1. Ordnung und großräumigen Entwicklungsachsen
 - 25 2.3.2.2 Auswirkungen auf die Belastungssituation des großräumigen Verkehrssystems
 3. Gesamtwirtschaftliche Auswirkungen
 - 3.1 Allgemeine Auswirkungen
 - 3.1.1 Kurzfristig
 - 26 3.1.1.1 Impulse für den technischen Fortschritt
 - 27 3.1.1.2 Anwachsen des für Transportzwecke gebundenen Anteils des Bruttoinlandsprodukts
 - 3.1.2 Langfristig
 - 28 3.1.2.1 Ausweitung der Märkte in Unternehmen des 2. und 3. Sektors in angeschlossenen Verdichtungsräumen
 - 29 3.1.2.2 Effizientere Produkterstellung durch Spezialisierung und Maßstabsvergrößerung

- 3.2 Verkehr und Kommunikation
- 30 3.2.1 Kurzfristig: Veränderung des Verkehrsaufkommens der konventionellen Fernverkehrsträger
- 31 3.2.2.1 Langfristig: Verstärkte Nachfrage nach telekommunikativen Kontakten
- 3.3 Arbeit und Beschäftigung
- 32 3.3.1 Kurzfristig: Veränderung des Arbeitskräftebedarfs bei konkurrierenden Verkehrsträgern
- 33 3.3.2.1 Langfristig: Räumliche Ausdehnung der Arbeitsmärkte in den angeschlossenen Verdichtungsräumen
4. Gesellschaftliche Auswirkungen
- 4.1 Auswirkungen auf Benutzer
- 4.1.1 Kurzfristig
- 34 4.1.1.1 Ausweitung und Differenzierung sozialer Kontakte
- 35 4.1.1.2 Verstärkte geschäftliche Reisetätigkeit und Ausweitung persönlicher und institutioneller Einflußchancen
- 36 4.1.2 Langfristig: Veränderung zeit-/raumbezogener Werthaltungen bei HSV-Benutzern
- 4.2 Auswirkungen auf Nichtbenutzer
- 37 4.2.1 Kurzfristig: Auftreten von Bürgerinitiativen direkt und indirekt betroffener Nichtbenutzer
- 4.2.2 Langfristig:
- 38 4.2.2.1 Erhöhung berufsbedingter Wanderungsbewegungen
- 39 4.2.2.2 Erhöhung des Anspruchsniveaus der Bevölkerung in den angeschlossenen Verdichtungsräumen durch verbessertes Angebot an Gütern und Dienstleistungen
- 40 4.2.2.3 Soziale Erosion in Abwanderungsgebieten
- 41 4.2.2.4 Erhöhung der Chancen sozialer Aufwärtsmobilität
- 42 4.2.2.5 Stützung des Trends zur Kleinfamilie und zur Lockerung der Familienstruktur
- 43 4.2.2.6 Räumliches Nebeneinander heterogener Gruppen
- 44 4.2.2.7 Gleichzeitige Zentralisation und Dezentralisation von Organisationen und Institutionen
- 45 4.2.2.8 Zunehmende Isolierung und Anwachsen abweichenden Verhaltens
- 46 4.2.2.9 Zunehmende Außensteuerung und formale Kontrolle des Einzelnen

4. Phase 4: Bewertung der HSV-Auswirkungen durch Vertreter ausgewählter Interessengruppen

Die letzte Phase des Projekts betraf die eigentliche Beurteilung der durch die Einführung und Nutzung zu erwartenden Folgen des HSV. Dabei schien es wichtig, daß das in einer solchen Bewertung enthaltene soziale Werturteil über das HSV nicht alleine durch die an der Studie beteiligten Mitarbeiter gefällt wurde. Selbst bei redlicher Bemühung um Objektivität wäre ein Einfließen subjektiver Werthaltungen in das Urteil nicht zu vermeiden gewesen. Um das Urteil auf ein gesellschaftlich breiteres Fundament zu stellen, wurden deshalb die Vertreter von 14 gesellschaftlich disparaten Interessengruppen (z. B. Gewerkschaften, Transportgewerbe, Bürgerinitiativen, einschlägige Behörden, Kommunalinteressen usw.) eingeladen, die Bewertung durchzuführen. Dies geschah auf folgende Weise und mit folgenden Resultaten (auszugsweise).

4.1 Vorgabe eines Zielsystems und Zielgewichtung

Als Maßstab der Beurteilung erhielt jeder der 14 Interessenvertreter neben dem ausführlich kommentierten Katalog vermuteter HSV-Auswirkung einen systematischen Katalog sozialer Belange, der weitgehend identisch war mit der „List of Social Concerns Common to Most Member Countries“ des OECD Social Indicator Programme von 1973. Wesentliches Merkmal dieses Programms ist die Ausrichtung auf das Wohlbefinden bzw. die Lebensqualität des Individuums.

Das Zielsystem war eingeteilt in acht Zielbereiche (Gesundheit, Ausbildung und persönliche Entwicklung, Arbeit und Freizeit, persönliche ökonomische Situation, physische Umwelt, soziale Umwelt, persönliche Sicherheit, soziale Chancen und Partizipation), jeder Zielbereich wiederum in zwei bis sieben Einzelziele (insgesamt 35). Die Bewerter wurden aufgefordert, auf jeden der acht Zielbereiche insgesamt 100 Gewichtungspunkte nach ihrer eigenen Einschätzung der relativen Bedeutung eines Einzelziels innerhalb eines Zielbereiches zu verteilen. Eine Gewichtung der Zielbereiche gegeneinander wurde erwogen, jedoch nicht durchgeführt.

Neben zahlreichen anderen erscheinen vor allem zwei Ergebnisse der Zielgewichtungen erheblich:

- Die Verteilung der relativen Gewichte auf die Einzelziele spiegelte weitgehend die spezifischen Interessen der einzelnen Bewerter wider und wies dementsprechend nur einen geringen Grad der Übereinstimmung auf.
- Hohe Gewichte und zugleich eine geringe Streuung wiesen die folgenden Ziele auf:
 - hoher Grad der Gesundheit,
 - möglichst umfassender Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten zum persönlichen, beruflichen und gesellschaftlichen Fortkommen,
 - geringe Arbeitslosigkeit.

Es kann davon ausgegangen werden, daß diesen Zielen eine große gesellschaftliche Bedeutung und Werthaltung zukommt.

4.2 Einschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit der Einzelauswirkungen

Jede der oben genannten 46 Einzelauswirkungen war als Hypothese über Teilaspekte der Situation der Bundesrepublik im Jahre 1990 zu verstehen. Sie wurde begründet mit sozio-ökonomischen Entwicklungslinien, die unabhängig vom HSV bestehen bzw. deren Bestehen angenommen wurde, und mit einer Kausalkette, die auf primäre Auswirkungen des HSV zurückging.

Jeder Bewerter wurde nun aufgefordert, jede der 46 Auswirkungen mit einer Wahrscheinlichkeitsziffer zwischen 0 und 100 zu versehen. Diese sollte ausdrücken, für wie wahrscheinlich er das Eintreten der beschriebenen HSV-Auswirkung für das Jahr 1990 hielt. Dabei war der Wert 100 mit der festen Überzeugung vom Eintreten dieser Auswirkung in der beschriebenen Weise gleichzusetzen und der Wert 0 mit der festen Überzeugung vom Nichteintritt dieser Auswirkung. Alle Werte zwischen 0 und 100 waren zulässig.

Die folgenden Ergebnisse erscheinen erwähnenswert:

- Es war insgesamt eine starke Streuung der Wahrscheinlichkeiten zu beobachten, mit denen der Eintritt der einzelnen Auswirkungen eingeschätzt wurde.
- Die geringste Streuung in den Eintrittswahrscheinlichkeiten (d. h. die größte Einheitlichkeit der Ansichten über das Auftreten bzw. Nichtauftreten einer Auswirkung) wiesen die Auswirkungen
 - 37 (Auftreten von Bürgerinitiativen)
 - 11 (Veränderung der überregionalen Erreichbarkeitsverhältnisse)
 - 8 (Auswirkungen auf die Landschaftsräume)
 - 12 (Auswirkungen auf die Verkehrsinfrastruktur)
 auf. Bemerkenswert ist, daß diese Auswirkungen zugleich auch als die wahrscheinlichsten angesehen wurden. Umgekehrt wiesen auch die für am wenigsten wahrscheinlich gehaltenen Auswirkungen die größten Streuungen auf.
- Auf der Ebene der Wirkungsbereiche war eine fallende Rate der Eintrittswahrscheinlichkeiten von den Bereichen Ökologie über Raumordnung und Wirtschaft bis Gesellschaft zu beobachten.

4.3 Bewertung der Einzelauswirkungen

Sofern die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Auswirkung für größer als 0 erachtet wurde, wurde der Bewerter im dritten Schritt aufgefordert, diese Auswirkungen daraufhin zu überprüfen, ob und wie stark sie die Verfolgung einzelner Ziele des gesellschaftlichen Zielsystems der OECD seines Erachtens entweder beeinträchtigen oder fördern würde. Das Ausmaß der Zielbeeinflussung jeder Auswirkung war dabei auf einer Skala von +7 (stärkste denkbare Zielförderung) über 0 (indifferent) bis -7 (stärkste denkbare Zielbeeinträchtigung) auszudrücken.

Diese Intensitäten der Zielbeeinflussung waren sorgfältig zu unterscheiden von der Wahrscheinlichkeit von Auswirkungen. Die letzteren gaben an, mit welcher Wahrscheinlichkeit der Eintritt einer bestimmten Auswirkung erwartet wurde, die ersteren welche sozialen

Belange auf welche Weise durch eine Auswirkung im Falle ihres Eintritts berührt werden würden.

Die Ergebnisse dieser Schätzung wurden getrennt nach positiven und negativen und anschließend nach saldierten Zielbeeinflussungen untersucht. Die wichtigsten Ergebnisse waren:

4.3.1 Negative Zielbetroffenheiten

- Als negativ am stärksten vom HSV betroffen wurden von den Bewertern relativ einheitlich vor allem diejenigen Ziele gesehen, deren Gegenstand die Erhaltung, Verbesserung bzw. Wiederherstellung der natürlichen und künstlichen Umwelt ist. Hinzu kam die Sorge um die Verstärkung sozialer Disparitäten durch das HSV-Angebot.
- Der weitaus größte Teil (83,5 %) dieser größten negativen Zielbetroffenheiten beruhte auf raumordnerischen und ökologischen Auswirkungen des HSV.

4.3.2 Positive Zielbetroffenheiten

- Die als gefördert angesehenen Ziele betrafen vor allem:
 - die Verfügbarkeit von Arbeitsplätzen,
 - die Einkommenssituation,
 - die Erreichbarkeitsverhältnisse,
 - die Herstellung bzw. Wahrnehmung sozialer Kontakte im weiteren Sinne (Freunde, Bekannte, Bezugsgruppen, Vereine, usw.),
 - die Erhöhung sozialer Chancen und Partizipation.
- Diese Förderungswirkungen beruhten nach Ansicht der Bewerter vorwiegend auf den raumordnerischen und gesellschaftlichen Wirkungen des HSV.
- Die Einheitlichkeit der Ansichten über geförderte Ziele war größer als im Falle der beeinträchtigten Ziele.

4.3.3 Saldierte Zielbetroffenheiten

- Es wurden im Durchschnitt der Bewerter insgesamt mehr negative als positive Grade der Zielbetroffenheit vergeben.
- Per Saldo waren in den Wirkungsbereichen Ökologie und Raumordnung fast ausschließlich negative und in den Wirkungsbereichen Gesamtwirtschaft und Gesellschaft fast ausschließlich positive Zielbetroffenheitsgrade festzustellen.

4.4 Nutzwerte

Durch Auswertung der Befragungsergebnisse und Anwendung nutzwertanalytischer Methoden gelangte das Untersuchungsteam schließlich zu einer Anzahl von Partialbewertungen des HSV. Eine umfassende, etwa in einer einzigen Zahl gipfelnde Beurteilung der Schnellbahn lag außerhalb des methodisch Machbaren und war auch nicht vorgesehen. Einzelne Nutzwerte wurden vielmehr in der Weise ermittelt, daß das Gewicht der einzelnen Ziele mit der Wahrscheinlichkeit des Eintritts einer bestimmten Auswirkung

und anschließend mit der Intensität der jeweiligen Zielbetroffenheit multipliziert wurde. Die ermittelten Nutzwerte stellen mithin sehr komplexe Größen dar, die nur unter Berücksichtigung ihrer einzelnen Bestandteile und deren Verknüpfung interpretiert werden durften. Ihre Bedeutung liegt nicht so sehr in ihrem reinen Zahlenwert, sondern in ihrer Möglichkeit, den Charakter und die Intensität einzelner Wirkungen auf bestimmte gesellschaftlich anerkannte und gewichtete Ziele oder Belange auszudrücken.

Dieser Vorgang stellt letztlich auch die Grundlage des Technology-Assessment-Ansatzes dar: die Bewertung der Auswirkungen erster, zweiter und höherer Ordnung einer Technologie im Hinblick auf ihre Bedeutung für das Erreichen bestimmter sozialer Zielsetzungen. Sie ist damit gleichzeitig eine Aussage über die Wünschbarkeit der Technologie, die diese Auswirkungen nach sich zieht.

Im vorliegenden Falle wurden die positiven und negativen Nutzwerte jeweils getrennt ermittelt und ausgewertet. Auf eine Saldierung beider Positionen wurde aus methodischen Gründen verzichtet. Die wichtigsten Ergebnisse sind im folgenden wiedergegeben:

4.4.1 Negative Nutzwerte

- Die Meinungen über die negativen Nutzwerte aller Auswirkungen für die einzelnen Ziele war überaus differenziert. Bestimmte einzelne Bewerter trugen durch die Verteilung großer Punktwerte wesentlich zu den negativen Gesamtnutzwerten bei.
- Die bedeutendsten negativen Nutzwerte für einzelne Ziele ließen sich in zwei Gruppen aufteilen:
 - die Sorge um die (direkten oder indirekten) ökologischen Wirkungen des HSV im weitesten Sinne und seine Folgen für die Gesundheit und die Lebensbedingungen des Einzelnen;
 - die Sorge um die Schaffung räumlicher Disparitäten zwischen HSV-begünstigten und HSV-benachteiligten Räumen.

Beide Sorgen beruhten vorwiegend auf folgenden primären und sekundären Wirkungen des HSV: Energieverbrauch, Flächenbedarf, Zunahme regionaler Verkehrsbeziehungen, Zunahme des Verdichtungsprozesses. Auch von einigen der allgemeineren Folgewirkungen des HSV (z. B. der Intensivierung bestimmter wirtschaftlicher Aktivitäten) wurden Beiträge zu diesen negativen Nutzwerten erwartet. Daraus folgt, daß eine wesentliche Attraktivitätssteigerung für das HSV insbesondere durch die Ergreifung entsprechender Gegenmaßnahmen gegen diese ökologisch und raumordnerisch geprägten Sorgen möglich ist, indem etwa durch entsprechende Schritte diese negativen Folgewirkungen des HSV im Falle seiner Verwirklichung besonders aufmerksam beobachtet und auf ein Minimum reduziert werden.

4.4.2 Positive Nutzwerte

- Die Einheitlichkeit der Ansichten über die positiven Nutzwerte war wesentlich größer als im Falle der negativen Nutzwerte.
- Bei den fünf Zielen, die nach Ansicht der Bewerter die wichtigsten HSV-bedingten Nutzwerte aufwiesen, handelte es sich um:

- die Erhöhung der Mobilität,
- den möglichst umfassenden Erwerb von Kenntnissen und Fertigkeiten zum persönlichen, beruflichen und gesellschaftlichen Fortkommen,
- die Höhe des individuell verfügbaren Einkommens,
- die Erhöhung der Chancen zur Partizipation in gesellschaftlichen Institutionen und Entscheidungsprozessen.

Die meisten positiven Nutzwerte beruhten nach Ansicht der Bewerter auf wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen des HSV, wie z. B. die Zunahme von Binnenwanderungen, der Verstärkung des Trends zum räumlichen Nebeneinander heterogener Gruppen, der Schaffung neuer Arbeitsplätze, der Zunahme des Geschäftsreiseverkehrs usw.

5. Schlußbemerkungen

Angesichts der noch bestehenden Unsicherheiten über die weitere technische Entwicklung des HSV und seine Einordnung in das räumliche Gefüge der Bundesrepublik sowie der Unmöglichkeit, betroffene Bevölkerungsgruppen, Wirtschaftszweige und Regionen bereits heute präzise zu umreißen, konnte die Auswertung der Befragung naturgemäß nicht in einzelne Anforderungen und Vorschläge für Modifizierungen des vorgesehenen HSV münden. Auch die Bewertungsergebnisse müssen unter anderem mit folgenden Maßgaben kritisch zur Kenntnis genommen werden:

- Einige der Bewerter klagten über Schwierigkeit, die Wahrscheinlichkeit des Eintritts einer bestimmten (unter Umständen sehr komplexen) HSV-Auswirkung mit einer einfachen Zahl ausdrücken zu müssen.
- Es gab erhebliche Unterschiede in der sogenannten „Bewertermentalität“. So trugen bestimmte einzelne Bewerter durch die beständige Vergabe besonders großer Intensitätswerte zu einer deutlichen Verzerrung des Gesamtbildes bei.
- Insbesondere im Hinblick auf die größere Umweltschädlichkeit konkurrierender Verkehrsmittel gingen einige Bewerter von einer Förderung ökologischer Ziele durch das HSV aus, wenn ein (relativ umweltfreundliches) HSV Marktanteile dieser Verkehrsmittel hinzugewinnen könnte. Aufgabe der Untersuchung war jedoch nicht ein Systemvergleich alternativer Verkehrsmittel, sondern die Vorbereitung der Entscheidung „HSV – ja oder nein?“.
- Die Aussagen der 14 Bewerter sollten nicht als „gesamtgesellschaftliches Urteil“ über das HSV verstanden werden. Bei der Auswahl der Bewerter ging es in erster Linie darum, eine handhabbare Vielzahl unterschiedlicher Meinungsspektren und Interessenlagen von Institutionen heranzuziehen, deren Belange durch das HSV in irgendeiner Weise berührt werden können. Einen repräsentativen Querschnitt der Gesellschaft in der Bundesrepublik Deutschland stellen sie jedoch nicht dar.

Trotz dieser Einschränkungen sind wichtige Materialien entwickelt worden, die in die weiteren Entscheidungen über das HSV Eingang finden werden. Insbesondere konnte

gezeigt werden, daß eine Hochleistungsschnellbahn in der vorgesehenen Form nicht pauschal begrüßt oder abgelehnt werden kann. Ebenso wie die Eisenbahn im letzten Jahrhundert würde auch ein HSV seinen Einfluß auf das soziale, wirtschaftliche und räumliche Gefüge Deutschlands geltend machen. Bestimmten positiven gesellschaftlichen und gesamtwirtschaftlichen Folgewirkungen des HSV stehen dabei Nachteile im Bereich der Umwelt und der Raum- und Siedlungsstruktur gegenüber. Ihre endgültige gegenseitige Abwägung läßt den Rahmen der vorgelegten Untersuchung hinter sich und bewegt sich im politischen Bereich. Sie wird in diesem Bereich ferner mitbeeinflusst durch Überlegungen, die aus anderen Richtungen und unter anderen Gesichtspunkten (z. B. HSV und europäische Einigungsbestrebungen) auf sie einwirken.

Summary

Based on recent progress in magnetic levitation technologies and on forecasts of limits to long-distance goods-and passenger-transportation capacities in the 1990's, Battelle Institut e.V., Frankfurt/M., and Dorsch Consult Ingenieurgesellschaft mbH, Munich, under contract from the Federal Ministry of Research and Technology assessed the expected impacts of a magnetically levitated high-speed ground transportation system connecting major centres of population in Germany. The project lasted from October 1974 through July 1976 and consisted of four phases:

- the development of a train configuration for the system based on available or foreseeable technologies
- an assessment of the likely demand for the system in the 1990's
- the determination of its probable ecological, regional, economic and social impacts
- the evaluation of these impacts with respect to a list of social concerns by 14 interest groups.

The result of the study consisted of a number of partial judgements as to the overall utility of the system by these interest groups. In particular, it was shown that detrimental effects of the system under ecological and regional aspects would occur simultaneously with beneficial consequences for the general economy and certain social areas.

Résumé

Sur la base des récents progrès dans la technique des suspensions magnétiques d'une part, et sur l'appui de pronostics concernant la capacité des moyens de transport pour longue distance (voyagers et marchandises) pour les années 1990, l'institut Battelle de Francfort a réalisé une étude en coopération avec la Dorsch Consult Ingenieurgesellschaft mbH de Munich. Cette étude analyse les conséquences d'un système de transport magnétique reliant des grandes villes en République Fédérale d'Allemagne. La recherche qui fut patronnée par le Ministère pour la Recherche et la Technologie débuta en octobre 1974 et se termina en juillet 1976. Elle comprenait 4 phases:

- le développement d'un modèle de train pour ce système en tenant compte de la technique présente et future
- l'estimation de la demande pour ce système dans les années 1990
- la détermination des conséquences probables sur l'écologie, les régions concernées, l'économie et les aspects sociaux
- l'évaluation de ces conséquences à l'aide d'une liste de problèmes sociaux provenant de 14 groupes concernés.

L'étude fournit un nombre de jugements partiels sur l'utilité générale du système pour les groupes intéressés. Elle démontre également la simultanéité des conséquences négatives (quant à l'écologie et les aspects régionaux) et positives (quant à l'économie et certains aspects sociaux).

Disaggregierte verhaltensorientierte Verkehrsmodelle — Theorie und praktische Anwendung —

VON DR. HEINZ HAUTZINGER, BASEL

I. Einleitung

Wie kaum einer anderen Entwicklung im Bereich der Verkehrsforschung wird in neuerer Zeit den sogenannten disaggregierten verhaltensorientierten Modellen der Verkehrsnachfrage zunehmende Aufmerksamkeit geschenkt. Die Fachliteratur verzeichnet bereits eine beachtliche Anzahl theoretisch wie auch praktisch orientierter Publikationen, die jedoch fast ausnahmslos anglo-amerikanischen Ursprungs sind. Deutschsprachige Beiträge zu diesem Problemkreis liegen bisher nur ganz vereinzelt vor¹⁾, insbesondere fehlt hierzulande noch weitgehend die praktische Erfahrung mit Modellansätzen dieser Art.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher zunächst einmal, mit den grundlegenden Prinzipien und wichtigsten Aspekten dieser Klasse von Modellen vertraut zu machen. Bei einer solchen Zielsetzung können zwangsläufig auch wichtige Detailprobleme nur kurz angesprochen werden. Der interessierte Leser findet jedoch an den entsprechenden Stellen Hinweise auf weiterführende Literatur.

Verkehrsprognosemodelle dienen in erster Linie dazu, die Entscheidungsfindung im Verkehrsplanungsprozeß durch die Abschätzung der voraussichtlichen Konsequenzen alternativer Maßnahmen auf den verschiedensten Planungsebenen zu unterstützen. Dies kann in befriedigender Form jedoch nur dann gelingen, wenn das verwendete Modell die Reaktionen der von den Planungsmaßnahmen betroffenen Personen hinreichend genau wiedergibt. Daraus leitet sich direkt die Forderung ab, daß Verkehrsmodelle verhaltensorientiert sein sollten in dem Sinne, daß sie das Verhalten der jeweils relevanten Entscheidungseinheiten (Haushalte bzw. Personen) in bestimmten Wahlsituationen möglichst realistisch abbilden. Grundlage eines solchen Modells muß dann aber notwendigerweise die Analyse des individuellen Wahlverhaltens sein und nicht die Betrachtung aggregierter Charakteristika des kollektiven Verkehrsverhaltens. So wird z. B. in einem verhaltensorientierten Modell der Verkehrsmittelwahl die individuelle Entscheidung für eine bestimmte Alternative in Bezug gesetzt zu den sozioökonomischen Merkmalen (Berufstätigkeit, Pkw-Verfügbarkeit usw.) sowie den Merkmalen aller Verkehrsmittelalternativen (Fahrzeit, Fahrtkosten usw.) der betreffenden Person. Dies steht natürlich im Gegensatz

Anschrift des Verfassers:

Dr. Heinz Hautzinger, PROGNOS, Abt. Stadtentwicklung und Regionalplanung,
CH-4011 Basel, Schweiz.

1) *Hautzinger, H.*, Routenwahl in Verkehrsnetzen, in: *Datbe, H. N.* u. a. (Hrsg.), *Proceedings in Operations Research*, Band 6, Würzburg 1976, S. 585–593; *Kutter, E.*, Überlegungen zur Verwendung „aggregierter“ und „disaggregierter“ Methoden in der Verkehrsplanung, *Internationales Verkehrswesen*, Heft 2, 1977, S. 89–96; *Weber, H.-P.*, Zur Frage der Verbesserung der Treffsicherheit von Verkehrsprognosen durch verhaltensorientierte Modelle, *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*, Heft 3, 1977, S. 125–134.

zu den konventionellen Modal-Split-Modellen, bei welchen üblicherweise die Aufteilung der interzonalen Verkehrsströme auf die verschiedenen Verkehrsmittel in Abhängigkeit von aggregierten Einflußgrößen wie etwa den mittleren Fahrtkosten und durchschnittlichen Reisezeiten mit den verschiedenen Systemen vorgenommen wird.

Solche verhaltensorientierte Individualmodelle der Verkehrsnachfrage bedürfen zu ihrer Schätzung (Kalibrierung) entsprechend disaggregierter Daten, die im Rahmen von Stichprobenerhebungen zum Verkehrsverhalten gewonnen werden können. Für jedes Individuum in der Stichprobe sind dabei neben den sozioökonomischen Eigenschaften nicht nur die in der konkreten Situation tatsächlich gewählte Alternative und deren Merkmale, sondern auch die nicht gewählten Möglichkeiten und ihre Charakteristika zu ermitteln.

Damit die Ergebnisse von Prognoserechnungen sinnvoll in den Verkehrsplanungsprozeß einfließen können, müssen sie ein Aggregationsniveau aufweisen, welches dem Detaillierungsgrad der verschiedenen Planungsalternativen angepaßt ist. Da verhaltensorientierte Verkehrsmodelle auf der Ebene von individuellen Entscheidungseinheiten formuliert und statistisch geschätzt werden, bedarf es daher geeigneter Aggregationsverfahren, um die Ergebnisse der Mikromodelle in planerisch verwertbare Makrorelationen zu transformieren.

In Kurzform lassen sich disaggregierte verhaltensorientierte Verkehrsmodelle wie folgt charakterisieren²⁾:

- (i) Individuen als Entscheidungseinheiten: Verkehrsnachfrage resultiert direkt aus individuellen Wahlentscheidungen.
- (ii) Explizite Verhaltenshypothesen: Modelle basieren auf expliziten Annahmen über das individuelle Wahlverhalten.
- (iii) Explizite Berücksichtigung des mehrdimensionalen Charakters von Verkehrsnachfrageentscheidungen: Modelle basieren auf einer zumindest in Ansätzen entwickelten Theorie des Wahlverhaltens, welche alle relevanten Entscheidungen (Wahl des Arbeits- und Wohnortes, Pkw-Anschaffung, Verkehrsmittelwahl für Arbeits- und Schulfahrten sowie Entscheidungen über Häufigkeit, Ziel, Verkehrsmittel, Tageszeit und Fahrtroute für Gelegenheitsfahrten wie Einkaufs- und Freizeitfahrten) umfaßt.
- (iv) Valide statistische Schätzverfahren: Modelle werden mit Hilfe hochentwickelter statistischer Verfahren unter Verwendung von Individualdaten geschätzt, wodurch die volle Ausschöpfung des Informationsgehalts der Stichprobe sichergestellt wird.
- (v) Praktikabilität: Die verschiedenen Teilmodelle sind integrierbar in ein umfassendes Prognosesystem mit vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten.

Die Beschäftigung mit disaggregierten verhaltensorientierten Verkehrsmodellen geht zurück bis anfangs der sechziger Jahre, wobei zunächst durchweg das Problem der Ver-

2) Ben-Akiva, M. E., Lerman, S. R. und Manheim, M. L., Disaggregate models: an overview of some recent research results and practical applications, Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft, Sonderband zum DVWG-Workshop „Policy-Sensitive Models“, erscheint demnächst.

kehrsmittelwahl für Arbeitsfahrten im Vordergrund stand³⁾. Seit Beginn der siebziger Jahre werden verhaltensorientierte Modelle zunehmend auch auf andere Aspekte der Verkehrsnachfrage wie z. B. tägliche Fahrtenhäufigkeit und Zielwahl angewandt⁴⁾. Seit-her wächst die Zahl der Arbeiten zu diesem Problembereich zunehmend⁵⁾.

Der nachfolgende Abschnitt 2 beinhaltet eine Darstellung des verhaltensorientierten Grundmodells der Verkehrsnachfrage. Abschnitt 3 beschäftigt sich mit der Spezifikation des Modells. Das n-dimensionale logistische Modell als wichtigster Modelltyp steht im Mittelpunkt der Ausführungen des vierten Abschnitts. Der fünfte Abschnitt ist den Problemen im Zusammenhang mit der Anwendung disaggregierter verhaltensorientierter

3) Warner, S. L., Stochastic choice of mode in urban travel: a study in binary choice, Northwestern University Press, Evanston, Illinois, 1962; Lisco, T. E., The value of commuter's travel time: A study in urban transportation, Dissertation, Department of Economics, University of Chicago, 1967; Lave, C. A., A behavioral approach to modal split forecasting, Transportation Research, Vol. 3, 1969, S. 463-480; Stopher, P. R., A probability model of travel mode choice for the work journey, Highway Research Record No. 283, 1969, S. 57-65; McGilivray, R. G., Demand and choice models of modal split, Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 4, 1970, S. 192-207; Stopher, P. R. and Lisco, T. E., Modelling travel demand: a disaggregate behavioral approach, issues and applications, Transportation Research Forum Proceedings, 1970; de Donnea, F.-X., The determinants of transport mode choice in Dutch cities, Universitaire Pers Rotterdam, 1971; Reichman, S. and Stopher, P. R., Disaggregate stochastic models of travel mode choice, Highway Research Record No. 389, 1971, S. 91-103; Demetsky, M. J. and Hoel, L. A., Modal demand: a user perception model, Transportation Research, Vol. 6, No. 4, 1972, S. 293-308; McGilivray, R. G., Mode split and the value of travel time, Transportation Research, Vol. 6, No. 4, 1972, S. 309-316; Stopher, P. R. and Lavender, J. O., Disaggregate, behavioral travel demand models: empirical tests of three hypotheses, Transportation Research Forum Proceedings, 1972, S. 321-336.

4) Eine der ersten größeren Studien hierzu war die Arbeit von Charles River Associates, A disaggregate behavioral model of urban travel demand, Federal Highway Administration, US Department of Transportation, Washington D.C., 1972.

5) Mit Fragen der geeigneten Modellstruktur beschäftigte sich Ben-Akiva, M. E., Structure of passenger travel demand models, PhD thesis, Department of Civil Engineering, MIT, Cambridge, Mass., 1973. Das Aggregationsproblem behandeln die Beiträge von Koppelman, F. S., Travel prediction with models of individual choice behavior, MIT, Center for Transportation Studies, CTS Report No 75-7, Cambridge, Mass., 1975 und Westin, R. B., Predictions from binary choice models, Journal of Econometrics, Vol. 2, 1974, S. 1-16. In der Arbeit von Watson, P. L. and Westin, R. B., Transferability of disaggregate mode choice models, Regional Science and Urban Economics, Vol. 5, No. 2, 1975, S. 227-249, werden die Ergebnisse von Verkehrsprognosen mit disaggregierten und herkömmlichen (aggregierten) Modellen miteinander verglichen. Die Monographien von Watson, P. L., The value of time; behavioral models of modal choice, Lexington Books, D. C. Heath and Company, Lexington, Mass., 1974, und Richards, M. G., and Ben-Akiva, M. E., A disaggregate travel demand model, Saxon House, D. C. Heath Ltd., Westmead, Farnborough, Hants., England, 1975, enthalten Resultate größerer empirischer Untersuchungen. Die bisher wohl umfassendste Arbeit stammt von Domencich, T. A. and McFadden, D., Urban travel demand - a behavioral analysis, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1975. Weitere Anwendungen verhaltensorientierter Modelle findet man bei Ben-Akiva, M. E. and Lerman, S. R., Some estimation results of a simultaneous model of auto ownership and mode choice to work, Transportation, Vol. 3, 1974, S. 357-376; Desfor, G., Binary station choice models for a rail rapid transit line, Transportation Research, Vol. 9, 1975, S. 31-41; Liou, P. S. and Talvitie, A. P., Disaggregate access mode and station selection models for rail trips, Paper presented at the 53 annual meeting of the Highway Research Board, Washington, D.C., 1974. Besondere Beachtung verdient die Arbeit von McFadden, D., Conditional logit analysis of qualitative choice behavior, in: Zarembka, P. (Ed.): Frontiers in Econometrics, Academic Press, New York, 1974, welche sich mit den nutzen- und wahrscheinlichkeitstheoretischen Grundlagen und der statistischen Schätzung verhaltensorientierter Nachfragemodelle auseinandersetzt. Eine recht umfangreiche Bibliographie enthält das Buch von Stopher, P. R. and Meyburg, A. H., Urban transportation modeling and planning, Lexington Books, D.C. Heath and Company, Lexington, Mass., 1975.

Verkehrsmodelle gewidmet. In Abschnitt 6 werden schließlich einige Anwendungsbeispiele vorgestellt, anhand derer sich zugleich die Vorzüge disaggregierter Modelle gegenüber den herkömmlichen Verkehrsmodellen aufzeigen lassen.

II. Verhaltensorientiertes Grundmodell der Verkehrsnachfrage

In einer Wahlsituation des zuvor beschriebenen Typs möge sich ein beliebiges Individuum aus einer Gesamtheit von Personen einer endlichen Menge \mathcal{A} von Alternativen, welche mit $1, 2, \dots, n$ durchnummeriert seien, gegenübergestellt sehen. Der Einfachheit halber wird im folgenden $\mathcal{A} = \{1, 2, \dots, n\}$ gesetzt. Es sei $s = (s_1, \dots, s_q)$ ein Vektor von sozioökonomischen Charakteristika der betreffenden Person. Ferner sei jeder Alternative $j \in \mathcal{A}$ ein Vektor $x_j = (x_{1j}, \dots, x_{pj})$ von Eigenschaften dieser Alternative zugeordnet⁶). Nun wird angenommen, daß die betrachtete Person eine Nutzenfunktion besitzt, welche den Grad der Vorteilhaftigkeit jeder Alternative zum Ausdruck bringt. Der Nutzen der j -ten Alternative sei abhängig von x_j und natürlich auch von s . Daneben möge er aber noch von weiteren Eigenschaften der Alternative und des Individuums abhängen, die jedoch einer Beobachtung bzw. Messung nicht zugänglich sind. Von der betrachteten Person wird angenommen, daß sie sich für die Alternative mit dem größten Nutzen entscheidet.

Wenn man nun eine Person aus der Gesamtheit zufällig auswählt, so kann man unter der Bedingung, daß \mathcal{A} die Alternativenmenge und s der Vektor der sozioökonomischen Merkmale der ausgewählten Person ist, den Nutzen, welche diese Person der Alternative $j \in \mathcal{A}$ beimißt, als eine Zufallsvariable auffassen, deren Realisation von den speziellen Ausprägungen der nicht meßbaren Alternativen- und Personeneigenschaften abhängt. Bezeichnet man diesen (zufälligen) Nutzen mit $U_j = U(x_j, s)$, so kann man

$$(2.1) \quad \{U_j > U_k; \forall k = 1, \dots, n; k \neq j\}$$

als das Ereignis „die zufällig ausgewählte Person entscheidet sich für die Alternative $j \in \mathcal{A}$, vorausgesetzt, \mathcal{A} ist die Alternativenmenge und s der Vektor der sozioökonomischen Merkmale dieser Person“ interpretieren. Mithin ist

$$(2.2) \quad p_j = P \{U_j > U_k; \forall k = 1, \dots, n; k \neq j\} \\ = \int_{-\infty}^{\infty} P \{U_j = t, U_k < t; \forall k = 1, \dots, n; k \neq j\} dt$$

die bedingte Wahrscheinlichkeit, mit der sich eine zufällig ausgewählte Person für die Alternative $j \in \mathcal{A}$ entscheidet, falls diese Person die Alternativenmenge \mathcal{A} besitzt, und ihre sozioökonomischen Merkmale durch den Vektor s gegeben sind.

Ohne Beschränkung der Allgemeinheit läßt sich die stochastische Nutzenfunktion $U(x, s)$ darstellen als

⁶) Vektoren und Matrizen werden im folgenden stets mit fettgedruckten Klein- bzw. Großbuchstaben bezeichnet.

$$(2.3) \quad U(x, s) = u(x, s) + \epsilon(x, s)$$

wobei $u(x, s)$ eine nichtstochastische Funktion und $\epsilon(x, s)$ eine Zufallsvariable ist. Man kann (2.3) dahingehend interpretieren, daß u den Nutzen ausdrückt, den die Gesamtheit aller Personen mit Alternativenmenge \mathcal{A} und Merkmalsvektor s der durch x gekennzeichneten Alternative „im Durchschnitt“ beimißt, während ϵ den von individuellen Besonderheiten und nicht beobachtbaren Eigenschaften ausgehenden Einfluß erfaßt. Definiert man $u_j = u(x_j, s)$ und $\epsilon_j = \epsilon(x_j, s)$, so kann man für die bedingte Auswahlwahrscheinlichkeit p_j schreiben

$$(2.4) \quad p_j = P \{\epsilon_j + u_j > \epsilon_k + u_k; \forall k = 1, \dots, n; k \neq j\} \\ = \int_{-\infty}^{\infty} P \{\epsilon_j = t, \epsilon_k < t + u_j - u_k; \forall k = 1, \dots, n; k \neq j\} dt$$

Bezeichnet man die gemeinsame Verteilungsfunktion von $\epsilon_1, \dots, \epsilon_n$ mit $F(v_1, \dots, v_n)$ und mit F_j die Ableitung von F nach v_j ($j=1, \dots, n$), so erhält man für (2.4) den Ausdruck

$$(2.5) \quad p_j = \int_{-\infty}^{\infty} F_j(t + u_j - u_1, \dots, t + u_j - u_n) dt \quad (j = 1, \dots, n)$$

Ohne zusätzliche Annahmen über die Verteilungsfunktion F läßt sich diese Darstellung von p_j nicht weiter vereinfachen. Entscheidet man sich aber für einen bestimmten Verteilungstyp und spezifiziert man die Parameter der Verteilung sowie die nichtstochastische Nutzenkomponente u_j , so kann man den Wert des Integrals auf der rechten Seite von (2.5) bestimmen und die Auswahlwahrscheinlichkeit p_j für alle $j=1, \dots, n$ numerisch angeben.

Die Gesamtheit, aus welcher die Person ausgewählt wurde, möge aus T Teilgesamtheiten (Gruppen) jeweils vom Umfang N_t ($t=1, \dots, T$) bestehen, die dadurch gekennzeichnet seien, daß die zur Gruppe t gehörenden Personen alle denselben Vektor s_t von sozioökonomischen Merkmalen und dieselbe Menge \mathcal{A}_t von Alternativen besitzen. Es sei $N = \sum N_t$ die Gesamtzahl aller Personen und $n_t = |\mathcal{A}_t|$ die Anzahl der Alternativen der t -ten Gruppe von Personen. Die Menge aller in der Gesamtheit vorhandenen Alternativen wird mit $\mathcal{A} = \cup \mathcal{A}_t$ bezeichnet und es wird $\mathcal{A}^* = \cap \mathcal{A}_t$ für die Menge der allen T Personengruppen gemeinsamen Alternativen geschrieben. Ferner wird $n = |\mathcal{A}|$ und $n^* = |\mathcal{A}^*|$ definiert.

In diesem Zusammenhang können drei Fälle unterschieden werden:

- (i) Alle Gruppen haben dieselbe Alternativenmenge, d. h. $\mathcal{A} = \mathcal{A}^*$.
- (ii) Es gibt keine Alternative aus \mathcal{A} , welche zwei oder mehr Gruppen gemeinsam ist, d. h. $\mathcal{A}^* = \emptyset$.
- (iii) Es gibt Alternativen, welche allen T Personengruppen zur Verfügung stehen und solche, für die dies nicht zutrifft, d. h. $\mathcal{A}^* \subset \mathcal{A}$ ($\mathcal{A}^* \neq \emptyset$).

Jede Alternative $j \in \mathcal{A}^*$ wird als gemeinsame Alternative bezeichnet, während alle Alternativen $k \in \mathcal{A} \setminus \mathcal{A}^*$ gruppenspezifisch genannt werden. Diese Unterscheidung ist für die spätere Spezifikation der erklärenden Variablen des Modells von Bedeutung. Im folgenden wird stets angenommen, daß die n^* gemeinsamen Alternativen mit den Ordnungsnum-

mern $1, 2, \dots, n^*$ versehen sind, während die übrigen $n - n^*$ Alternativen aus \mathcal{A} die Nummern $n^* + 1, \dots, n$ tragen.

Für jede der T Gruppen möge jeweils ein n_t -dimensionaler Vektor p_t von Auswahlwahrscheinlichkeiten vorliegen. Dann ist

$$(2.6) \quad M_{tj} = N_t p_{tj} \quad (j \in \mathcal{A}_t; t = 1, \dots, T)$$

die erwartete Anzahl von Personen der Gruppe t , welche sich für die Alternative $j \in \mathcal{A}_t$ entscheiden. Setzt man $p_{tj} = 0$, falls $j \notin \mathcal{A}_t$, so ist schließlich

$$(2.7) \quad M_j = \sum_{t=1}^T M_{tj} = \sum_{t=1}^T N_t p_{tj} \quad (j = 1, \dots, n)$$

die erwartete Gesamtzahl von Personen, welche die Alternative $j \in \mathcal{A}$ wählen. Abkürzend wird M_j auch als Nachfrage nach der j -ten Alternative bezeichnet. In diesem Sinne ist also (2.5) in Verbindung mit (2.6) und (2.7) ein allgemeines verhaltensorientiertes Modell der Verkehrsnachfrage.

III. Modellspezifikation

3.1 Vorbemerkungen

Damit das eben skizzierte allgemeine Nachfragemodell zur Beschreibung und Prognose empirischer Phänomene herangezogen werden kann, müssen die einzelnen Modellelemente und ihre Beziehungen untereinander in problemadäquater Weise spezifiziert werden. Dazu gehört im konkreten Fall zunächst die Abgrenzung der gruppenspezifischen Alternativmengen und die Auswahl geeigneter Variabler zur Charakterisierung der Alternativen bzw. Personen. Weiterhin ist es erforderlich, die funktionale Form des nichtstochastischen Teils der Nutzenfunktion (2.3) zu spezifizieren. Von besonderer Wichtigkeit ist schließlich eine Annahme über die Verteilungsfunktion F des Zufallsvektors ϵ . Im Rahmen dieser Arbeit werden ausschließlich solche Modellspezifikationen behandelt, für welche die Auswahlwahrscheinlichkeiten (2.5) durch elementare Funktionen darstellbar sind und für die außerdem brauchbare statistische Methoden zur Parameterschätzung zur Verfügung stehen.

3.2 Alternativenmenge

In einer bestimmten Entscheidungssituation wie etwa bei der Verkehrsmittelwahl ist die Menge der alternativen Handlungsmöglichkeiten im allgemeinen von Person zu Person verschieden. So steht z. B. den berufstätigen Mitgliedern eines nichtmotorisierten Haushalts für die tägliche Fahrt zur Arbeit die Alternative „Auto“ nicht zur Verfügung. Die einer Person aber tatsächlich verfügbaren Alternativen müssen alle in der entsprechenden Menge \mathcal{A}_t enthalten sein, d. h. \mathcal{A}_t muß in diesem Sinne erschöpfend sein. Damit jede Person immer nur genau eine Alternative wählen kann, müssen die einzelnen Alternativen einander paarweise ausschließen. Dies läßt sich häufig durch einen hinreichend klein gewählten Beobachtungszeitraum erreichen.

Natürlich kann eine Alternative auch mehrere Stufen des gesamten individuellen Entscheidungsprozesses umfassen. Ist z. B. \mathcal{A}_{t1} die Menge der möglichen Ziele für Einkaufsfahrten und \mathcal{A}_{t2} die Menge der dabei in Frage kommenden Verkehrsmittel, so ist $\mathcal{A}_t \subseteq \{(j, k) : j \in \mathcal{A}_{t1}, k \in \mathcal{A}_{t2}\}$ wobei das Gleichheitszeichen nur für den Fall gilt, daß jedes Einkaufsziel mit jedem Verkehrsmittel erreichbar ist. Schließlich sei noch erwähnt, daß in vielen Fällen auch die Alternative „keine Fahrt“ in der Menge \mathcal{A}_t enthalten sein muß.

3.3 Erklärende Variable

Wie zuvor wird nun wieder eine Gesamtheit von N Personen betrachtet, welche sich in T homogene Gruppen gliedert. Es seien wieder x_1, \dots, x_p bzw. s_1, \dots, s_q die Variablen, welche die Alternativen bzw. die Personen charakterisieren. Für jede der T Gruppen hat man somit eine $(p \times n_t)$ -Matrix

$$(3.1) \quad X_t = (x_{tj}^g) \quad (t = 1, \dots, T)$$

deren Elemente die Ausprägung der Variablen x_g ($g=1, \dots, p$) bei den Alternativen $j \in \mathcal{A}_t$ der Gruppe t bezeichnen. Ferner hat man einen Vektor

$$(3.2) \quad s_t = (s_t^1, \dots, s_t^q) \quad (t = 1, \dots, T)$$

der sozioökonomischen Eigenschaften. Handelt es sich bei den Alternativen etwa um mögliche Ziele von Einkaufsfahrten, so kommen als x -Variable z. B. Fahrzeit, Zahl der Parkplätze am Zielort u. ä. in Betracht. Typische sozioökonomische Variable sind Alter, Geschlecht, Anzahl Pkw im Haushalt usw.

In manchen Fällen kann es zweckmäßig sein, zur Charakterisierung der Alternativen einer Person neben den ursprünglichen Variablen x_g auch sogenannte abgeleitete Variable $y_k = y_k(x, s)$ zu verwenden. Beispiele für solche Variable sind Kennzahlen wie „Anzahl Pkw pro Führerscheininhaber im Haushalt“ oder „Fahrkosten bezogen auf den Stundenlohn“. Abgeleitete Variable können aber auch durch kompliziertere Operationen (z. B. Logarithmierung) aus ursprünglichen Variablen gebildet werden.

Der Einfachheit halber werden im folgenden alle Variablen, welche die Alternativen einer Person oder die Person selbst kennzeichnen, mit y_k ($k=1, \dots, m$) bezeichnet, unabhängig davon, ob es sich um ursprüngliche oder abgeleitete Variable handelt. Gemäß dieser Vereinbarung kann man die gesamte in X_t und s_t enthaltene Information über die Personengruppe t in einer Matrix

$$(3.3) \quad Y_t = (y_{tj}^k) \quad (t = 1, \dots, T)$$

zusammenfassen, wobei y_{kj}^t den an der Alternative $j \in \mathcal{A}_t$ festgestellten Wert der Variablen y_k ($k=1, \dots, m$) bezeichnet. Ist y_k eine ursprüngliche sozioökonomische Variable (z. B. Einkommen), so sind natürlich alle Elemente der k -ten Zeile von Y_t identisch. Eine solche Variablenspezifikation ist, wie später noch im einzelnen dargelegt wird, im Falle des besonders wichtigen logistischen Modells (Abschnitt 4) nicht zulässig.

Neben ursprünglichen und abgeleiteten Variablen können zwei weitere Typen von Variablen unterschieden werden. So nennt man y_k eine allgemeine Variable, wenn der Wert von y_k für jede Alternative $j \in \mathcal{A}$ sinnvoll angegeben werden kann. Sind die Alternativen etwa mögliche Ziele wohnungsbezogener Freizeitfahrten, so wäre z. B. die Fahrzeit zum Freizeitort eine solche allgemeine Variable; falls „keine Fahrt“ ebenfalls zur Alternativenmenge einer oder mehrerer Personengruppen gehört, wird der Wert der Variablen „Fahrzeit“ für diese Alternative gleich Null gesetzt.

Im Gegensatz dazu ist eine alternativenspezifische Variable dadurch gekennzeichnet, daß sie nur für eine einzige Alternative $j \in \mathcal{A}$ einen spezifischen Wert annimmt, für alle anderen Alternativen dagegen gleich Null ist. Ein Beispiel für eine alternativenspezifische Variable wäre im Fall der Verkehrsmittelwahl z. B. die Variable „Fahrzeit mit Auto“ oder eine Variable, welche für die Alternative Bus den Wert Eins und für alle übrigen Alternativen den Wert Null hat.

Selbstverständlich können unabhängig von der Beschaffenheit der gruppenspezifischen Alternativenmengen \mathcal{A}_t stets allgemeine Variable verwendet werden. Dagegen ist es aber nur für solche Alternativen j , welche allen Gruppen gemeinsam sind, d. h. $j \in \mathcal{A}^*$, sinnvoll, alternativenspezifische Variable einzuführen. Ist nämlich $j \notin \mathcal{A}^*$, so gibt es wenigstens eine Gruppe, deren Alternativenmenge j nicht enthält. Wäre dann y_k eine j -spezifische Variable, so enthielte die entsprechende Matrix \mathbf{Y}_t (bzw. die entsprechenden Matrizen \mathbf{Y}_t) in der k -ten Zeile lauter Nullen. Wenn der Fall $\mathcal{A}^* = \emptyset$ vorliegt, d. h. die gruppenspezifischen Alternativenmengen paarweise disjunkt sind, können also keine alternativenspezifischen sondern ausschließlich allgemeine Variable Anwendung finden.

3.4 Funktionale Form der nichtstochastischen Nutzenkomponente

Gemäß (2.5) hängen die bedingten Auswahlwahrscheinlichkeiten p_1, \dots, p_n vom nichtstochastischen Teil $u = u(x, s)$ der Nutzenfunktion (2.3) ab. Entsprechend der Vereinbarungen des vorangegangenen Abschnitts 3.3 wird dafür kürzer $u = u(y)$ geschrieben, wobei $y = (y_1, \dots, y_m)$ und $y_k = y_k(x, s)$ für $k = 1, \dots, m$.

Die statistische Behandlung des Problems wird entscheidend vereinfacht, wenn man unterstellt, daß $u(y)$ eine lineare Funktion ist, d. h.

$$(3.4) \quad u = u(y) = \sum_{k=1}^m \alpha_k y_k$$

Während die Variablen y_k für jede Person und jede Alternative einen ganz bestimmten Wert y_{kj}^t besitzen, sind die Parameter $\alpha_1, \dots, \alpha_m$ unbekannt und müssen nach Spezifikation der Verteilungsfunktion F aus Stichprobendaten geschätzt werden. Der Nutzen der Alternative $j \in \mathcal{A}_t$ für eine Person aus der Gruppe t ist mithin durch

$$(3.4a) \quad u_{ij} = \sum_{k=1}^m \alpha_k y_{kj}^t \quad (j \in \mathcal{A}_t; t = 1, \dots, T)$$

gegeben. Die Parameter $\alpha_1, \dots, \alpha_m$ sind also von den Alternativen unabhängig und kön-

nen wegen der Linearitätshypothese (3.4) als die Gewichte der einzelnen Erklärungsvariablen im nichtstochastischen Teil der Nutzenfunktion interpretiert werden.

3.5 Wahrscheinlichkeitsverteilung der stochastischen Nutzenkomponente

Die endgültige Form des Modells ist erst nach Spezifizierung der gemeinsamen Verteilung der stochastischen Nutzenkomponenten $\epsilon_1, \dots, \epsilon_n$ festgelegt. Zunächst wird vereinfachend angenommen, daß $\epsilon_1, \dots, \epsilon_n$ (stetige) unabhängige Zufallsvariable sind, d. h.

$$(3.5) \quad F(v_1, \dots, v_n) = \prod_{j=1}^n G_j(v_j)$$

wobei

$$(3.6) \quad G_j(v) = P\{\epsilon_j < v\} \quad (j = 1, \dots, n)$$

Bezeichnet man mit $g_j(v)$ die zur Verteilungsfunktion $G_j(v)$ gehörende Dichtefunktion, so erhält man damit für die Auswahlwahrscheinlichkeiten p_j die einfachere Darstellung

$$(3.7) \quad p_j = \int_{-\infty}^{\infty} [g_j(t) \prod_{k \neq j} G_k(t + u_j - u_k)] dt \quad (j = 1, \dots, n)$$

Eine weitere Vereinfachung resultiert aus der Annahme, daß die stochastischen Nutzenkomponenten $\epsilon_j = \epsilon(x_j, s)$ von x_j und s unabhängig sind. Insbesondere sind dann auch die Parameter und die Momente der Verteilungsfunktionen $G_j(v)$ von x_j und s unabhängig.

Natürlich sind diese Annahmen ziemlich restriktiv, bedeutet dies doch z. B., daß systematische Präferenzschwankungen, die auf nicht beobachtbare sozioökonomische Charakteristika zurückgehen, die ihrerseits aber mit beobachtbaren Merkmalen korreliert sind, unberücksichtigt bleiben. Ebenfalls unberücksichtigt bleibt damit auch die Möglichkeit, daß die sozioökonomischen Teilgruppen unterschiedlich verhaltenshomogen sein können. Schließlich wird so auch ausgeschlossen, daß zwei Zufallsvariable $\epsilon(x_j, s)$, $\epsilon(x_k, s)$ aufgrund von Ähnlichkeiten einzelner Komponenten von x_j und x_k miteinander korreliert sind⁷⁾.

Unter den in Frage kommenden Verteilungstypen zeichnet sich die sogenannte *Weibull-Verteilung*

$$(3.8) \quad G(v) = \exp\{-\exp(-v)\} \quad (-\infty < v < +\infty)$$

dadurch aus, daß bei ihrer Verwendung die rechte Seite von (3.7) durch elementare Funktionen darstellbar ist. Setzt man nämlich (3.8) in (3.7) ein und beachtet man, daß $g(v) = \exp(-v)G(v)$, so erhält man nach einigen Umformungen

$$(3.9) \quad p_j = \exp(u_j) \left/ \sum_{k=1}^n \exp(u_k) \right. \quad (j = 1, \dots, n)$$

7) Vgl. Domencich, T. A. und McFadden, D., Urban Travel Demand . . . , a.a.O.

$$(3.9 a) \quad p_j = 1 / \sum_{k=1}^n \exp(u_k - u_j) \quad (j = 1, \dots, n)$$

Wie man sieht, gilt

$$(3.10) \quad 0 \leq p_j \leq 1 \quad \text{und} \quad \sum_{j=1}^n p_j = 1$$

d. h. man kann $\mathbf{p} = (p_1, \dots, p_n)$ als eine diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung über der Menge der Alternativen auffassen.

Das Wahrscheinlichkeitsmodell (3.9) bzw. (3.9 a) wird bedingtes logistisches Modell genannt und stellt den bisher einzigen praktisch erprobten mehrdimensionalen Ansatz dieser Art im Bereich der Verkehrsforschung dar. Bei Verwendung anderer Verteilungstypen als der Weibull-Verteilung (z. B. Normalverteilung oder Cauchy-Verteilung) gelingt es nicht, das Integral (3.7) so zu vereinfachen, daß die Auswahlwahrscheinlichkeiten ohne spezielle numerische Integrationsmethoden berechenbar sind⁸⁾.

IV. Das bedingte logistische Modell

4.1 Einige nutzentheoretische Aspekte

Definiert man $w_j = \exp(u_j)$, so kann man Gleichung (3.9) wie folgt darstellen:

$$(4.1) \quad p_j = w_j / \sum_{k=1}^n w_k \quad (j = 1, \dots, n)$$

Damit wird deutlich, daß es sich beim logistischen Modell um ein sogenanntes „strenges“ Nutzenmodell handelt⁹⁾.

Die Problematik dieses Modells ist in der Literatur bereits recht ausführlich diskutiert worden¹⁰⁾.

Eine der Schwächen des strengen Nutzenmodells sei an folgendem Beispiel kurz aufgezeigt.

Für die Autofahrt von einem Stadtteil zu einem anderen mögen drei alternative Routen r_1, r_2, r_3 zur Verfügung stehen, wobei r_2 und r_3 über weite Strecken identisch seien und sich auch in den nicht gemeinsamen Abschnitten nur unwesentlich (hinsichtlich der relevanten Eigenschaften) unterscheiden mögen. Die Route r_1 dagegen sei in vieler Hinsicht günstiger als r_2 und r_3 , für den Nutzen der drei Alternativen gelte also $u_1 > u_2 = u_3$. Wenn nun beispielsweise $u_1 = 1,1$ und $u_2 = u_3 = 0,7$, so folgt daraus $w_1 = 3,0$ und $w_2 = w_3 = 2,0$. Für die Auswahlwahrscheinlichkeiten ergeben sich gemäß (4.1) also die Werte

$$p_1 = 3/7 = 0,43 \quad p_2 = p_3 = 2/7 = 0,29$$

8) Eine Diskussion von Modellen dieser Art (z. B. Probit-Modell, arctan-Modell) findet man bei Domencich, T. A. und McFadden, D., Urban Travel Demand . . . , a. a. O.

9) Vgl. Block, H. D. und Marschak, J., Random orderings and stochastic theories of responses, in: Olkin, I. u. a. (Hrsg.), Contributions to probability and statistics, Stanford, 1960.

10) Luce, R. D. und Suppes, P., Preference, utility, and subjective probability, in: Luce, R. D. u. a. (Hrsg.), Handbook of mathematical psychology, New York, 1965.

Dieses Ergebnis steht aber im Widerspruch zu der allgemeinen Erfahrung, wonach in einem solchen Fall die Routen r_2 und r_3 zunächst als eine einzige Alternative angesehen werden und man sich zwischen ihnen überhaupt nur dann entscheidet, wenn man zuvor Route r_1 nicht gewählt hat. Die Auswahlwahrscheinlichkeit für r_1 wäre in diesem Fall aber

$$p_1^* = w_1^* / (w_1^* + w_2^*) = 3/5 = 0,60$$

Damit wird deutlich, daß die Anwendung des logistischen Modells immer dann problematisch ist, wenn die Alternativen nicht wirklich voneinander unabhängig sind.

Für das Verhältnis der Auswahlwahrscheinlichkeiten zweier Alternativen $j, k \in \mathcal{A}$ gilt

$$(4.2) \quad q_{jk} = p_j / p_k = \exp(u_j - u_k)$$

d. h. der Wert des Quotienten q_{jk} hängt nur vom Nutzen der beiden Alternativen j und k ab. Das logistische Modell erfüllt also das sogenannte Axiom der Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen¹¹⁾. Wie man leicht nachprüft, ändern sich die Quotienten q_{jk} nicht, wenn man zusätzlich zu den Alternativen $1, 2, \dots, n$ eine weitere Alternative $n+1$ einführt.

4.2 Elastizitätseigenschaften

Zur Untersuchung der voraussichtlichen Auswirkungen sich ändernder Rahmenbedingungen auf die Verkehrsnachfrage ist es zweckmäßig, die Elastizitätseigenschaften des Nachfragemodells zu betrachten. Dazu bestimmt man zunächst für eine beliebige Teilgesamtheit von Personen gleichen sozioökonomischen Typs die Änderung der Nachfrage $M_{tj} = N_t p_{tj}$ aufgrund einer infinitesimalen Änderung des Wertes der Variablen y_k für $j \in \mathcal{A}_t$ bzw. für eine von j verschiedene Alternative. Wie man leicht nachrechnet, gilt

$$(4.3) \quad \frac{\partial M_{tj}}{\partial y_{kh}} = \begin{cases} \alpha_k p_{tj} (1 - p_{tj}) N_t & \text{für } h = j \\ -\alpha_k p_{tj} p_{th} N_t & \text{für } h \neq j \end{cases}$$

Damit erhält man als gruppenspezifische direkte Elastizität der Nachfrage nach der Alternative j bezüglich der erklärenden Variablen y_k den Ausdruck

$$(4.4) \quad \eta_{jk}^{jj} = \frac{\partial M_{tj}}{\partial y_{kj}} \frac{y_{kj}}{M_{tj}} = \alpha_k (1 - p_{tj}) y_{kj}$$

und als Kreuzelastizität

$$(4.5) \quad \eta_{ik}^{jh} = \frac{\partial M_{tj}}{\partial y_{kh}} \frac{y_{kh}}{M_{tj}} = -\alpha_k p_{th} y_{kh} \quad (h \neq j)$$

11) Luce, R. D., Individual choice behavior: a theoretical analysis, New York, 1959.

Das logistische Modell hat also die Eigenschaft, daß die relative Änderung der Gruppennachfrage M_{tj} aufgrund einer kleinen relativen Änderung des Wertes der Variablen y_k für eben die Alternative j proportional ist (i) zum ursprünglichen Variablenwert y_{kj}^t , (ii) zum Gewicht α_k der Variablen in der Nutzenfunktion und (iii) zum Anteil $1-p_{tj}$ derjenigen Personen in der Gruppe, welche sich bisher nicht für die Alternative j entschieden haben. Diese Eigenschaften erscheinen durchweg plausibel¹²⁾.

Hinsichtlich der Kreuzelastizität der Nachfrage nach der Alternative j bezüglich des Wertes der Variablen y_k für die Alternative h ($h \neq j$) kann man entsprechend feststellen, daß diese proportional ist (i) zum Gewicht α_k der Variablen, jedoch mit umgekehrtem Vorzeichen, (ii) zum „Marktanteil“ p_{th} der Alternative h und (iii) zum ursprünglichen Wert y_{kh}^t der Variablen y_k für die Alternative h . Obwohl auch diese Eigenschaften vernünftig erscheinen, machen sie doch eine gewisse Einschränkung des Modells deutlich. Indem nämlich die Kreuzelastizität der Nachfrage nach der Alternative j von j unabhängig ist, gilt

$$(4.6) \quad \eta_{ik}^{jh} = \eta_{ik}^{jh} \quad \text{für alle } j \neq h$$

d. h., das logistische Nachfragemodell läßt keine differenzierte Substitution zu. Diese Elastizitätseigenschaft hängt eng mit der Eigenschaft der Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen zusammen¹³⁾.

Mehr noch als die Elastizität der Gruppennachfrage M_{tj} interessiert die Elastizität der Gesamtnachfrage $M_j = \sum M_{tj}$. In jeder Teilgruppe t hängt die Nachfrage nach der gemeinsamen Alternative j (unter anderem) vom Wert y_{kj}^t der k -ten erklärenden Variablen ab. Symbolisch kann man dafür $M_{tj} = M_{tj}(y_{kj}^t)$ schreiben. Zur Bestimmung der direkten Elastizität der Gesamtnachfrage bezüglich der Variablen y_k wird nun angenommen, daß sich für alle $t=1, \dots, T$ die Variablenwerte y_{kj}^t um denselben Prozentsatz ändern. Unter diesen Voraussetzungen läßt sich zeigen, daß die direkte Elastizität der Gesamtnachfrage nach der Alternative j bezüglich der Variablen y_k gegeben ist durch

$$(4.7) \quad \eta_k^{jj} = \sum_{t=1}^T \eta_{ik}^{jj} g_{tj}$$

wobei

$$g_{tj} = M_{tj} / M_j \quad (t = 1, \dots, T)$$

d. h. die direkte Elastizität der Gesamtnachfrage ist gleich dem mit den gruppenspezifischen Nachfrageanteilen g_{tj} gewogenen arithmetischen Mittel der direkten Elastizitäten der Gruppennachfrage. Für die Kreuzelastizität der Gesamtnachfrage erhält man ganz analog

$$(4.8) \quad \eta_k^{jh} = \sum_{t=1}^T \eta_{ik}^{jh} g_{tj} \quad (h \neq j)$$

12) Vgl. Stopher, P. R. und Meyburg, A. H., Urban transportation modeling . . . , a.a.O.

13) Vgl. Richards, M. G. und Ben-Akiva, M., A disaggregate . . . , a.a.O.

Alle oben angegebene Elastizitätsformeln beziehen sich auf Variable mit alternativenspezifischen Werten. Für den Fall, daß eine sozioökonomische Variable, welche natürlich invariant über der Alternativenmenge ist, in Form von alternativenspezifischen Dummy-Variablen in das Modell einbezogen wird, läßt sich ebenfalls eine direkte Nachfrageelastizität angeben¹⁵⁾.

4.3 Parameterschätzung und Test des Modells

Damit die Auswahlwahrscheinlichkeiten numerisch bestimmt werden können, ist es erforderlich, die unbekannt Parameter $\alpha_1, \dots, \alpha_m$ des bedingten logistischen Modells (3.9) aus Stichprobendaten zu schätzen. Nachfolgend wird die Anwendung der Maximum-Likelihood-Methode auf dieses Problem skizziert. Es sei N der Umfang einer Stichprobe, deren Elemente (Personen) mit $i=1, \dots, N$ numeriert seien. Die i -te Person in der Stichprobe werde durch den Vektor s_i von sozioökonomischen Merkmalen charakterisiert und habe n_i Alternativen, die in einer Menge \mathcal{A}_i zusammengefaßt seien. Es sei $X_i = (x_{gi}^i)$ die $(p \times n_i)$ -Matrix der Eigenschaften der Alternativen der i -ten Person. Gemäß Abschnitt 3.3 läßt sich somit für jede Person in der Stichprobe die Matrix Y_i der Werte der erklärenden Variablen angeben. Zur Erfassung der tatsächlichen Entscheidungen der zufällig ausgewählten Personen wird die Indikatorvariable

$$(4.9) \quad g_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{falls Person } i \text{ Alternative } j \in \mathcal{A}_i \text{ wählt} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

eingeführt ($j \in \mathcal{A}_i, i=1, \dots, N$).

Die Likelihoodfunktion, welche die Wahrscheinlichkeit für das beobachtete Stichprobenergebnis angibt, lautet hier

$$(4.10) \quad L(\alpha) = \prod_{i=1}^N \prod_{j \in \mathcal{A}_i} (p_{ij})^{g_{ij}}$$

wobei unter der Hypothese der Gültigkeit des logistischen Modells die Auswahlwahrscheinlichkeit p_{ij} durch

$$(4.11) \quad p_{ij} = p_{ij}(\alpha) = 1 / \sum_{h \in \mathcal{A}_i} \exp(y_h^i - y_j^i) \alpha'$$

gegeben ist. In (4.11) bezeichnet y_j^i den m -dimensionalen Zeilenvektor mit den Komponenten $y_{kj}^i, k=1, \dots, m$ und $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_m)$. Entsprechend dem Maximum-Likelihood-Prinzip ist zur Schätzung von α die Funktion $L(\alpha)$ bezüglich der Parameter $\alpha_1, \dots, \alpha_m$ zu maximieren. Dazu ist es zweckmäßig, die Likelihoodfunktion zunächst zu logarithmieren. Nach einigen Umformungen erhält man

15) Näheres siehe Hautzinger, H., A note on elasticities in multinomial logit travel demand models, 2. DVWG-Workshop „Policy sensitive models“, Schliersee, 1977.

$$(4.12) \quad L^*(\alpha) = \ln L(\alpha) \\ = \sum_{i=1}^N \left[\sum_{j \in \mathcal{A}_i} \vartheta_{ij} y_j^i \right] \alpha' - \ln \sum_{h \in \mathcal{A}_i} \exp(y_h^i \alpha')$$

Die sogenannte Log-Likelihoodfunktion L^* hat ihr Maximum, sofern ein solches überhaupt existiert und eindeutig ist, an derselben Stelle $\alpha = \alpha_0$ wie die ursprüngliche Likelihoodfunktion L . Aus (4.12) erhält man mit

$$(4.13) \quad \partial L^*(\alpha_0) / \partial \alpha_k = \sum_{i=1}^N \sum_{j \in \mathcal{A}_i} \{ \vartheta_{ij} - p_{ij}(\alpha_0) \} y_{kj}^i = 0$$

($k=1, \dots, m$) die notwendigen Bedingungen für ein Extremum von L^* und damit von L .

Man kann nun zeigen¹⁶⁾, daß die Matrix der zweiten Ableitungen von L^* negativ semidefinit ist und somit jede Lösung von (4.13) die Log-Likelihoodfunktion L^* maximiert. Sofern die Bedingung $\sum n_i \geq N+m$ (die wegen $n_i \geq 2$ insbesondere auch für $N \geq m$ erfüllt ist) nicht verletzt ist, ist das Maximum von L^* , vorausgesetzt es existiert, eindeutig bestimmt.

Es gibt in endlichen Stichproben eine positive Wahrscheinlichkeit dafür, daß kein Vektor α_0 existiert, welcher L^* maximiert. Man kann jedoch zeigen, daß diese Wahrscheinlichkeit bei hinreichend großem Stichprobenumfang vernachlässigbar klein ist und unter sehr allgemeinen Voraussetzungen asymptotisch gegen Null strebt. Ferner läßt sich zeigen¹⁷⁾, daß die Maximum-Likelihood-Methode im vorliegenden Fall Schätzfunktionen liefert, welche konsistent und asymptotisch normalverteilt sind, so daß für große Stichproben Konfidenzintervalle konstruiert und Hypothesen über die Parameter $\alpha_1, \dots, \alpha_m$ getestet werden können.

Betrachtet man (4.11) und (4.13), so wird deutlich, weshalb beim logistischen Modell eine Variablenspezifikation, welche zu $y_{kj}^i = y_k^i$ für alle $j \in \mathcal{A}_i$ und alle $i=1, \dots, N$ führt, nicht zulässig ist (vgl. Abschnitt 3.3). In diesem Fall verschwindet nämlich im Nenner von (4.11) der Term $\alpha_k(y_{kh}^i - y_{ki}^i)$ für alle $h \in \mathcal{A}_i$ und alle $i=1, \dots, N$, d. h. die Unbekannte α_k ist aus dem Gleichungssystem (4.13) nicht bestimmbar.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Anpassungsgüte des logistischen Modells statistisch zu testen. Einer dieser Tests geht von der Log-Likelihoodfunktion

$$(4.14) \quad L^*(\alpha) = \sum_{i=1}^N \sum_{j \in \mathcal{A}_i} \vartheta_{ij} \ln p_{ij}(\alpha)$$

aus, welche natürlich stets nichtpositiv ist. Für einen einzelnen Summanden $s_{ij} = \vartheta_{ij} \ln p_{ij}(\alpha)$ gilt

$$s_{ij} \begin{cases} = 0 & \text{falls } \vartheta_{ij} = 0 \\ \rightarrow 0 & \text{falls } \vartheta_{ij} = 1 \quad \text{und} \quad p_{ij} \rightarrow 1 \\ -\infty & \text{falls } \vartheta_{ij} = 1 \quad \text{und} \quad p_{ij} \rightarrow 0 \end{cases}$$

16) McFadden, D., Conditional logit analysis . . . , a.a.O.

17) Ebenda

d. h., $L^*(\alpha)$ ist betragsmäßig dann klein, wenn für alle Personen $i=1, \dots, N$ die berechnete Auswahlwahrscheinlichkeit $p_{i,j(i)}$ für die tatsächlich gewählte Alternative $j(i)$ nahe bei Eins liegt. Je näher $L^*(\alpha)$ bei Null liegt, desto besser ist also die Übereinstimmung zwischen den modellmäßig ermittelten Wahrscheinlichkeiten und den in der Stichprobe festgestellten individuellen Entscheidungen. Analog zum multiplen Korrelationskoeffizienten des linearen statistischen Modells kann man durch

$$(4.15) \quad \rho^2 = 1 - L^*(\hat{\alpha}) / L^*(\mathbf{0}_m)$$

ein Bestimmtheitsmaß definieren, wobei $\hat{\alpha}$ der Maximum-Likelihood-Schätzwert für α und $\mathbf{0}_m$ der m -dimensionale Nullvektor ist¹⁸⁾.

V. Modellstrukturen und Aggregationsmethoden

5.1 Modellstrukturen

Die wichtigsten Aspekte des individuellen Entscheidungsverhaltens im Personenverkehr sind die Häufigkeit von Fahrten eines bestimmten Zwecks, die Wahl des Fahrtziels, die Entscheidung über den tageszeitlichen Beginn der Fahrt, die Verkehrsmittelwahl und die Routenwahl. Je nachdem, wie dieser komplexe Entscheidungsprozeß modellmäßig abgebildet wird, lassen sich drei alternative Strukturtypen unterscheiden, nämlich unabhängige, sequentielle und simultane Modelle¹⁹⁾.

Nimmt man an, daß zwischen den einzelnen Teilentscheidungen des Individuums keinerlei Anhängigkeiten und Wechselwirkungen bestehen, so läßt sich der Entscheidungsprozeß durch ein Modell mit unabhängiger Struktur beschreiben. Für die beiden Aspekte Fahrtziel (z) und Tageszeit (t) seien die entsprechenden Zusammenhänge einmal beispielhaft verdeutlicht. Es sei \mathcal{A} die Menge aller relevanten Kombinationen (z, t) der möglichen Ziele und Tageszeiten einer Fahrt bestimmten Typs. Der Vektor x , dessen Komponenten die Variablen sind, welche die Alternativen (z, t) $\in \mathcal{A}$ charakterisieren, sei zerlegbar in zwei Vektoren x_Z und x_T , d. h. $x = (x_Z, x_T)$ und es sei x_Z^{zt} bzw. x_T^{zt} der Wert des Teilvektors x_Z bzw. x_T für die Alternative (z, t) $\in \mathcal{A}$. Dabei möge gelten

$$(5.1) \quad x_Z^{zt} = x_Z^z \quad \text{für alle } (z, t) \in \mathcal{A}$$

d. h. die in x_Z zusammengefaßten Variablen seien „zielspezifisch“ in dem Sinne, daß ihr Wert für eine bestimmte Alternative (z, t) $\in \mathcal{A}$ lediglich von z abhängt (Bsp.: Entfernung). Ganz entsprechend gelte

18) Vgl. McFadden, D., Conditional logit analysis . . . , a.a.O., ferner Stopher, P. R., Goodness-of-fit measures for probabilistic travel demand models, Transportation, Vol. 4, 1975, S. 47–83, sowie Tardiff, T. J., A note on goodness-of-fit statistics for probit and logit models, Transportation, Vol. 5, 1976, S. 377–388.

19) Vgl. Ben-Akiva, M., Structure . . . , a.a.O.; Brand, D., Travel demand forecasting: some foundations and a review, Highway Research Board, Special Report No. 143, 1973, S. 239–282; Ruiter, E. R., Analytical structures, Highway Research Board, Special Report No. 143, 1973, S. 178–205; Stopher, P. R. und Meyburg, A. H., Urban transportation modeling . . . , a.a.O.

$$(5.2) \quad x_T^{zt} = x_T^t \quad \text{für alle } (z, t) \in \mathcal{A}$$

d. h. die Variablen in x_T seien tageszeitspezifisch (Bsp.: Hauptverkehrszeit-Dummyvariable).

Wenn man nun unterstellt, daß die Nutzenfunktion $u(x, s)$ additiv separabel ist, d. h. die Darstellung

$$(5.3) \quad u(x, s) = u_Z(x_Z, s) + u_T(x_T, s)$$

besitzt, so ist die Auswahlwahrscheinlichkeit für die Alternative $(z, t) \in \mathcal{A}$ durch

$$p_{zt} = \exp[u(x^{zt}, s)] \Big/ \sum_{(z, t) \in \mathcal{A}} \exp[u(x^{\tilde{z}t}, s)] \\ = \frac{\exp\{u_Z(x_Z^z, s)\}}{\sum_{\tilde{z}} \exp\{u_Z(x_Z^{\tilde{z}}, s)\}} \cdot \frac{\exp\{u_T(x_T^t, s)\}}{\sum_{\tilde{t}} \exp\{u_T(x_T^{\tilde{t}}, s)\}}$$

gegeben, d. h. es gilt

$$(5.4) \quad p_{zt} = p_z \cdot p_t$$

wobei p_z, p_t Randwahrscheinlichkeiten sind.

Unter den Annahmen (5.1) bis (5.3) ist also die Auswahlwahrscheinlichkeit p_{zt} für eine beliebige Fahrtziel-Tageszeit-Kombination $(z, t) \in \mathcal{A}$ durch das Produkt der Randwahrscheinlichkeiten p_z und p_t für die Auswahl des Ziels z bzw. der Tageszeit t gegeben. Dieses Ergebnis läßt sich ohne weiteres auf mehr als zwei Stufen des individuellen Entscheidungsprozesses verallgemeinern. Natürlich sind insbesondere die Annahmen (5.1) und (5.2) über die Erklärungsvariablen sehr restriktiv. Für eine so wichtige Variable wie etwa die Fahrzeit ist es z. B. leicht einzusehen, daß diese nicht nur von Ziel zu Ziel variiert, sondern auch von der Tageszeit, vom benutzten Verkehrsmittel und der gewählten Route abhängt.

Einen wesentlich realistischeren Ansatz stellt das sequentielle Modell der Verkehrsnachfrage dar. Hierbei wird zunächst auch davon ausgegangen, daß das Individuum die Entscheidung über Fahrtenhäufigkeit, Ziel, Tageszeit, Verkehrsmittel und Route in eine Folge von Einzelentscheidungen zerlegt. Diese Einzelentscheidungen werden aber nicht unabhängig voneinander getroffen, sondern auf jeder Stufe des Prozesses erfolgt die Entscheidung unter Kenntnis der vorausgegangenen Entscheidungen und unter der Annahme optimaler Entscheidungen auf allen nachfolgenden Stufen. Auch hier sind aber noch zusätzliche Annahmen über die Variablen und die Nutzenfunktion erforderlich. Für die beiden Stufen der Verkehrsmittel- und Routenwahl sei dieser Ansatz beispielhaft verdeutlicht.

Es sei der Variablenvektor x derart in Teilvektoren x_V und x_{VR} zerlegbar, daß die Komponenten von x_V verkehrsmittelspezifische Variable sind, während die in x_{VR} zusammengefaßten Merkmale sowohl mit v als auch mit r variieren mögen. Gegenüber dem Modell

mit unabhängiger Struktur wird beim sequentiellen Ansatz also lediglich für einen Teil der Variablen gefordert, daß sie „stufenspezifisch“ (hier: verkehrsmittelspezifisch) seien. Die Nutzenfunktion sei wiederum additiv separabel, d. h. in der Form

$$(5.5) \quad u(x, s) = u_{VR}(x_{VR}, s) + u_V(x_V, s)$$

darstellbar. Unter diesen Voraussetzungen ist die Auswahlwahrscheinlichkeit für eine beliebige Alternative $(v, r) \in \mathcal{A}$ gegeben durch

$$(5.6) \quad p_{vr} = \exp(u_{VR}^{vr} + u_V^v) \Big/ \sum_{\tilde{r}} \sum_{\tilde{v}} \exp(u_{VR}^{\tilde{r}\tilde{v}} + u_V^{\tilde{v}}) \\ = \frac{\exp(u_{VR}^{vr})}{\sum_{\tilde{r}} \exp(u_{VR}^{\tilde{r}})} \cdot \frac{\exp(u_V^v)}{\sum_{\tilde{v}} \exp(u_V^{\tilde{v}})}$$

wobei $u_{VR}^{vr} = u_{VR}(x_{VR}^{vr}, s)$ und $u_V^v = u_V(x_V^v, s)$.

Wie man unmittelbar sieht, ist der erste Faktor auf der rechten Seite von (5.6) nichts anderes als die bedingte Wahrscheinlichkeit $p_{r|v}$, die Route r zu wählen, wenn v das benutzte Verkehrsmittel ist. Bezüglich des zweiten Faktors läßt sich zeigen²⁰, daß dieser identisch ist mit

$$(5.7) \quad p_v = P \{ \max_r U(x^{vr}, s) > \max_{\tilde{r}} U(x^{\tilde{r}v}, s); \forall \tilde{v} \neq v \}$$

wobei $U(x, s) = u(x, s) + \epsilon(x, s)$ und $u(x, s)$ durch (5.5) gegeben ist. Insgesamt erhält man also im sequentiellen Fall

$$(5.8) \quad p_{vr} = p_{r|v} p_v$$

Die Auswahlwahrscheinlichkeit für eine beliebige Verkehrsmittel-Fahrtroute-Kombination (v, r) ist in einem sequentiellen Modell also gleich der Auswahlwahrscheinlichkeit für Route r unter der Bedingung, daß Verkehrsmittel v gewählt wird, multipliziert mit der Wahrscheinlichkeit das Verkehrsmittel v und zugleich die für dieses Verkehrsmittel optimale Fahrtroute zu wählen.

Verallgemeinert man diese Ergebnisse, so ergibt sich z. B. für die drei Stufen Fahrtenhäufigkeit, Ziel- und Verkehrsmittelwahl, daß immer dann, wenn der nichtstochastische Teil der Nutzenfunktion die Darstellung

$$u(x, s) = u_H(x_H, s) + u_{HZ}(x_{HZ}, s) + u_{HZZT}(x_{HZZT}, s)$$

besitzt, die Auswahlwahrscheinlichkeit für eine Alternative $(h, z, t) \in \mathcal{A}$ gleich dem Produkt

20) Vgl. Domencich, T. A. und McFadden, D., Urban travel demand . . . , a.a.O.

$$(5.9) \quad p_{hzt} = p_h p_{z|h} p_{t|hz}$$

ist.

Die Eigenschaft (5.8) bzw. (5.9) hat wichtige Konsequenzen für die Schätzung des sequentiellen Modells. Zum einen ist es in jedem Fall notwendig, mit der Schätzung des Routenwahlmodells zu beginnen, danach das Modell der Verkehrsmittelwahl zu schätzen usw. Zum anderen vereinfacht sich die Schätzung von Randwahrscheinlichkeiten wie p_v in (5.8) ganz entscheidend. Man kann nämlich zeigen²¹⁾, daß für p_v approximativ gilt

$$(5.10) \quad p_v = \frac{\exp(u_v^v - \gamma_v)}{\sum_v \exp(u_v^v - \gamma_v)}$$

wobei

$$(5.11) \quad \gamma_v = \sum_k \alpha_k \sum_r p_{r|v} y_k(x_{vR}^r, s)$$

Beim sequentiellen Modell werden also zunächst die Gewichte α_k derjenigen Variablen geschätzt, deren Werte sich sowohl mit der Fahrtroute als auch mit dem Verkehrsmittel ändern. Anders ausgedrückt, es werden zunächst die Parameter des Routenwahlmodells geschätzt. Danach wird für jedes Verkehrsmittel v die durch (5.11) definierte Größe γ_v , welche manchmal als „inclusive price“ oder „Wünschbarkeitsindex“ des Verkehrsmittels v bezeichnet wird, berechnet. Diese Größen γ_v gehen als alternativenspezifische Konstante in die Nutzenfunktion des Modells der Verkehrsmittelwahl (5.10) ein. Beim sequentiellen Ansatz können also Parameterschätzwerte aus vorgelagerten Stufen benutzt werden, um das Schätzproblem auf nachfolgenden Stufen zu vereinfachen.

Anders als bei den Modellen mit unabhängiger und sequentieller Struktur werden bei simultanen Modellen keinerlei Voraussetzungen über die Zerlegbarkeit des Variablenvektors x und die Separabilität der Nutzenfunktion $u(x,s)$ gemacht. Grundsätzlich kann also jede beliebige Variable x_g für jede Alternative $(h,z,t,v,r) \in \mathcal{A}$ einen anderen Wert annehmen, d. h. unter Verwendung der obigen Schreibweise ist hier $x = x_{HZTVR}$ und

$$(5.12) \quad p_{hztvr} = \frac{\exp(u_{hztvr}^{hztvr})}{\sum_{\tilde{h}\tilde{z}\tilde{t}\tilde{v}\tilde{r}} \exp(u_{\tilde{h}\tilde{z}\tilde{t}\tilde{v}\tilde{r}}^{\tilde{h}\tilde{z}\tilde{t}\tilde{v}\tilde{r}})}$$

Die Vorzüge des simultanen Ansatzes liegen darin, daß keine Annahmen über die Reihenfolge, in welcher die individuellen Teilentscheidungen getroffen werden, erforderlich sind und das Ergebnis mithin auch nicht von dieser Reihenfolge abhängt. Die Brauchbarkeit des Modells (5.12) wird jedoch wegen der in der Praxis sehr großen Zahl von Alternativen und gleichzeitig zu schätzenden Parametern eingeschränkt.

5.2 Aggregationsverfahren

Die hier betrachteten Modelle sind Modelle des individuellen Verkehrsnachfrageverhaltens. Im Rahmen von konkreten Verkehrsplanungen interessiert man sich jedoch nicht

21) Ebenda

für das zukünftige Verhalten von Einzelpersonen, sondern für aggregierte Nachfragegrößen, wobei die erwartete aggregierte Nachfrage nach einer bestimmten Alternative gleich der Anzahl der Personen in der entsprechenden Prognosegesamtheit ist, welche sich voraussichtlich für diese Alternative entscheiden werden. Beispiele für solche Prognosegesamtheiten sind etwa alle Einwohner einer bestimmten Stadtzone, alle in der Innenstadt beschäftigten Personen oder bestimmte sozioökonomische Teilgruppen. Betrachtet man eine Prognosegesamtheit vom Umfang N , so ist die Nachfrage D_j nach der Alternative j eine Zufallsvariable, welche als Summe

$$(5.13) \quad D_j = \sum_{i=1}^N g_{ij} \quad (j = 1, \dots, n)$$

geschrieben werden kann, wobei

$$(5.14) \quad g_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{falls Person } i \text{ Alternative } j \text{ wählt} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Mit $p_{ij} = P(g_{ij}=1)$ erhält man

$$(5.15) \quad M_j = E(D_j) = \sum_{i=1}^N p_{ij} \quad (j = 1, \dots, n)$$

d. h. die erwartete Nachfrage nach der Alternative j ist gleich der Summe der individuellen Auswahlwahrscheinlichkeiten p_{ij} .

Entsprechend den hier gemachten Annahmen ist p_{ij} abhängig von den in der Matrix Y_i zusammengefaßten Werten der Erklärungsvariablen für die n_j Alternativen des i -ten Individuums. Definiert man $y_i = (y_1^i, \dots, y_m^i)$, wobei $y_j^i = (y_{1j}^i, \dots, y_{m_j}^i)$ für $j=1, \dots, m$, so kann man also $p_{ij} = p_{ij}(y_i)$ schreiben. Außer von y_i hängt p_{ij} natürlich noch vom Parametervektor α ab. Hat man diesen gemäß Abschnitt 4.3 geschätzt, so wäre das Problem der aggregierten Prognose „exakt“ lösbar, wenn die Vektoren y_i , $i=1, \dots, N$, bekannt wären oder, was dasselbe ist, wenn die gemeinsame Verteilung der Variablenausprägungen y_{kj} gegeben wäre. Da derart detaillierte Informationen in der Regel jedoch nicht vorliegen, ist es zur Lösung des Aggregationsproblems erforderlich, Näherungsverfahren mit geringerem Informationsbedarf zu verwenden. Einige dieser approximativen Aggregationsverfahren werden nachfolgend vorgestellt²²⁾. In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, daß natürlich auch das exakte Aggregationsverfahren mit einem Fehler (Zufallsfehler) behaftet ist, der von der Schätzung der Modellparameter aus Stichproben- daten herrührt.

Das einfachste Aggregationsverfahren, die sogenannte naive Methode, besteht darin, die Mittelwerte

$$(5.16) \quad \bar{y}_{kj} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{kj}^i$$

der Merkmalsausprägungen als erklärende Variable eines logistischen Modells zu verwenden und die erwartete Nachfrage M_j durch

22) Eine ausführliche Diskussion solcher Methoden findet man bei Koppelman, F., Travel prediction . . . , a.a.O.

$$(5.17) \quad \hat{M}_j = N \hat{p}_j(\bar{y}) = N \frac{\exp\left(\sum_{k=1}^m \hat{\alpha}_k \bar{y}_{kj}\right)}{\sum_{i=1}^n \exp\left(\sum_{k=1}^m \hat{\alpha}_k \bar{y}_{ki}\right)}$$

wobei $\bar{y} = (\bar{y}_{11}, \bar{y}_{12}, \dots, \bar{y}_{mn})$ zu schätzen. Wegen der Nichtlinearität des logistischen Modells ist abgesehen von Sonderfällen (z. B. $y_{kj}^i = y_{kj}$ für alle i, k, j) der Nachfrageschätzwert M_j mit einem systematischen Aggregationsfehler behaftet, da im allgemeinen

$$p_j(\bar{y}) \neq \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N p_{ij}(y_i)$$

gilt. Der Vorzug des Verfahrens ist in seinem geringen Informationsbedarf und in der Einfachheit der praktischen Anwendung zu sehen. Anstelle der für das exakte Aggregationsverfahren benötigten gemeinsamen Verteilung der Variablenausprägungen sind hier nur die $m \cdot n$ Mittelwerte \bar{y}_{kj} zu prognostizieren.

Beim sogenannten Integrations- bzw. Summationsverfahren wird die erwartete Nachfrage durch Gewichtung der Auswahlwahrscheinlichkeiten mit der gemeinsamen Verteilung der Erklärungsvariablen geschätzt. Bezeichnet man mit Y den $m \cdot n$ -dimensionalen Wertebereich des Variablenvektors $y = (y_{11}, y_{12}, \dots, y_{mn})$ und mit $g(y)$ die gemeinsame Wahrscheinlichkeitsdichte- bzw. -massefunktion der Variablenausprägungen y_{kj} , so ist

$$(5.18a) \quad \hat{M}_j = N \int_{y \in \mathcal{Y}} \hat{p}_j(y) g(y) dy$$

bzw.

$$(5.18b) \quad \hat{M}_j = N \sum_{y \in \mathcal{Y}} \hat{p}_j(y) g(y)$$

ein Schätzwert für die erwartete Nachfrage nach der Alternative j . Für den Fall, daß $g(y)$ die exakte Verteilung der Variablenwerte y_{kj} in der Prognosegesamtheit darstellt, weist dieses Verfahren keinen systematischen Aggregationsfehler auf, d. h. die Schätzwerte M_j sind nur mit dem unvermeidbaren Zufallsfehler sowie möglichen Spezifikationsfehlern behaftet. In dem Maße, wie $g(y)$ von der tatsächlichen Verteilung abweicht, unterscheiden sich natürlich die Schätzwerte (5.18a) und (5.18b) vom Schätzwert des exakten Aggregationsverfahrens. Die Prognose der zukünftigen Verteilung der Erklärungsvariablen in der Prognosegesamtheit ist ein sehr schwieriges Problem und ohne vereinfachende Annahmen (z. B. Unabhängigkeit der Variablen, gemeinsame Normalverteilung) praktisch wohl kaum zu lösen. In jedem Fall kann man hierbei aber die zur Parameterschätzung verwendeten Stichprobendaten nutzen²³).

Eine Verallgemeinerung der naiven Methode stellt das sogenannte Klassifikationsverfahren dar. Hierbei wird die Prognosegesamtheit zunächst in T Gruppen jeweils vom Umfang

23) Vgl. *McFadden, D.* und *Reid, F.*, Aggregate travel demand forecasting from disaggregate behavioral models, *Transportation Research Record* No. 534, 1975, S. 24–37 sowie *Westin, R. B.*, Predictions . . . , a.a.O.

N_t ($t=1, \dots, T$), wobei $\sum N_t = N$, zerlegt und für jede dieser Teilgruppen nach der naiven Methode ein Nachfrageschätzwert

$$\hat{M}_{tj} = N_t \hat{p}_j(\bar{y}_t)$$

berechnet, wobei \bar{y}_t der Vektor der Variablenmittelwerte für die Gruppe t ist. Der Schätzwert für die Gesamtnachfrage wird danach durch Summation der Gruppenschätzwerte ermittelt, d. h.

$$(5.19) \quad \hat{M}_j = \sum_{t=1}^T \hat{M}_{tj}$$

Es ist klar, daß zur Klassifikation der Personen der Prognosegesamtheit möglichst diejenigen Merkmale benutzt werden sollten, welche am stärksten zur beobachteten Variabilität der Nutzenverteilung beitragen.

Neben den hier besprochenen Aggregationsverfahren gibt es weitere Methoden dieser Art. So wurde z. B. ein Verfahren vorgeschlagen, bei welchem die Verteilung der erklärenden Variablen näherungsweise durch ihre Momente dargestellt wird. Durch sukzessive Hinzunahme von Momenten höherer Ordnung kann diese Darstellung der Verteilung zunehmend genauer gemacht werden²⁴).

Wie analytische Betrachtungen und Simulationsstudien zeigen²⁵), hängt der Aggregationsfehler der verschiedenen Verfahren von Mittelwert, Varianz und Schiefe der Merkmalsverteilungen ab. Ganz allgemein gilt, daß der Aggregationsfehler bei typischen Verkehrsprognoseproblemen vergleichsweise klein ist und die Anwendung disaggregierter Modelle für aggregierte Prognosen somit gerechtfertigt ist. Von den hier behandelten Aggregationstechniken sind Summations- und Klassifikationsverfahren im allgemeinen der naiven Methode sowie der zuletzt angesprochenen „Momentenmethode“ überlegen. Dies bedeutet aber, daß – besonders im Hinblick auf die Klassifikationsmethode – der Informationsbedarf zur Ableitung aggregierter Prognosen mit Hilfe disaggregierter Modelle weitgehend mit dem entsprechenden Informationsbedarf konventioneller Verkehrsmodelle identisch ist.

VI. Anwendungsbeispiele

6.1 Vorbemerkungen

Nach dieser Darstellung der theoretischen Grundlagen disaggregierter verhaltensorientierter Verkehrsmodelle sollen im folgenden zwei Anwendungsbeispiele beschrieben werden. Anhand dieser Beispiele ist es möglich, den praktischen Anwendungsnutzen dieser Modelle zu veranschaulichen und zugleich die Fortschritte gegenüber den bisherigen Erklärungs- und Prognosemodellen aufzuzeigen.

24) *Talvitie, A.*, Aggregate travel demand analysis with disaggregate or aggregate travel demand models, *Transportation Research Forum Proceedings*, Vol. XIV, No. 1, 1973, S. 583–603.

25) *Koppelman, F. S.*, Travel prediction . . . , a.a.O.

6.2 Beispiel 1: Analyse und Prognose der Verkehrsmittelwahl im Berufsverkehr

Ein interessantes Beispiel für die praktische Anwendung eines disaggregierten verhaltensorientierten Modells gibt es aus dem Bereich der Verkehrsmittelwahl im Berufsverkehr²⁶).

Auf der Basis einer im Raum Eindhoven, Niederlande, durchgeführten Haushaltsbefragung zum Verkehrsverhalten wurde ein logistisches Modell zur Beschreibung, Erklärung und Prognose des Entscheidungsverhaltens von Erwerbstätigen bei der Wahl des Verkehrsmittels für den täglichen Weg zur Arbeitsstätte entwickelt.

Die Haushalts- und Personendaten bildeten die Grundlage für die Festlegung der Alternativenmenge \mathcal{A}_i und des Vektors s_i der sozioökonomischen Merkmale jeder Person i ($i=1, \dots, N$) in der Stichprobe. Insgesamt wurden $N=390$ Erwerbstätige betrachtet, welche am Stichtag genau einen Hin- und Rückweg zur Arbeitsstätte durchgeführt hatten. Die Alternativenmenge einer Person umfaßte im Höchstfall sechs Verkehrsmittel und zwar

- j=1 Pkw (als Fahrer)
- j=2 Fahrrad
- j=3 Moped
- j=4 Eisenbahn
- j=5 Bus
- j=6 zu Fuß

Für eine Person i mit den Verkehrsmittelalternativen Fahrrad, Bus und zu Fuß ist also $\mathcal{A}_i = \{2, 5, 6\}$.

Als sozioökonomische Variable wurden neben Haushaltsbruttoeinkommen und Stellung der Person im Haushalt und Beruf die Merkmale

- s_1 Pkw-Verfügbarkeit (Anzahl Pkw dividiert durch Anzahl Pkw-Führerscheininhaber im Haushalt)
- s_2 Fahrrad-Verfügbarkeit (Anzahl Fahrräder dividiert durch Anzahl Personen im Alter von fünf und mehr Jahren im Haushalt)
- s_3 Moped-Verfügbarkeit (Anzahl Moped dividiert durch Anzahl Personen im Alter von fünfzehn und mehr Jahren im Haushalt)

verwendet.

Die Merkmale der Alternativen, d. h. die Servicegüte der jeweils verfügbaren Verkehrsmittel mußten für jede Person in der Stichprobe gesondert zusätzlich erhoben werden, da diese im Rahmen der Haushaltsbefragung nicht erfaßt worden waren. Für jede Alternative jeder Person in der Stichprobe wurden die Merkmale Fahrzeit bzw. Fußwegzeit, Fußwegzeit zum und vom geparkten Fahrzeug einschließlich Ein- und Ausparkzeit (für Pkw, Moped, Fahrrad), Fußwegzeit zur und von der Haltestelle sowie Warte- und Umsteigezeit (jeweils für Eisenbahn und Bus) ermittelt.

Aus einer Vielzahl von Modellen, welche sich vor allem durch die Spezifikation der sozioökonomischen Variablen und der verkehrsmittelspezifischen Konstanten unterscheiden, wurde schließlich das Modell

26) Vgl. Richards, M. G. und Ben-Akiva, M., A disaggregate . . . , a.a.O.

$$(6.1) \quad p_j = \exp \left(\sum_{h=1}^9 \alpha_h y_{hj} \right) / \sum_{k=1}^6 \exp \left(\sum_{h=1}^9 \alpha_h y_{hk} \right)$$

($j=1, \dots, 6$) ausgewählt, wobei

$$y_{1j} = \begin{cases} \text{Fahrzeit (min)} & \text{für } j=1, \dots, 5 \\ 0 & \text{für } j=6 \end{cases}$$

$$y_{2j} = \begin{cases} \text{Fußwegzeit (min)} & \text{für } j=6 \\ 0 & \text{für } j=1, \dots, 5 \end{cases}$$

$$y_{3j} = \begin{cases} \text{Fußwegzeit zum und vom geparkten} \\ \text{Fahrzeug zuzüglich Ein- und} \\ \text{Ausparkzeit (min)} & \text{für } j=1, 2, 3 \\ 0 & \text{für } j=4, 5, 6 \end{cases}$$

$$y_{4j} = \begin{cases} \text{Fußwegzeit zur und von der} \\ \text{Haltestelle (min)} & \text{für } j=4, 5 \\ 0 & \text{für } j=1, 2, 3, 6 \end{cases}$$

$$y_{5j} = \begin{cases} \text{Warte- und Umsteigezeit (min)} & \text{für } j=4, 5 \\ 0 & \text{für } j=1, 2, 3, 6 \end{cases}$$

$$y_{6j} = \begin{cases} s_1 \ln y_{1j} & \text{für } j=1 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (\text{Pkw-Spezifische Verfügbarkeitsvariable})$$

$$y_{7j} = \begin{cases} s_2 & \text{für } j=2 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (\text{Fahrradspezifische Verfügbarkeitsvariable})$$

$$y_{8j} = \begin{cases} s_3 & \text{für } j=3 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (\text{Mopedspezifische Verfügbarkeitsvariable})$$

$$y_{9j} = \begin{cases} 1 & \text{für } j=4, 5 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases} \quad (\text{OeV-spezifische Konstante})$$

In Tabelle 6.1 sind die Parameterschätzwerte \hat{a}_h sowie die Standardfehler $\hat{\sigma}_h$ ($h=1, \dots, 9$) dieser Schätzwerte zusammengestellt. Wie man sieht, steht mit Ausnahme der Variable y_8 (Mopedverfügbarkeit) die Signifikanz des Einflusses der Variablen außer Zweifel.

Tabelle 6.2: Ergebnisse der Parameterschätzung

Variable y_h	Ergebnisse der Parameterschätzung		
	\hat{a}_h	$\hat{\sigma}_h$	$ \hat{\sigma}_h/\hat{a}_h $
y_1 Fahrzeit	-0,0600	0,0093	0,1550
y_2 Fußwegzeit	-0,1192	0,0295	0,2475
y_3 Fußwegzeit (IV)	-0,3260	0,0946	0,2902
y_4 Fußwegzeit (OeV)	-0,1136	0,0234	0,2060
y_5 Wartezeit (OeV)	-0,0856	0,0288	0,3364
y_6 Pkw-Verfügbarkeit	1,0056	0,1800	0,1790
y_7 Fahrradverfügbarkeit	1,4348	0,3211	0,2238
y_8 Mopedverfügbarkeit	0,6689	0,5536	0,8276
y_9 OeV-Konstante	1,5057	0,9252	0,6145

Gütemaße: $L^*(\hat{\alpha}) = -260,54 \quad X^2 = 349,17 \quad (9 \text{ Fg})$
 $L^*(0_9) = -435,13 \quad \rho^2 = 0,40$

Beobachtungen: $N = 390$

Alle übrigen potentiellen Erklärungsvariablen wie z.B. Fahrkosten (out-of-pocket-costs), Stellung der Person im Haushalt und Beruf, Haushaltsgröße und interessanterweise auch Haushaltsbruttoeinkommen erwiesen sich demgegenüber als nichtsignifikant. Die Parameter der Erklärungsvariablen y_1, \dots, y_9 haben alle das erwartete Vorzeichen (negativ für Zeitvariable, positiv für Verfügbarkeitsvariable). Ein Vergleich der Größenordnungen der Parameterschätzwerte liefert Aussagen über die individuelle Bewertung der verschiedenen Komponenten der Reisezeit.

Die Stabilität und Zuverlässigkeit der Parameterschätzungen wurde durch Analyse der Standardfehler sowie durch Berechnung von Schätzwerten auf der Basis von Teilstichproben untersucht. Es zeigte sich, daß die Parameter von Merkmalen der Servicegüte eine größere Stabilität aufweisen als die Parameter sozioökonomischer Variabler. Ferner zeigte sich, daß durch Erhöhung des Stichprobenumfangs über eine Zahl von 300 bis 400 Beobachtungen hinaus keine nennenswerten Genauigkeitsergebnisse mehr möglich sind.

Ein Test der Anpassungsgüte erbrachte fast vollständige Übereinstimmung der berechneten \hat{p}_j -Werte mit den entsprechenden Verkehrsmittelanteilen in der Stichprobe. Bedeutungsvoller als dieser Vergleich ist jedoch ein Test der Prognosefähigkeit des Modells unter Verwendung aggregierter Inputdaten. Zu diesem Zweck wurden $N=137$ Personen aus der Stichprobe entsprechend der Lage ihres Wohn- und Arbeitsplatzes je einer von 4 Quelle-

Ziel-Paaren von Zonen zugeordnet. Für jede dieser vier Quelle-Ziel-Beziehungen wurde das Modell (6.1) zur Prognose der Verkehrsmittelanteile verwendet, wobei als y_{hj} -Werte die entsprechenden zonen- bzw. zonenpaarspezifischen Variablenmittelwerte eingesetzt wurden. Hierbei zeigte sich, daß eine vorherige Klassifizierung der Personen nach der Pkw-Verfügbarkeit zu deutlich besseren Ergebnissen führt als die direkte Anwendung der naiven Aggregationsmethode.

Neben der Verwendung als Prognoseinstrument im herkömmlichen Sinne bieten die disaggregierten verhaltensorientierten Modelle die Möglichkeit zur Entwicklung und/oder Bewertung verkehrspolitischer oder -planerischer Maßnahmen. In diesem Zusammenhang sind insbesondere die Merkmale der Servicegüte der einzelnen Systeme von Bedeutung, da vor allem diese im Gestaltungsbereich der Verkehrsplanung liegen. Die Sensitivität der Nachfrage gegenüber Änderungen dieser Variablen kommt in den Elastizitäten zum Ausdruck.

Im Fall der Verkehrsmittelwahl kann man für jede Quelle-Ziel-Beziehung im Planungsraum einen ganzen Satz von direkten Elastizitäten berechnen, indem man in der Formel (4.7) die Auswahlwahrscheinlichkeit \hat{p}_j durch den in der Stichprobe ermittelten bzw. modellmäßig errechneten Verkehrsmittelanteil p_j ersetzt und anstelle der y_{kj} die entsprechenden Mittelwerte \bar{y}_{kj} verwendet. Die in Tabelle 6.3 zusammengestellten Elasti-

Tabelle 6.3: Elastizität der Nachfrage nach Verkehrsmitteln im Berufsverkehr.
Gruppe: Erwerbstätige mit Pkw

Alternative	Verkehrsmittel		Variablenmittelwert (min)	Direkte Elastizität
		Anteil		
Pkw	Fahrzeit	0,817	$\bar{y}_{11} = 24,0$	-0,26
	Fußwegzeit		$\bar{y}_{31} = 8,0$	-0,48
Fahrrad	Fahrzeit	0,045	$\bar{y}_{12} = 66,9$	-3,83
	Fußwegzeit		$\bar{y}_{32} = 5,8$	-1,81
Moped	Fahrzeit	0,111	$\bar{y}_{13} = 34,5$	-1,84
	Fußwegzeit		$\bar{y}_{33} = 5,8$	-0,31
Eisenbahn	Fahrzeit	0,010	$\bar{y}_{14} = 30,4$	-0,16
	Fußwegzeit		$\bar{y}_{44} = 30,8$	-0,90
Bus	Fahrzeit	0,017	$\bar{y}_{15} = 52,7$	-3,11
	Fußwegzeit		$\bar{y}_{45} = 21,0$	-6,72

zitäten zeigen, daß beispielsweise die Nachfrage nach der Verkehrsmittelalternative „Bus“ in ganz besonderem Maße sensitiv gegenüber Änderungen der Variablen y_4 „Fußwegzeit zur und von der Haltestelle“ ist. Der entsprechende Elastizitätswert $\eta = -6,72$ deutet darauf hin, daß insbesondere durch Maßnahmen, welche die Fußwegentfernung zu Bushaltestellen verringern (z. B. Erhöhung der Zahl der Haltestellen), eine positive Beeinflussung der Nachfrage nach diesem Verkehrsmittel möglich ist.

Die Nachfrageelastizitäten geben die relative Änderungen der Verkehrsmittelanteile aufgrund einer kleinen relativen Änderung der entsprechenden Einflußgröße, d. h. einen Trend in einem bestimmten Punkt an. Wenn durch planerische Maßnahmen gewisse Rahmenbedingungen (= Einflußgrößen) in größerem Ausmaß verändert werden, so müssen in jedem Fall die erwarteten Verkehrsmittelanteile neu berechnet werden, um die Wirksamkeit einer Maßnahme beurteilen zu können. In Tabelle 6.4 sind die erwarteten Auswirkungen von 7 verschiedenen Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen zusammengestellt. Wenn z. B. das wesentliche Ziel in der Reduktion der Pkw-Benutzung im Berufsverkehr bestehen würde, so wäre beispielsweise Maßnahme 4 (Erhöhung der Fußwegzeit zum und vom geparkten Pkw um 30 % durch Einführung entsprechender Parkrestriktionen) besonders wirksam: der erwartete Pkw-Anteil sinkt auf 60,6 % gegenüber 77,0 % im statusquo Fall. Daß Erwerbstätige mit Pkw unter diesen veränderten Bedingungen in soviel stärkerem Maße auf das Moped als auf den OeV „umsteigen“, mag an den spezifischen Bedingungen der zugrunde liegenden Stichprobe liegen. In jedem Fall zeigt dieses Beispiel das breite Spektrum der Anwendungsmöglichkeiten von disaggregierten verhaltenorientierten Modellen zur Untersuchung von Modal-Split-Problemen.

Tabelle 6.4: Auswirkungen alternativer Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen auf den Modal Split im Berufsverkehr. Gruppe: Erwerbstätige mit Pkw

Maßnahme Nr.	Veränderung (%) gegenüber Ist-Zustand					Erwarteter Verkehrsmittelanteil (%) nach Maßnahme			
	Fahrzeit		Fußwegzeit		Wartezeit	Fahrrad	Moped	Pkw	OeV
	y_1 (Pkw)	y_1 (OeV)	y_3 (Pkw)	y_4 (OeV)	y_5 (OeV)	(5,2)	(17,1)	(77,0)	(0,7)
1	-10					4,5	15,0	79,8	0,6
2	+10					5,9	19,4	74,0	0,8
3		-10				5,2	17,1	76,8	1,0
4			+30			8,9	29,3	60,6	1,2
5		-10	+30			8,8	29,2	60,4	1,6
6			+30	-10	-20	8,8	29,0	59,9	2,3
7			+30	-20	-20	8,7	28,7	59,4	3,2

6.3 Beispiel 2: Ein vollständiges System disaggregierter Verkehrsmodelle

Im Verlauf der bisherigen Entwicklung disaggregierter Modelle wurden diese auf viele verschiedene Aspekte der Verkehrsnachfrage angewendet. Die erste Anwendung eines vollständigen Systems disaggregierter Verkehrsmodelle erfolgte vor kurzem für den Planungsraum San Francisco, USA. Ausgangspunkt war eine hierarchische Gliederung der Gesamtheit aller verkehrsbezogener Entscheidungen in²⁷⁾

Stufe 1: Stadtentwicklungsentscheidungen

- Räumliche Verteilung der Arbeitsplätze
- Räumliche Verteilung der Wohnungen

Stufe 2: Mobilitätsentscheidungen der Haushalte

- Wohnortwahl
- Anzahl Erwerbstätige
- Häufigkeit von Arbeitsfahrten
- Arbeitsplatzwahl
- Pkw-Besitz
- Verkehrsmittel für Arbeitsfahrt

Stufe 3: Verkehrsverhaltensentscheidungen der Haushalte

- Häufigkeit, Ziel und Verkehrsmittel für Nichtarbeitsfahrten (ohne Schulfahrten)
- Tageszeit und Route für alle Fahrten (ohne Schulfahrten)

Zur Prognose der Entwicklungsentscheidungen der Stufe 1 wurde das bekannte Stadtentwicklungsmodell PLUM (Projective Land Use Model) benutzt. Dieses Modell lieferte zugleich die räumliche Verteilung der Haushalte und deren Schichtung nach der Zahl der Erwerbstätigen. Zur Prognose der übrigen Mobilitätsentscheidungen der Stufe 2 wurde zunächst eine Unterscheidung zwischen Erwerbstätigen- und Nichterwerbstätigenhaushalten vorgenommen. Während für den letztgenannten Haushaltstyp lediglich ein logistisches Modell zur Prognose der Anzahl Pkw pro Haushalt entwickelt wurde, mußte für die Erwerbstätigenhaushalte je ein Modell zur Prognose von Häufigkeit, Ziel und Verkehrsmittel für wohnungsbezogene Arbeitsfahrten (getrennt nach Haupterwerbstätigen und übrigen Erwerbstätigen) kalibriert werden. Die Verkehrsverhaltensentscheidungen der Stufe 3 wurden mit Hilfe von insgesamt sechs Submodellen prognostiziert: Häufigkeit wohnungsbezogener Einkaufs- und Freizeitfahrten, Ziel- und Verkehrsmittelwahl für wohnungsbezogene Einkaufs- und Freizeitfahrten, Häufigkeit und Quelle-Zielwahl für nichtwohnungsbezogene Einkaufs- und Freizeitfahrten, Pkw-Besetzungsgrad, tageszeitliche Verteilung, Routenwahl. Diese Teilmodelle der Mobilitäts- und Verhaltensentscheidungen sind untereinander sowohl durch die logische Abfolge und den Datenfluß verbunden als auch durch die Verwendung von Variablen, welche den Charakter von Erreichbarkeitsindizes haben.

Zur praktischen Anwendung dieser Modelle wurden zwei verschiedene Computerprogrammsysteme entwickelt. Das erste Programmsystem liefert detaillierte Netzberechnungen sowohl für kurzfristige als auch langfristige Prognosen und stellt somit eine echte Alternative zu den traditionellen Verfahren der Verkehrsplanung und -prognose dar.

27) Ruiter, E. R. und Ben-Akiva, M., The development of a complete system of disaggregate travel demand models, 1977, noch nicht veröffentlicht.

Das zweite Programmsystem hat demgegenüber die Aufgabe, die kurzfristigen Konsequenzen von grob definierten verkehrsplanerischen und/oder verkehrspolitischen Maßnahmen zu analysieren. All dies macht deutlich, daß disaggregierte verhaltensorientierte Verkehrsmodelle inzwischen zu voll anwendbaren Instrumenten der Verkehrsplanung geworden sind.

VII. Schlußbemerkungen

Mit der vorliegenden Arbeit wurde versucht, einen Überblick über den gegenwärtigen Entwicklungsstand disaggregierter verhaltensorientierter Verkehrsmodelle zu geben. Die bisherigen Erfahrungen bei praktischen Anwendungen solcher Modelle sind vielversprechend und lassen erwarten, daß mit ihrer Hilfe viele Schwächen und Unzulänglichkeiten herkömmlicher Verkehrsplanungs- und -prognosemethoden überwunden werden können. Trotzdem bleibt festzustellen, daß noch immer eine ganze Reihe z. T. recht wichtiger Fragen bisher nicht oder nur unzureichend beantwortet sind.

Als ein Schwerpunkt des zukünftigen Forschungsprogramms ist die Überwindung der weitgehend isolierten Betrachtung einzelner Teilaspekte des individuellen Verkehrsverhaltens zu sehen. Es ist vielmehr ein umfassenderes Modell anzustreben, welches das Verhalten im Personenverkehr aus dem täglichen Aktivitätenmuster der Individuen heraus erklärt. In diesem Zusammenhang spielen vor allem Fragen der Aufteilung des individuellen täglichen Zeitbudgets und der Modellierung von Fahrtenketten (Folge von Fahrten ohne dazwischengeschobene Rückkehr zur Wohnung) eine Rolle. Angesichts des vergleichsweise hohen Informationsbedarfs zur Schätzung der Parameter verhaltensorientierter Modelle ist es weiterhin notwendig, nach effizienteren Stichprobenverfahren zu suchen. Bisher ist das logistische Modell der einzige praktisch erprobte mehrdimensionale Ansatz. Es ist also naheliegend, auch andere mögliche Modelltypen auf ihre Brauchbarkeit hin zu untersuchen. Im Hinblick auf die praktische Anwendung disaggregierter verhaltensorientierter Modelle ist es außerdem notwendig, die mit der geeigneten Modellstruktur zusammenhängenden Probleme sowie das Aggregationsproblem gründlicher als bisher zu analysieren.

Summary

In German speaking countries relatively little attention has been paid to disaggregate behavioural travel demand models in the past. Therefore, this article primarily intends to draw attention to this type of transport model. For this purpose a rather general behavioural travel demand model is presented first. The next section is devoted to specification problems in connection with behavioural demand models. Subsequently, the n-dimensional logit model is discussed in some detail. Additionally, the paper treats structural issues and aggregation problems. Finally, two instructive examples of successful practical applications of disaggregate behavioural travel demand models are cited.

Résumé

Dans les pays de langue allemande, peu d'attention a été accordée par le passé aux modèles comportementaux désagrégés de besoins en transport. C'est pourquoi le but primordial de cet article est d'attirer l'attention sur ce type de modèle de transport. A cet effet, on y présente en premier lieu un modèle comportemental général de besoins en transport. La partie suivante est dédiée à des problèmes de spécification en relation avec des modèles comportementaux de besoins en transport. Après quoi, le modèle logistique à n dimensions fait l'objet d'une discussion en détails. En outre, le présent article traite de résultats structurels et de problèmes d'agrégation. En dernier lieu, sont cités deux exemples instructifs d'application pratique réussie de modèles comportementaux désagrégés de besoin en transport.

Zur Monetarisierung von Wirksamkeiten im Rahmen von Kosten-Wirksamkeits-Analysen

VON DR. RER. POL. WERNER HORSMANN, BREMERHAVEN
UND DIPL.-ING. GOTTFRIED ILGMANN, HAMBURG

I. Problemstellung

Zur Entscheidungsvorbereitung für komplexe Projekte werden im Rahmen von Nutzen-Kosten-Untersuchungen (NKU) folgende Methodiken anerkannt und eingesetzt¹⁾:

- Kosten-Nutzen-Analysen (KNA),
- Kosten-Wirksamkeits-Analysen (KWA),
- Nutzwertanalysen in engerem Sinne (NWA).

Das Nebeneinander der Methodiken ist begründet in der Tatsache, daß bisher noch kein Instrumentarium entwickelt werden konnte, das eine adäquate Einbeziehung jeweils aller Effekte ermöglicht, die durch die Entscheidung für eine der zu beurteilenden Projektalternativen ausgelöst werden. Aus diesem Grunde weisen die Methodiken jeweils spezifische Begrenzungen im Hinblick auf ihre Ordnungsfähigkeit von Alternativen bezüglich deren Vorziehwürdigkeit auf²⁾. Wohl nicht zuletzt aus diesem Grund sind Nutzen-Kosten-Untersuchungen zwar obligatorisch für Maßnahmen von erheblicher Bedeutung bei öffentlichen Investitionen gemäß § 7 Abs. 2 BHO, die dabei anzuwendende Methodik aber ist nicht eindeutig auf eine der oben genannten Arten festgelegt.

Investitionen im Verkehrsbereich, insbesondere im Bereich von Verkehrsinfrastrukturen, fallen nahezu stets in den Kreis von Maßnahmen, für die eine NKU obligatorisch ist. Gerade wegen des Umfangs der Mittel, über deren Allokation hier entschieden wird, ist es unabdingbar, eine Methodik zu verwenden, die nicht bereits von vornherein als problematisch anzusehen ist. Durch die Notwendigkeit, erkennbar fragwürdige Entscheidungsvorbereitung zu vermeiden, wurden die folgenden Überlegungen veranlaßt.

Als wesentliche Begrenzung der Kosten-Wirksamkeits-Analyse (KWA) wird es angesehen, daß die ermittelten Kosten und Wirksamkeiten jeder Alternative im Ergebnis einander unvergleichbar gegenüberstehen³⁾ und daher in bestimmten Fällen – ohne

Anschrift der Verfasser:

Dr. rer. pol. Werner Horstmann, Hochschule Bremerhaven Studiengang Transportwesen,
Columbusstraße 21, 2850 Bremerhaven
Dipl.-Ing. Gottfried Ilgmann, SNV Studiengesellschaft Nahverkehr mbH,
Lokstedter Weg 24, 2000 Hamburg 20

- 1) Vgl. z. B. *Arnold, V.*, Methoden der Entscheidungsfindung bei staatlichen Allokationsaktivitäten – ein kritischer Vergleich, in: *Finanzarchiv* 1975, S. 418–434.
- 2) *Ebenda*, S. 432 f. sowie *Cerwenka, P.*, Probleme der Bewertung und der Wertsynthese bei der Anwendung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen, in: *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft* 1976, S. 222–235.
- 3) Vgl. *Funck, R. et al.*, Anwendung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen für die Bestimmung von Prioritäten im öffentlichen Personennahverkehr – dargestellt am Beispiel des U-Bahn-Ausbaus in Hamburg, in: *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft* 1976, S. 142.

zusätzliche Annahmen über das Entscheidungsverhalten – keine eindeutige Ordnung von Alternativen zulassen, z. B. bei der Bewertung gleichzeitig höherer Kosten und Wirksamkeiten gegenüber einer anderen Alternative⁴). Als Auswege werden diskutiert:

- a) die Transformation der Kosten in Nutzwerte,
- b) die Bewertung von Wirksamkeiten in Geld⁵).

Zu a)

Sofern der Entscheidungsträger bereit ist, eine Bewertung des Kostenaspektes in der Form einer Transformationsfunktion für die Kosten der Nutzwerte und in der Angabe eines Gewichtungsfaktor für den Kostenbereich vorzugeben, resultiert daraus eine Nutzwertanalyse im engeren Sinne (NWA). Sie ermöglicht eine eindeutige Ordnung der Alternativen in der Dimension „Nutzwert“. Dieses Vorgehen ist methodenkonform, wird jedoch als unbefriedigend dargestellt, weil Nutzwerte als unanschaulich angesehen werden, d. h.: der Saldo aus den nicht in Geld anfallenden Wirksamkeiten und den „utilisierbaren“ Kosten sei den von der Entscheidung Betroffenen kaum als Wertmaßstab nahe zu bringen⁶).

Zu b)

Es wird zum einen die Ansicht vertreten, daß die Monetarisierung von Wirksamkeiten zu einem Geldnutzen führt, der mit den Kosten saldierbar ist und so einen Nettogeldnutzen der Alternativen ergibt, der analog einer KNA die gewünschte eindeutige Ordnung ermöglicht. Zum anderen wird davon ausgegangen, daß die Monetarisierung eine Überprüfung der Bewertungsansätze einzelner Bewertungskriterien auf deren geldliche Plausibilität ermöglicht⁷).

Die Verfasser sind der Ansicht, daß mit Hilfe der Monetarisierung von Wirksamkeiten einer KWA weder saldierbare Geldnutzen errechnet noch einzelne Bewertungsansätze geprüft werden können. Die Gründe hierfür werden im folgenden dargelegt.

II. Monetarisierete Wirksamkeiten als Geldnutzen

Die Bewertung der nicht monetär anfallenden Effekte einer Alternative in einer KWA erfolgt mit Hilfe von Transformationsfunktionen, die den zu messenden Alternativeneigenschaften (sog. Zielbeiträge) für verschiedene Ausprägungen jeweils sog. Zielwerte zuordnen und durch gewichtete Zusammenfassung der Zielwerte Wirksamkeiten ergeben gemäß der Regel

4) Heimerl, G., Trassenfindung für neue Fernverkehrswege durch einen Ballungsraum. Vortrag, gehalten auf dem 1. Workshop der DVWG über Policy Sensitive Models, Sept. 76; Veröff. d. Manuskripts in Vorb.

5) Vgl. Fischer, L., Die kombinierte Anwendung von Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) und Kosten-Wirksamkeits-Vergleich (KWA) als Instrument zur Beurteilung von Investitionsmaßnahmen nach § 7 Abs. 2 der Bundeshaushaltsordnung, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft 1976, S. 96 ff. und Fischer, L. et al., Vergleichende Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des Bundes, in: Internationales Verkehrswesen 1976, S. 14.

6) Vgl. Fischer, L., a.a.O., S. 84 f. und Funck, R. et al., a.a.O., S. 143.

7) Vgl. Fischer, L. et al., a.a.O., S. 14.

$$W_j = \sum_i g_i \cdot z_{ij} \text{ mit } z_{ij} = f_i(x_{ij})$$

W_j = Wirksamkeit der Alternative j

g_i = Gewichtungsfaktor des Bewertungskriteriums i

z_{ij} = Zielwert der Alternative j in bezug auf Kriterium i

f_i = Bewertungsfunktion des Kriteriums i

x_{ij} = Zielbeitrag der Alternative j in bezug auf Kriterium i

$$0 < g_i < 1 \text{ für alle } i \text{ und } \sum_i g_i = 1$$

$$0 \leq z_{ij} \leq 10 \text{ für alle } i, j$$

$$0 \leq W_j \leq 10 \text{ für alle } j$$

Die Kriterien werden dabei so ausgewählt, daß sie einerseits alle für die Entscheidung relevanten anfallenden Aspekte umfassen und andererseits mit Hilfe meßbarer Eigenschaften der Alternativen ausgedrückt werden können (sog. Operationalisierung). Diese Operationalisierung stellt insbesondere im Bereich von Verkehrsinvestitionen eine schwierige und umfangreiche Aufgabe dar.

Die Aufgabe ist umfangreich, weil Verkehrsinvestitionen aufgrund ihrer Interdependenzen zu anderen Bereichen in aller Regel Effekte zweiter, dritter und noch höherer Ordnung auslösen. Hier gilt es, diesen Effekten zunächst grundsätzlich nachzugehen, um Auswirkungsbereiche als solche zu lokalisieren.

Die Aufgabe ist schwierig, weil die ausgelösten Effekte höherer Ordnung regelmäßig monetär unmittelbar nicht beschreibbar und in den jeweiligen Auswirkungsbereichen unterschiedlich stark wirksam sind. Der Entscheider muß daher abwägen, welche Effekte er bei der Analyse berücksichtigen will.

Er müßte an sich all jene Effekte einbeziehen, von denen er nach seinem Kenntnisstand erwarten kann, daß die Entscheidung in den dortigen Auswirkungsbereichen starke Wirkungen erzeugt. Er wird von den stark betroffenen Auswirkungsbereichen jene einbeziehen, für die sich ein nach seiner Ansicht plausibler Bewertungsmaßstab oder eine plausible Bewertungskonvention finden läßt. Schwach betroffene Bereiche oder stark betroffene Bereiche, in denen sich jedoch eine akzeptable Meßgröße nicht finden läßt, werden nicht als Kriterien in die KWA einbezogen. Sie werden ggf. im Nachhinein bei der Auswertung und Interpretation der Analyseergebnisse mit berücksichtigt.

Diese Vorgehensweise bei der Operationalisierung hat zur Folge, daß die Wirksamkeit eines Systems W_j , die nach der obigen Regel ermittelt wird, nur die Beschreibung der für entscheidungsrelevant erachteten Aspekte ist und nicht der nicht-monetär anfallenden Aspekte schlechthin⁸).

Es kommt noch eine weitere Schwierigkeit der Operationalisierung von Kriterien hinzu, die sich aus praktischen Begrenzungen ergibt:

Jede Analyse benötigt „ihre“ Daten, und es ist oftmals so, daß diese Daten nicht in der erforderlichen Form, zuweilen sogar überhaupt nicht, zur Verfügung stehen. In solchen

8) Vgl. Fischer, L., a.a.O., S. 80 und Heimerl, G., a.a.O., S. 8.

Fällen müssen sich Analytiker und Entscheider über eine Hilfskonstruktion zur Messung anhand des Vorhandenen oder Beschaffbaren einigen. Die Konstruktion gilt jedoch nur für die betreffende Untersuchung. D.h. auch: für die Messung desselben Effektes muß in einer anderen Untersuchung u. U. eine andere Meßgröße verwandt werden; oder umgekehrt: es gibt keine absolut gültige Meßgröße für die Messung eines bestimmten Alternativeneffektes, allenfalls einen Konsens der Analytiker und Entscheider über die Zweckmäßigkeit der im konkreten Fall zu verwendenden Größen⁹). Dies sei beispielhaft kurz verdeutlicht:

Betrachtet wird der Effekt (das Kriterium) der Geräuschbelastung, die ÖPNV-Systeme erzeugen. In einer generellen Untersuchung zur Beurteilung der Systeme ohne Bezug auf konkrete Städte ist als Meßgröße für die Geräuschbelastung ein Einzelschallpegel in einem definierten Abstand von der Fahrbahn vertretbar, weil die betreffenden Werte technisch ermittelbar, aber weitergehende Informationen über die Auswirkungen ohne Bezug auf konkrete Städte nicht möglich sind. In einer Durchführbarkeitsstudie für ein konkretes System in einer realen Stadt ist es zweckmäßiger, die Geräuschbelastung mit Hilfe eines Einzelschallpegels in einem Abstand zu messen, der dem Abstand zwischen der Fahrbahn und der in der Regel tatsächlich vorhandenen Baufront in dieser Stadt entspricht. Die Planungsdetaillierung einer Durchführbarkeitsstudie liefert die dazu erforderlichen Informationen.

Die in einer KWA verwendeten Kriterien stehen jedoch nicht für sich. Sie sind vielmehr nur Repräsentanten für zu bewertende Alternativeneigenschaften höherer Ordnung (sog. Teilziele). Die Beziehungen der Kriterien zueinander werden in der sog. Zielhierarchie abgebildet. Wesentliches Merkmal der KWA ist es, daß die Zielhierarchie konkurrierende, allenfalls indifferente Teilziele enthält¹⁰). Zielkonflikte werden mit Hilfe von Gewichtungsfaktoren zum Kompromiß gebracht. Diese Faktoren beschreiben, daß der Entscheidungsträger bereit ist, die Mindererfüllung eines Kriteriums i_1 durch die Mehrererfüllung eines anderen Kriteriums i_2 im Verhältnis der Gewichtungsfaktoren zu akzeptieren.

Damit der Kompromiß in der beschriebenen Weise zustandekommen kann, müssen die Teilziele voneinander nutzenunabhängig sein. Die Nutzenunabhängigkeit läßt sich durch Begrenzung der Zielerfüllungsbereiche nach oben und unten in der Weise herstellen, daß der Entscheidungsträger bereit ist, innerhalb der eingegrenzten Bereiche die Teilziele als nutzenunabhängig, d.h. im Verhältnis ihrer Gewichtungsfaktoren tauschbar, anzusehen¹¹). Wie hoch oder tief die Ober- oder Untergrenzen anzusetzen sind, bestimmt sich aus dem Oberziel der gesamten Analyse. Möchte ein Entscheider z.B. ein grundsätzlich attraktiveres Angebot an Nahverkehrsleistungen durchsetzen, als dies bisher der Fall ist, so müßte er z.B. im Bereich der Benutzerinteressen die Untergrenzen von Kriterien des Systemkomforts hoch ansetzen (also z.B. eine Überdachung an Haltestellen gegenüber heute weitgehend völlig ungeschützten oder lediglich überdachten Haltestellen im heutigen Oberflächenverkehr des ÖPNV).

Wenn sich aber die Bewertungsgrenzen aus dem generellen Oberziel bestimmen, dann ist es – analog den Überlegungen zur Operationalisierung – nicht möglich, die Ober- und

9) Vgl. *Cerwenka, P.*, a.a.O., S. 224.

10) Vgl. *Fischer, L.*, a.a.O., S. 84.

11) Vgl. *Fischer, L.*, a.a.O., S. 84.

Untergrenzen eines bestimmten Kriteriums schlechthin anzugeben, selbst für den Fall, daß dieses Kriterium in derselben Operationalisierung in einer anderen Studie (aber mit abweichender Oberzielsetzung) verwandt wird.

Bezogen auf die Bewertungskriterien einer KWA hat diese Überlegung folgende Auswirkungen:

a) Die Bewertungsuntergrenze definiert die Mindestanforderung in bezug auf das jeweilige Kriterium¹²). Eine Alternative, die in allen Kriterien die Mindestanforderungen erfüllt, ist im betrachteten Entscheidungskontext gerade noch akzeptabel. Was als gerade noch akzeptabel anzusehen ist, betimmt sich, wie oben erwähnt, aus dem Oberziel der Untersuchung; dazu ein kleines Beispiel:

In einer generellen Untersuchung zur vergleichenden Beurteilung konventioneller ÖPNV-Systeme ist der Aspekt (das Kriterium) der „Pünktlichkeit“ zu verwenden. Da hier auch Systeme zu betrachten sind, die zusammen mit dem Individualverkehr verkehren, kann die Mindestanforderung an die „Pünktlichkeit“ – z.B. gemessen über mittlere Verspätungszeiten – nicht allzu knapp angesetzt werden. Werden dagegen neuartige ÖPNV-Systeme, die vom Individualverkehr getrennt verkehren, vergleichend mit der Absicht untersucht, attraktive Leistungen im ÖPNV anbieten zu wollen, so müssen an deren „Pünktlichkeit“ schärfere Anforderungen (d.h.: geringere mittlere Verspätungszeiten) gestellt werden. Würde man beim Vergleich solcher neuartigen Systeme untereinander Verspätungen zulassen, wie sie z.B. beim heutigen Bus üblich sind, so wären die systemspezifischen Unterschiede bezüglich der Pünktlichkeit nur deswegen gering, weil sie am Maßstab sehr großer Verspätungen wie beim Bus gemessen werden.

b) Die Bewertungsobergrenze definiert das als maximal erreichbar oder wünschenswert Angesehene in bezug auf das jeweilige Kriterium¹³). Eine Alternative, die in allen Kriterien dieses Maximum erfüllt, ist im betrachteten Entscheidungskontext die beste.

c) Der Verlauf der Bewertungsfunktion zwischen den Grenzen beschreibt die Reaktion auf unterschiedliche Zielbeiträge innerhalb der Bewertungsgrenzen. Er kann Bestrafungs- oder Belohnungstendenzen oder indifferente Tendenzen in bezug auf die Zielbeiträge der Alternativen enthalten.

Diese Vorgaben a) bis c) müssen festliegen, damit der Entscheidungsträger die erforderlichen Gewichtungsfaktoren formulieren kann. Hier ist ein enges Zusammengehen zwischen Analytikern und Entscheidungsträgern unabdingbar, um die Gefahr der versteckten Präjudizierung durch Analytikersetzen weitestgehend zu vermeiden¹⁴).

Für das Problem der Monetarisierung von Wirksamkeiten liefern die vorangegangenen Überlegungen folgende Argumente:

Nutzwerte, gleich welcher Dimension, können nur in vergleichender (relativer) Betrachtung ermittelt werden¹⁵). Die in einer KWA ermittelten Wirksamkeiten sind relativ

12) Vgl. *Heimerl, G.*, a.a.O., S. 1.

13) Vgl. *Heimerl, G.*, a.a.O., S. 1.

14) Vgl. dazu die Darstellung zu a) in Abschnitt 3 dieser Arbeit.

15) Vgl. *Dreyer, A.*, Nutzwertanalyse als Entscheidungsmodell bei mehrfacher Zielsetzung. Diss. Hamburg 1975, S. 34 f. und S. 58.

in bezug auf die Bewertungsgrenzen des in der betrachteten Entscheidungssituation gerade noch Akzeptierten und des dort als maximal erreichbar oder wünschenswert Angesehenen. Ihre Überführung in Geldnutzen würde es erfordern, die Bewertungsgrenzen monetär abzubilden. Es ist daher zu prüfen, ob eine Monetarisierung der Bewertungsgrenzen möglich ist.

Der Mindeststandard des gerade noch Akzeptablen (sozusagen der Vektor der Bewertungsuntergrenzen aller KWA-Kriterien der betreffenden Untersuchung) muß einen „Wert“ haben, weil Alternativen, die nur genau diese Anforderungen erfüllen, nicht aus der Betrachtung ausscheiden.

Wenn man einmal unterstellt, daß dieser „Wert“ monetär bezifferbar und bekannt ist, dann ließe sich daraus anhand der Gewichtungsfaktoren und der Verläufe der Bewertungsfunktionen im Bewertungsrahmen ein Geldnutzen für den Höchststandard und damit auch für die Alternativen ableiten.

Der „Wert“ des Mindeststandards ist jedoch als Geldnutzen nicht bezifferbar, weil das Bewertungssystem des Entscheiders unterhalb des Mindeststandards abbricht. Anders formuliert: Zielerfüllungen unterhalb der Bewertungsuntergrenzen führen zum Ausschluß der betreffenden Alternative. Der Entscheider äußert seine Präferenzen erst für Alternativen, die in allen für entscheidungsrelevant erachteten Aspekten mindestens gerade noch akzeptabel sind. Wenn der Mindeststandard als Geldnutzen beziffert werden soll, müßte es aber – wegen der, oben dargelegten, unabdingbaren Relativität jeglicher Nutzenermittlungen – einen Zustand geben, der „schlechter“ ist als der Mindeststandard, gegen den sodann der Mindeststandard zu bewerten wäre. Genau dies widerspricht aber gerade dem Konzept des Mindeststandards als des gerade noch Akzeptablen.

Ein Ausweg scheint darin zu bestehen, die Situation, so wie sie für das betrachtete Entscheidungsproblem und -feld im Entscheidungszeitpunkt real vorgefunden wird, als Vergleichsmaßstab zu verwenden.

Dieses Vorgehen führt nicht weiter, wenn der Mindeststandard gerade dieser Situation entspricht, weil dann Bewertungsanforderungen und Realität deckungsgleich sind.

Um die zur Bewertung erforderlichen Unterschiede herzustellen, könnte versucht werden, eine Situation gedanklich zu konstruieren, die „schlechter“ ist als die realen Verhältnisse, und sodann gegen diese zu bewerten. Da jedoch eine solche Situation in der Realität nicht verankert und damit daran nicht überprüfbar ist, könnte der Geldnutzen des Mindeststandards durch beliebig „schlecht“ definierte Situationen beliebig hoch getrieben werden. Die auf solcher Basis ermittelten Geldnutzen von Alternativen wären dem Betrage nach entsprechend beliebig und für die Saldierung mit den zugehörigen Kosten insoweit unbrauchbar.

Im anderen Fall (Mindeststandard ist „besser“ als die vorgefundene reale Situation) liefert die Heranziehung der realen Verhältnisse gleichfalls keinen Vergleichsmaßstab. Wären sie nämlich in den Augen des Entscheidungsträgers noch akzeptabel, so hätte er nicht den Mindeststandard höher angesetzt. Der „bessere“ Mindeststandard wurde ja gerade gesetzt, weil die herrschenden Verhältnisse als unbefriedigend – im Sinne der Nutzenermittlung als „nichts“ wert – empfunden werden.

Ein weiterer denkbarer Fall wäre es, daß der Mindeststandard vom Entscheidungsträger

von vornherein und bewußt „schlechter“ angesetzt wird als die realen Verhältnisse sind. Hier könnte von den realen Werten „herunter“ und sodann im System der KWA auf die Obergrenze und die Alternativenwerte „herauf“ gerechnet werden.

Eine solche Vorgehensweise tritt nach Ansicht der Verfasser jedoch äußerst selten auf. Im allgemeinen ist davon auszugehen, daß Projekte durchgeführt werden sollen, um die herrschenden Verhältnisse zu verbessern und nicht, um ggf. hinter den Stand des bisher Erreichten zurückzugehen.

Die Argumentation für die Bewertungsuntergrenzen gilt analog auch für die -obergrenzen. Zusammenfassend ist somit festzustellen, daß die behauptete Überführbarkeit der Kriteriennutzwerte in Geldnutzen nicht möglich ist.

III. Monetarisierung von Wirksamkeiten zur Überprüfung von Bewertungsansätzen

Die Bewertungszusammenhänge im Bereich der nicht monetär anfallenden Alternativeneffekte sind i. d. R. sehr komplex und somit schwer überschaubar. Es ist daher nicht auszuschließen, daß den Analytikern oder dem Entscheidungsträger bei der Ermittlung des Bewertungsrahmens Fehler in bezug auf die Operationalisierung und Einschätzung einzelner Teilziele unterlaufen, der Bewertungsrahmen also Inkonsistenzen enthält. Zur Überprüfung auf solche Inkonsistenzen wird vorgeschlagen, Wirksamkeiten zu monetarisieren, um aus dem Vergleich der geldlichen Ansätze pro Einheit des Zielbeitrages der Kriterien auf Fehler im Ansatz zu schließen. Grundsätzlich sei dabei wie folgt vorzugehen:

Aus der Menge der Kriterien wird ein Kriterium ausgewählt, für das der Preis pro Mengeneinheit des Zielbeitrages anhand KWA-externer Erkenntnisse als bekannt angenommen oder festgelegt werden kann¹⁶). Das so (extern) monetarisierte Kriterium wird auch als Leitkomponente bezeichnet: Seine Leitfunktion besteht darin, daß unter Einbeziehung der Bewertungsfunktionen der restlichen Kriterien und der Gewichtungsrelationen zwischen den Kriterien sodann die Monetarisierungskonstanten (d. h. der „Preis“ pro Mengeneinheit des Zielbeitrages) der anderen Kriterien von der Leitkomponente aus errechnet und miteinander daraufhin verglichen werden, ob ihr monetärer Wert dem Entscheidungsträger plausibel erscheint¹⁷).

Eine solche Vorgehensweise muß nach Ansicht der Verfasser aus zwei Gründen scheitern. Methodisch gesehen besteht das Problem der Prämissenkongruenz. Mathematisch und skalierungstheoretisch gesehen besteht das Problem der Nicht-Linearität von Bewertungsfunktionen und des unterschiedlichen Skalierungsniveaus von Effekten. Diese Aspekte sollen im folgenden erläutert werden.

Die oben angeführten KWA-externen Erkenntnisse sind, theoretisch unabdingbar, prämissenbehaftet. Selbst vermeintlich „exakte“ Werte aus anderen Untersuchungen sind nur unter den Voraussetzungen der betreffenden Untersuchungen zustande gekommen und

16) Vgl. Fischer, L., a.a.O., S. 97 f.

17) Vgl. Cerwenka, P., a.a.O., S. 222 f. und S. 232 f.

gelten nur unter den dortigen Voraussetzungen. So ergeben sich z. B. für die „Kosten“ eines Pkw-Kilometers völlig unterschiedliche Werte bei Einbeziehung verschiedener Arten von fixen Kosten wie Zeit- und Gebrauchsverschleiß, Versicherungen, Garagen- oder Abstellplatznutzung usw. Bevor somit ein Wert in der betrachteten KWA Leitkomponente sein kann, muß geprüft werden, ob dessen Ermittlungsprämissen und die Prämissen der betrachteten Entscheidungssituation deckungsgleich sind.

Ist dies der Fall, so ist der Wert als Leitwert unter dem Prämissenaspekt grundsätzlich brauchbar.

Ist dies nicht der Fall, so ist der Leitwert grundsätzlich unbrauchbar aufgrund mangelnder Prämissenkongruenz. Diese Schwierigkeit wäre zu beseitigen, wenn es durch eine „Zwischen“untersuchung gelänge, die Prämissen deckungsgleich zu machen und den Wert entsprechend zu modifizieren. Ein anderer, pragmatischer Weg wäre es, zu konstatieren, daß der Prämissenunterschied nicht schwerwiegend sei und der Wert unverändert verwendet werden könne. Insoweit wären dann allerdings die Ergebnisse der betrachteten KWA für die angestrebte Überprüfung problematisch.

Aber selbst wenn ein brauchbarer Leitwert vorliegt, scheitert die Überprüfung, wenn nicht zusätzlich ganz spezielle Bedingungen im Bewertungsrahmen vorhanden sind.

Mathematisch gesehen, führt die oben geschilderte Vorgehensweise zu einer Lösung, wenn

- a) die Bewertungsfunktionen aller Kriterien zwischen ihren Bewertungsgrenzen linear verlaufen *und*
- b) die Bewertungsfunktionen aller Kriterien stetig, d. h. zumindest intervallskaliert, sind.

Ist eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, so ist eine Lösung (d. h. die Menge der Monetarisierungskonstanten aller Kriterien außer der Leitkomponente) nicht ermittelbar, weil das zugrunde liegende Gleichungssystem entweder unterbestimmt (nicht-lineare Funktionen), nicht lösbar (unstetige Funktionen) oder beides zugleich ist.

Zu a)

Es ist die Aufgabe der Analytiker, die Verläufe der Bewertungsfunktionen so festzulegen, daß sie die Effekte alternativer Zielbeiträge „richtig“ wiedergeben. „Richtig“ bedeutet hier, daß die Reaktion der vom jeweiligen Effekt Betroffenen auf alternative Zielbeiträge nach dem derzeitigen Kenntnisstand der damit befaßten Wissenschaften (z. B. Psychometrie) im Verlauf der Bewertungsfunktion zutreffend abgebildet wird. Nach diesem Kenntnisstand werden z. B. Lärmbelästigungen oder Reisezeiten (-ersparnisse) nicht-linear empfunden und sind mit entsprechenden Funktionstypen abzubilden.

Sobald jedoch in der Menge der Bewertungskriterien nur eines mit einer nicht-linearen Bewertungsfunktion auftritt, wird die Lösung für dieses Kriterium, d. h. der monetäre Prüfwert pro Einheit der Zielerfüllung, niveauabhängig. Ist der Verlauf der Bewertungsfunktion der Leitkomponente selbst nicht-linear, wird die Lösung insgesamt niveauabhängig und damit unbrauchbar.

Zu b)

Es ist eine Erfahrungstatsache im Bereich der Nutzen-Kosten-Untersuchungen, daß sich

gewisse Effekte von Alternativen nicht mit Hilfe stetiger Funktionen ohne Vergewaltigung der sachlichen Zusammenhänge abbilden lassen. Sei es, weil in diesen Effekten Sprungphänomene auftreten (z. B. wird eingesparte Reisezeit erst von einem bestimmten Umfang an als selbständig nutzbare Zeit bemerkt), sei es, weil Effekte überhaupt nur eine Charakterisierung nach „weniger-mehr“ oder sogar „vorhanden-nicht vorhanden“ zulassen. Dies ist nicht das Unvermögen der Analytiker, entsprechende Bewertungsfunktionen zu konstruieren, sondern eine Begrenzung aus der Natur der Effekte selbst. Dazu ein kleines Beispiel:

Einige Systeme des ÖPNV ermöglichen aufgrund ihres Fahrweges die Einrichtung von durchgehenden Fußgängerzonen (aufgeständerte Systeme). Andere Systeme ermöglichen dies nicht (Bussysteme). Diese Aussage gilt bei einem einzuhaltenden verkehrlichen Bedienungsstandard und bei einigermaßen realistischen Kostenverhältnissen (also nicht: überwiegende Führung des Systems im Tunnel).

Ob und wo tatsächlich Fußgängerzonen in einer Stadt eingerichtet und wie groß diese Zonen sein werden, entscheidet sich jedoch weitgehend anhand anderer Aspekte (Stadtstruktur und -entwicklung, politische Interessen, Lebensqualität o. ä.).

Wird eine KWA zur Beurteilung von ÖPNV-Systemen durchgeführt, so sollte die Tatsache, daß einzelne Systeme die Einrichtung von Fußgängerzonen erleichtern oder erschweren, sicherlich berücksichtigt werden. Es wäre aber im vorliegenden Entscheidungszusammenhang unsinnig, etwa eine Bewertungsfunktion aufzustellen, die bei 0 km² Fußgängerzone beginnt und bei 10 km² endet, wie immer der Verlauf der Funktion zwischen diesen Grenzen dann noch aussehen mag. Die Entscheidung für die Einrichtung von Fußgängerzonen fällt anhand anderer und weitergehender Kriterien, das ÖPNV-System setzt hierfür allenfalls eine Nebenbedingung. Bei der *System*-Beurteilung kann somit der städtebauliche Aspekt von Fußgängerzonen allenfalls qualitative Bedeutung haben. Die Bewertungsfunktion hierfür kann im Entscheidungskontext der *System*-beurteilung allenfalls das Niveau einer ordinalen Skala haben (z. B. von „Fußgängerzonen uneingeschränkt möglich“ über „wenig, stark erschwert“ bis „Einrichtung unmöglich“, mit jeweils zuzuordnenden Zielwertpunkten von 10 bis 0).

Wenn es aber innerhalb des Bewertungsrahmens einer KWA Kriterien gibt, die nicht mit Hilfe stetiger Bewertungsfunktionen abgebildet werden können, so muß die Überprüfung des nicht-monetären Teils der KWA in der oben skizzierten Weise (Leitkomponente und Errechnung der übrigen Monetarisierungskonstanten) scheitern.

Die Verfasser sind der Ansicht, daß das Auftreten von qualitativen Kriterien in Kosten-Wirksamkeits-Analysen, die Anspruch auf Wirklichkeitsnähe erheben, so gut wie nicht zu vermeiden ist.

IV. Schlußbetrachtung

Als ein wesentlicher Nachteil für die Zwecke der Entscheidungsfindung wird der Methodik der KWA vorgeworfen, daß die Wirksamkeiten und Kosten sich im Ergebnis unvereinbar gegenüberstehen. Zur Vermeidung dieses Nachteils wird vorgeschlagen, die Wirk-

samkeiten zu monetarisieren, um saldierbare Geldnutzen oder zumindest überprüfbare Monetarisierungskonstanten zu ermitteln.

Die vorliegende Arbeit hat gezeigt, daß beide Vorgehensweisen nicht zum Ziel führen. Die Unvereinbarkeit von Kosten und Wirksamkeiten in einer KWA ist über die Monetarisierung von Wirksamkeiten nicht aufhebbar. Ob jedoch Nachteile aus der Unvereinbarkeit von Kosten und Wirksamkeiten wirklich so gravierend sind, ist nach Ansicht der Verfasser zumindest zweifelhaft. Hält man sich nämlich vor Augen, daß die KWA der Entscheidungsvorbereitung dient und nicht mit der Entscheidungsfindung identisch ist, so bietet sich ein – allerdings pragmatischer – Ausweg an:

Gelingt es den Analytikern bei der Entwicklung des Bewertungsrahmens durch intensive Rückkopplung mit den Entscheidungsträgern einen von allen getragenen Konsens über die Operationalisierung der Teilziele der Untersuchung herzustellen, so wird zweierlei erreicht. Zum ersten verbessern sich der Einblick und Informationsstand der Entscheidungsträger bezüglich der komplexen Bewertungszusammenhänge. Die Entscheidungsträger sind dadurch besser in der Lage, Wirksamkeitsergebnisse zu interpretieren. Zum zweiten erhöht sich durch die intensive Beteiligung die Identifikation mit dem Bewertungsrahmen, so daß die Unvereinbarkeit von Kosten und Wirksamkeiten nicht mehr so stark empfunden wird.

Diese Vorgehensweise sollte eigentlich selbstverständlich sein. Sie ist nur eine Folge der Arbeitsteilung, innerhalb der der Analytiker zunächst eigene, plausible Festsetzungen trifft (Definition der Zielhierarchie, Unter- und Obergrenzen sowie Verlauf der Bewertungsfunktionen). Um jedoch sicher zu gehen, daß diese Setzungen die Präferenzen des Entscheidungsträgers zutreffend abbilden, muß der Analytiker fordern können, daß ihm der Entscheidungsträger die „Richtlinien der Politik“, d. h. seine Präferenzen, richtig und umfassend mitteilt¹⁸). Diese Vermittlung läßt sich am besten durch intensive Rückkopplung erreichen.

Summary

The essential drawback of the methodology of the cost-effectiveness analysis for purposes of decision-making is reportedly to be the fact that the resulting effectivenesses and costs cannot be directly compared. In order that this drawback be avoided it is being suggested that effectivenesses are converted into monetary terms so that net monetary benefits or constants for the conversion into monetary terms can be determined which can be checked up on with respect to the various effectivenesses. The paper at hand shows that these suggestions do not lead to the desired end.

Résumé

Un inconvénient essentiel pour la prise de décision que l'on reproche à la méthodologie de l'analyse coût-efficacité, réside dans le fait que son résultat met en présence des efficacités et des coûts incomparables directement. Afin de pallier à cet inconvénient, on propose de monétiser les efficacités afin de déterminer des gains monétaires nets ou des constantes de monétisation vérifiables pour chaque efficacité. La présente étude montre que ces propositions ne mènent pas au but.

18) Vgl. Fischer, L., a.a.O., S. 101.

ZEITSCHRIFT FÜR VERKEHRS- WISSENSCHAFT

INHALT DES HEFTES:

- | | |
|--|-----------|
| Prognose von Unfallanzahlen und Jahresfahrleistungen
– Darstellung der Methodik –
Von Dr.-Ing. Ekkehard Brühning und
Dr. rer. nat. Dirk Heidemann, Köln | Seite 67 |
| Einige Anwendungsprobleme der Nutzwertanalyse
Von Dr. Johann Eekhoff und
Professor Dr. Horst Schellhaaß, Saarbrücken | Seite 83 |
| Einige Anwendungsprobleme der Nutzwertanalyse
Bemerkungen zu J. Eekhoff und H. Schellhaaß
Von Professor Dr. rer. pol. Rolf Funck,
Professor Dr.-Ing. Hans Georg Retzko,
Professor Dipl.-Ing. Karlheinz Schaechterle,
Dr. techn. Peter Cerwenka, Dr.-Ing. Henner Frei,
Dipl. Wi.-Ing. Michael Keller, Dipl. Wi.-Ing. Rainer Leonardy,
Dr. rer. pol. Werner Rothengatter, Dipl.-Ing. Wolfgang Stengel | Seite 95 |
| Europäischer Flugtourismus
in der Bundesrepublik Deutschland
in Angebot und Nachfrage
– dargestellt am Anwendungsfall des
Flughafens Düsseldorf –
Teil I
Von Dipl.-Ing. Viktor Porger, Bückeburg | Seite 103 |
- Zuschriften für die Redaktion sind zu richten an
Professor Dr. R. Willeke, Institut für Verkehrswissenschaft
an der Universität zu Köln, Universitätsstraße 22, 5000 Köln 41.
- Schriftleitung:
Dr. Herbert Baum, Universitätsstraße 22, 5000 Köln 41.
- Herstellung · Vertrieb · Anzeigen:
Verkehrs-Verlag J. Fischer, Paulusstraße 1, 4000 Düsseldorf 14,
Telefon: (0211) 67 30 56, Telex: 8 58 633 vvf
- Einzelheft DM 13,-, Jahresabonnement DM 48,-.
- Für Anzeigen gilt Preisliste Nr. 7 vom 1. 1. 1978.
- Erscheinungsweise: vierteljährlich.

Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophotos u. ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.