

Sensitivitätsuntersuchung des Nutzens bei Kosten-Wirksamkeits-Analysen, dargestellt am Beispiel der Durchführbarkeitsstudie C-Bahn Hamburg

VON DR. PETER KIRCHHOFF, HAMBURG, UND
DR. WERNER LITTGER, OTTOBRUNN

Vorbemerkung

In der vom BMFT geförderten „Durchführbarkeitsstudie C-Bahn Hamburg 1977“ werden die verkehrlichen, betrieblichen und städtebaulichen Probleme des Einsatzes eines Kabinenbahn-Systems der Bauart C-Bahn in Hamburg untersucht. Bei der C-Bahn handelt es sich um ein automatisches, spurgebundenes Nahtransportsystem, bei dem an einem i. a. 8 m über Straßenniveau verlaufenden Balken hängende und stehende Kabinen geführt werden. Als Einsatzgebiet in Hamburg wurde aufgrund von umfangreichen stadtstrukturellen und verkehrlichen Untersuchungen der Bezirk Barmbek-Nord ausgewählt.

Im Rahmen der Studie wurde eine Nutzen-Kosten-Untersuchung durchgeführt, in der der Einsatz der C-Bahn dem in Hamburg vorhandenen Bussystem und einem kombinierten System U-Bahn/Bus gegenübergestellt wurde¹⁾. Im Mittelpunkt der Nutzenermittlung stand eine Sensitivitätsanalyse. Über Methodik und Ergebnis dieser Sensitivitätsanalyse wird nachfolgend berichtet. Ausgangspunkt der Sensitivitätsanalyse war die Nutzenermittlung, wie sie in Kosten-Wirksamkeits-Analysen heute üblicherweise erfolgt.

I. Methodische Anmerkungen zur Zielfindung, Zielgewichtung und Zielbestimmung

Für Nutzen-Kosten-Untersuchungen – auch für die heute üblicherweise angewandten Kosten-Wirksamkeits-Untersuchungen – besteht nach wie vor eine Reihe methodischer Schwachstellen, die die Aussagefähigkeit der Ergebnisse relativieren. Die Arbeitsschritte

Anschriften der Verfasser:

Dr.-Ing. Peter Kirchhoff
HAMBURG-CONSULT, Gesellschaft für Verkehrsberatung und
Verfahrenstechniken mbH, Steinstraße 20, 2000 Hamburg 1

Dr.-Ing. Werner Littger
Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft mbH (IABG),
Einsteinstraße, 8012 Ottonbrunn

1) Vgl. *Runkel, M.*, Die Kosten-Wirksamkeits-Analyse am Beispiel der C-Bahn, in: *Transport und Verkehr*, 1978, Heft 10 und 11.

der Nutzenermittlung bei Kosten-Wirksamkeits-Analysen – Formulierung von Zielen, Gewichtung der Ziele untereinander und Bestimmung der Zielwerte – werden als weitgehend bekannt vorausgesetzt. Daher werden hier als Ausgangspunkt für die Sensitivitätsanalyse lediglich methodische Anmerkungen zu diesen Arbeitsschritten gemacht und die Arbeitsschritte nur insoweit erläutert, wie dies zum Verständnis der methodischen Anmerkungen notwendig ist.

Die Ermittlung des Nutzens von Maßnahmen setzt die Formulierung und Quantifizierung von Zielen voraus, an denen dieser Nutzen gemessen werden kann. Im vorliegenden Fall werden die Ziele aus den Anforderungen von Benutzer, Betreiber und Allgemeinheit abgeleitet, die in der Tabelle 1 zusammengestellt sind. Alle Komponenten des Zielsystems, die in Geldeinheiten ausgedrückt werden können, wurden dem Kostenmodell zugeordnet und alle übrigen Komponenten dem Nutzenmodell. Die Anforderungen des Betreibers sind entweder identisch mit den Anforderungen des Benutzers oder der Allgemeinheit und gehen damit in das Nutzenmodell ein oder sie sind – und dies gilt für ihren überwiegenden Teil – monetär quantifizierbar und somit Bestandteil des Kostenmodells. Das Zielsystem für die Ermittlung des Nutzens ist im vorliegenden Fall hierarchisch aufgebaut. Die Zielkriterien der verschiedenen Ebenen sind in Tabelle 2 aufgelistet.

In einem hierarchischen System muß eine hierarchische Abhängigkeit zwischen den einander zugeordneten Elementen der unterschiedlichen Ebenen bestehen. Außerdem dürfen keine Zirkularitäten, d. h. hierarchischen Rückkoppelungen vorhanden sein. Beide Bedingungen sind in dem vorliegenden Zielsystem nicht immer erfüllt. Der hierarchische Aufbau ist daher nicht als konstituierende Struktur der Ziele zu betrachten, sondern primär als Hilfsmittel für das Finden von Zielen, das die logische Zuordnung der Ziele zueinander erleichtert und damit zu einer weitgehenden Vollständigkeit der Ziele führt. Die methodische Unzulänglichkeit der Zielhierarchie wurde dabei in Kauf genommen.

Um den Nutzen eines Systems bestimmen zu können, sind die Ziele der unteren Hierarchieebene in ihrer gegenseitigen Bedeutung zu gewichten. Die Zielgewichtung stellt einen Bewertungsprozeß dar, der sich auf die subjektiven Werthaltungen der bewertenden Personen gründet. Hier liegt ein Ansatzpunkt für die Sensitivitätsanalyse (s. Abschnitt II).

Neben der Zielgewichtung muß für jedes Zielkriterium angegeben werden, in welchem Maß das untersuchte System dieses Ziel erfüllt. Dazu ist es erforderlich, die Ausprägung des untersuchten Systems im Hinblick auf die Ziele durch kardinale oder nominale Indikatoren anzugeben. Die Tabelle 2 enthält die hier verwendeten Indikatoren in ihrer Zuordnung zu den einzelnen Zielkriterien. Bei den nominal meßbaren Indikatoren sind die Dimensionen angegeben. Die Indikatoren werden über sogenannte Zielwertfunktionen in Zielwerte (= Zielerreichungsgrade) umgesetzt. Um diese Zielwertfunktionen quantifizieren zu können, muß die maximal wünschbare und die minimal akzeptable Zielerreichung festgelegt werden. Diese Grenzwerte können nur z. T. aus objektiven physikalischen Größen abgeleitet werden. Teilweise basiert sie auf subjektiven Werthaltungen und ist damit ebenfalls einem Bewertungsprozeß unterworfen. Insoweit muß auch die Festlegung der Grenzwerte der Zielerreichung in die Sensitivitätsanalyse einbezogen werden.

Die Zusammenfassung der maximal wünschbaren Zielerreichung aller Ziele markiert ein Idealsystem, an dem das zu bewertende Realsystem gemessen wird. Bei der Festlegung

Tabelle 1: Zielgruppen-spezifische Anforderungsprofile

Anforderungen der Benutzer	Anforderungen der Betreiber	Anforderungen der Allgemeinheit
Geringe Reisezeit	Sicherstellung einer Flächenbedienung, die dem Umfang der Nachfrage entspricht	Sicherstellung der verkehrlichen Erschließung
Gewährleistung der persönlichen Sicherheit während der Fahrt		Beschränkung beim Verkehrsflächen- und Raumbedarf
Hohes Attraktivitätsniveau, und zwar	Gewährleistung sicherheitstechnischer Unbedenklichkeit und Absicherung in Schadensfällen	Vermeidung von Belästigungen der Anlieger
	Geringe Unannehmlichkeiten beim Zu- und Abgang	Anpassungsfähigkeit an externe Systeme
Hoher Beförderungskomfort	Einsatzfähigkeit technischer Neuerungen	Erhaltung und Gestaltung des Stadtbildes
Hoher Bedienungskomfort		Erfordernisse der sozio-ökonom. Struktur
	Gewährleistung eines standardentsprechenden Service	
	Abwehrmöglichkeiten von Kriminalität gegen Personen und Sachen	

Tabelle 2: Zielkriterien und Indikatoren

Teilmodell Benutzer

Zielkriterium		Indikator
Reisezeit	→	Reisegeschwindigkeit (km/h)
Persönliche Sicherheit	→	Persönliche Sicherheit ·/-
Zugänglichkeit	Zugang und Abgang	An- und Abmarschmodalität (m)
	Funktionalität der Haltestelle	Witterungsschutz Orientierungshilfen Bahnsteigzugang Bahnsteigabsicherung
	Zugang zum Fahrzeug	Fahrzeugeinstieg (cm) Platzanordnung Platzerreichung
Beförderungsqualität	Fahrverhalten	Laufruhe Innenfahrgeräusch [dB (A)]
	Fahrzeugkomfort	Heizung und Lüftung Anzahl der Zwischenhalte (St) Sitzplatzkomfort Ausblickmöglichkeit
	Sitzplatzverfüg.	Sitzplatzanteil (%)

Fortsetzung Tabelle 2

Teilmodell Allgemeinheit

Zielkriterium		Indikator
Bedienungs- qualität	Bedienungshäufigk.	Fahrzeugfolgezeit (min)
	Zielbezogenheit	Umsteigehäufigkeit (%) Umsteigemodalität Anteil Zwischenhalte (%)
	Pünktlichkeit	Verspätung (min)
Erschließungs- wirkung	räuml. Erschließung	Entfernung zur Haltestelle (m) Netzflexibilität ·/·
	zeitl. Erschließung	Fahrzeugfolgezeit (min) Einsatzflexibilität ·/·
	Systemausfälle	Systemausfälle ·/·
Flächenverzehr	—————→	Flächenverzehr
Anlieger- belastungen	Belästigung durch Bau Einblick in Wohnungen Lärmbelästigung Abgasbelastung	Belästigung durch Bau ·/· Einblick in Wohnungen ·/· Lärmbelästigung ·/· Abgasbelastung ·/·
Stadtbild- einfluß	—————→	Stadtbeeinflussung ·/·
Einfluß auf Nutzung	—————→	Einfluß auf Nutzung ·/·

der Grenzen für die maximal wünschbare und die minimal akzeptierbare Zielerreichung ist jedoch zu berücksichtigen, daß es zwischen unterschiedlichen Zielen Zielkonflikte geben kann. So bedingt z. B. eine gute Anpassung des Streckenverlaufs an die Schwerpunkte des Verkehrsaufkommens (Zielkriterium: Verkehrliche Erschließung) im Regelfall eine gewundene Streckenführung und verschlechtert damit die auf die Luftlinie bezogene Reisegeschwindigkeit (Zielkriterium: Reisegeschwindigkeit). Die Grenzwerte der Zielerreichung dürfen deshalb nicht unabhängig voneinander festgelegt werden, denn sonst würden Forderungen erhoben, die von einem Idealsystem auch theoretisch nicht zu erfüllen sind und die damit zu unrealistischen Bewertungen für das Realsystem führen.

Die bei der Durchführbarkeitsstudie C-Bahn Hamburg festgelegten Größen für die Zielgewichte sowie für Verlauf und Grenzwert der Zielwertfunktionen sind bei *Runkel*²⁾ ausführlich wiedergegeben.

II. Einfluß von Werthaltungen auf die Zielgewichte

Jede Nutzenermittlung im Rahmen von Kosten-Wirksamkeits-Analysen liefert primär bei der Bestimmung der Zielgewichte, aber auch bei den Annahmen über Verlauf und Grenzwerte der Zielfunktionen, subjektive Ergebnisse, die von den Werthaltungen der jeweiligen Bearbeiter geprägt sind. Dabei liegt eine mehr oder weniger starke Streuung der Werthaltungen in der Natur der Sache. Aus diesem Grunde scheint es nicht vertretbar, wie es meist geschieht, das Ergebnis der Nutzenermittlung in eine einzige Zahl zu fassen. Vielmehr ist es notwendig, in einer Sensitivitätsanalyse Spannweiten der Bewertung aufzuzeigen und die dahinterstehenden Werthaltungen deutlich zu machen. Im vorliegenden Fall ist die Sensitivitätsanalyse vorwiegend auf die Zielgewichte ausgerichtet. Daneben werden jedoch auch unterschiedliche Grenzwerte einiger Zielwertfunktionen mit einbezogen. Letzteres sollte bei derartigen Sensitivitätsanalysen noch weiter verfolgt werden.

Die Gewichte der einzelnen Ziele wurden im Rahmen einer Delphi-Runde bestimmt. Sie sind das Ergebnis einer subjektiven Entscheidung der einzelnen Teilnehmer der Delphi-Runde vor dem Hintergrund ihrer jeweiligen Werthaltung. In der Tabelle 3 sind die Mittelwerte aus dem Gewichtungsvorgang für die einzelnen Zielkriterien der ersten beiden Hierarchieebenen dargestellt. Die Gewichtungsfaktoren sind dabei einmal im hierarchischen Sinne jeweils auf das übergeordnete Element bezogen (die Gewichtssumme jeder dieser Untergruppen ergibt 1) und zum anderen auf alle Elemente einer Ebene (die Gewichtssumme für alle Elemente dieser Ebene ergibt 1).

Analog zur Statistik liegt es nahe, die Mittelwerte dieser individuellen Gewichtssetzungen als maßgebende Gewichte zu interpretieren. Die Abweichungen zwischen den Gewichtungen durch die einzelnen Personen und dem mittleren Gewicht werden dann als zufällig im Sinne der Statistik interpretiert. Bei der Gewichtsabstimmung geht es jedoch nicht um ein statistisches Problem, sondern um ein Entscheidungsproblem. Die unterschiedlichen Gewichtssetzungen sind keine zufälligen Abweichungen von einem „richtigen Wert“, sondern gleichrangige Größen. Es gibt weder eine „mittlere Meinung“, noch bezeichnet der Mittelwert einen Konsens verschiedener Meinungen. Die Abweichungen

2) Vgl. ebenda.

Tabelle 3: Gewichte der Zielkriterien

Zielkriterium	Mittelwert bezogen auf übergeordnete Elemente	Varianz in %	Mittelwert bezogen auf gesamte Ebene
Ebene 1			
Benutzer Allgemeinheit	0,62 0,38	8 13	
Ebene 2			
Reisezeit	0,30	19	0,186
Pers. Sicherheit	0,12	36	0,074
Zugänglichkeit	0,16	19	0,096
Beförderungskomfort	0,16	25	0,096
Bedienungskomfort	0,26	21	0,167
Erschließungswirkung	0,39	19	0,150
Flächenverzehr	0,13	42	0,049
Anliegerbelastungen	0,22	22	0,085
Stadtbeeinflussung	0,18	20	0,074
Einfluss auf Nutzung	0,08	82	0,028
Ebene 3			
Reisezeit	1,00	–	0,185
Pers. Sicherheit	1,00	–	0,074
An- und Abmarsch	0,47	31	0,045
Funktionalität d. Hst.	0,39	27	0,037
Zugang zum Fahrzeug	0,14	32	0,014
Fahrverhalten	0,36	20	0,034
Fahrzeugkomfort	0,29	23	0,028
Sitzplatzverfügbarkeit	0,35	24	0,034
Bedienungshäufigkeit	0,30	26	0,052
Zielbezogenheit	0,22	25	0,036
Pünktlichkeit	0,48	16	0,080
Räuml. Erschließung	0,48	7	0,072
Zeitl. Erschließung	0,36	13	0,054
Systemausfälle	0,16	34	0,023
Flächenverzehr	1,00	–	0,049

Zielkriterium	Mittelwert bezogen auf übergeordnete Elemente	Varianz in %	Mittelwert bezogen auf gesamte Ebene
Belästigungen d. Bau	0,25	30	0,021
Einblick in Wohnungen	0,25	30	0,021
Lärmbelastung	0,25	30	0,021
Abgasbelastung	0,25	30	0,021
Stadtbeeinflussung	1,00	–	0,074
Einfluss auf Nutzung	1,00	–	0,028

zwischen den individuellen Gewichtssetzungen markieren vielmehr die Spannweite der Meinungen. Diese Spannweite darf bei der Nutzenermittlung nicht verloren gehen, sondern muß Ausgangspunkt für eine Sensitivitätsanalyse sein.

Als Maß für die Spannweite der Meinungen wird die Varianz im statistischen Sinne verwendet. Auf diese Weise gehen die Extremwerte der Gewichtung zwar in die Spannweite ein, sie wird aber nicht ausschließlich durch die beiden Extremwerte markiert. Angesichts dieser Interpretation der Abweichungen zwischen den individuellen Gewichtssetzungen war es möglich, die Teilnehmerzahl an der Delphi-Runde gering zu halten. Das bei einem statistischen Problem bestehende Ziel, die Streuung durch eine große Zahl von Meßwerten möglichst einzuschränken, besteht hier nicht.

III. Gewichtselastizität als Maß für den Zusammenhang zwischen Werthaltung und Nutzen

Im Mittelpunkt der Sensitivitätsanalyse steht die Frage: „Wie wirken sich Änderungen in den Zielgewichten (d. h. Verschiebungen in den Werthaltungen) auf den Nutzen aus?“ Das Verhältnis zwischen Nutzenänderung und Gewichtsänderungen eines Zieles wird hier als „Gewichtselastizität“ definiert. Diese Zusammenhänge lassen sich mit den Größen

\bar{g}_i : mittleres Gewicht des Zielkriteriums i

f_i : Zielwert des Zielkriteriums i

i : Laufindex der Zielkriterien

folgendermaßen darstellen:

Nutzen des Systems aufgrund der mittleren Zielgewichte:

$$\bar{N} = \sum_i \bar{g}_i \cdot f_i$$

Nutzen des Systems aufgrund der Gewichtsänderung g_i des Ziels i :

$$N_{\text{neu}}(\Delta g_i) = (N + \Delta g_i \cdot f_i) / (1 + \Delta g_i)$$

Nutzenänderung ΔN aufgrund der Gewichtsänderung Δg_i :

$$\Delta N = N_{\text{neu}} - \bar{N}$$

Gewichtselastizität für das Ziel i :

$$E_i = \left(\frac{\Delta N}{\bar{N}} \right) / \left(\frac{\Delta g_i}{\bar{g}_i} \right)$$

Die Variation der Normierungsbedingung für die Gewichte

$$\sum_i g_i = 1$$

ergibt

$$\sum_i \Delta g_i = 0$$

Da die Nutzenänderung proportional zur Änderung der einzelnen Zielgewichte verläuft, ist die Gewichtselastizität für ein Ziel i jeweils eine konstante Größe. Die Gewichtselastizitäten für die Zielkriterien des vorliegenden Anwendungsfalls (zweite Ebene der Zielhierarchie) sind im oberen Teil der Tabelle 4 dargestellt. Wegen der leichteren Überschaubarkeit wurden die Rechenwerte mit 100 multipliziert. Die Gewichtselastizitäten haben ein positives Vorzeichen, wenn eine Gewichtserhöhung zu einer Erhöhung des Nutzens führt, und ein negatives Vorzeichen, wenn die Gewichtserhöhung den Nutzen verringert. Je weiter ihr Absolutwert von 0 entfernt ist, desto größer ist der Einfluß einer Gewichtsveränderung auf den Nutzen.

Die Gewichtselastizitäten machen die Stärken und Schwächen der jeweils untersuchten Maßnahme deutlich. Die Maßnahme hat ihre Stärken im Hinblick auf diejenigen Ziele, bei denen eine Erhöhung des Gewichtes einen hohen Nutzensgewinn bringt (hohe positive Gewichtselastizität). Beim Einsatz der C-Bahn gilt dies z. B. für den Bedienungskomfort. Die Schwächen liegen dort, wo höhere Kriteriengewichte zu hohen Nutzenverlusten führen (hohe negative Gewichtselastizität). Dies ist z. B. beim Flächenverzehr der Fall. In dieser Interpretation der Gewichtselastizitäten liegt ein Ansatzpunkt für Systemverbesserungen: Sie sind vor allem dort erforderlich, wo hohe negative Gewichtselastizitäten auftreten.

Maximale Nutzenwerte für eine Maßnahme ergeben sich, wenn alle Ziele mit positiven Gewichtselastizitäten ein möglichst hohes Gewicht erhalten und alle Ziele mit negativen Gewichtselastizitäten ein möglichst geringes Gewicht. Minimale Nutzenwerte ergeben sich, wenn umgekehrt verfahren wird. Das größte und kleinste mögliche Gewicht eines Zielwertes wird durch jeweils extreme Werthaltungen markiert. Im vorliegenden Fall wird die Grenze der Gewichtserhöhung bzw. -erniedrigung durch die Varianz um den Mittelwert gezogen, wie sie sich aus dem Gewichtsbestimmungsprozeß ergeben hat (vgl. Tabelle 3). Zusätzlich kann bei unterschiedlichen Grenzwerten der Zielwertfunktionen der jeweils den Nutzen erhöhende oder erniedrigende Wert eingesetzt werden. Die auf diese Weise gewonnenen maximalen und minimalen Werte des Nutzens eines Systems stecken die Spanne ab, innerhalb derer sich der Gesamtnutzen bei unterschiedlichen Werthaltungen verändert.

Tabelle 4: Gewichtselastizitäten der Zielkriterien der 2. Zielebene und Gesamtnutzen

Zielkriterium	Gewichtverhältnis zw. Benutzer u. Allgemein.			C-Bahn			Bus			U-Bahn/Bus		
	50:50	62:38	75:25	50:50	62:38	75:25	50:50	62:38	75:25	50:50	62:38	75:25
Reisezeit	+ 2,2	+ 2,3	+ 2,3	- 7,3	- 9,2	- 10,3	- 7,6	- 9,0	- 10,1			
Persönliche Sicherheit	- 1,4	- 1,9	- 2,3	+ 2,3	+ 3,4	+ 4,5	- 1,2	- 1,2	- 1,1			
Zugänglichkeit	- 1,6	- 2,2	- 2,8	- 1,6	- 1,6	- 1,6	+ 0,4	+ 0,9	+ 1,1			
Beförderungskomfort	+ 2,6	+ 3,0	+ 3,3	- 3,1	- 3,6	- 4,0	- 1,6	- 1,5	- 1,3			
Bedienungskomfort	+ 8,0	+ 8,5	+ 8,8	+ 4,8	+ 7,0	+ 9,4	+ 4,0	+ 6,0	+ 8,7			
Erschließungswirkung	+ 3,8	+ 1,5	0,0	+ 2,2	+ 1,9	+ 1,3	- 0,6	- 0,6	0,0			
Flächenverzehr	- 6,5	- 4,9	- 3,3	+ 1,4	+ 1,3	+ 1,0	+ 1,4	+ 1,4	+ 1,1			
Anliegerbelastung	- 0,3	- 0,4	- 0,4	+ 0,3	+ 0,6	+ 0,1	+ 3,0	+ 2,0	+ 1,5			
Stadtbeeinflussung	- 1,6	- 1,5	- 1,0	+ 2,4	+ 2,3	+ 1,7	+ 4,6	+ 4,5	+ 3,4			
Einfluß auf Nutzung	- 0,6	- 0,5	- 0,4	- 1,8	- 1,3	- 0,8	- 0,5	- 0,2	- 0,1			

Gesamtnutzen bei

	6,2	6,5	6,8	5,6	5,5	5,3	5,7	5,5	5,3
mittleren Gewichten									
C-Bahn - günstigen Gewichten			7,5			5,2			5,2
C-Bahn - günstigen Gewichten und Nutzenfunktionen			7,5			5,4			5,4
Bus - günstige Gew.	6,1			6,1			6,2		
Bus - günstige Gew. und Nutzen	6,1			6,3			6,5		

Innerhalb dieser Spannweite des Nutzens kennzeichnen die Gewichtselastizitäten die zugrunde liegenden Werthaltungen: Je weiter sich der Nutzen dem Grenzwert nähert, um so wichtiger sind für den Bewerter solche Ziele, die einen hohen Absolutwert und ein entsprechendes Vorzeichen der Gewichtselastizität besitzen. Auf diese Weise kann bei Kenntnis der Spannweite des Nutzens und der Gewichtselastizitäten aus einem bestimmten Nutzenwert auf die zugrunde liegenden Werthaltungen geschlossen werden. Dieses Verfahren macht zwar keine exakten in Maß und Zahl gefaßten Angaben über die Werthaltungen, deckt aber gewisse Tendenzen auf, deren Kenntnis die Diskussion der Bewertungsergebnisse erleichtert.

In analoger Weise lassen sich die Grenzwerte der Zielwertfunktionen verändern. In einem solchen Fall treten in den oben genannten Formeln an die Stelle der Gewichtsgröße g_i und Δg_i entsprechende Zielwertgrößen z_i und Δz_i . Anstelle der Gewichtselastizität $E(\Delta g_i)$ ergibt sich dann die Zielwertelastizität $Z(\Delta z_i)$.

IV. Vergleich des Nutzens unterschiedlicher Maßnahmen

Mit Hilfe der hier definierten Nutzen-Sensitivität wird ein aussagefähiger Nutzenvergleich zwischen mehreren zu untersuchenden Maßnahmen in folgender Weise möglich: Für eines der Systeme werden sämtliche Zielgewichte derart bis an ihren oberen oder unteren Grenzwert verschoben und gleichzeitig die alternativen Grenzwerte der Zielwertfunktion

so angesetzt, daß sich insgesamt ein maximaler Nutzen ergibt. Die dafür verwendete Zielgewichts- und Zielwertkonstellation wird sodann für die Nutzenermittlung der anderen Systeme verwendet. Diese Vorgehensweise gibt im vorliegenden Anwendungsfall z. B. Antwort auf die Frage: „Wie ist das Nutzenverhältnis zwischen den Systemen, wenn von einer C-Bahn-günstigen Gewichtskonstellation und entsprechender günstigen Grenzwerten der Zielwertfunktionen ausgegangen wird?“ Eine C-Bahn-günstige Konstellation dieser Bewertungsgrößen einerseits und eine busgünstige Konstellation andererseits grenzen dann den Bereich ab, innerhalb dessen sich die Nutzen der zu vergleichenden Systeme bewegen. Die Gewichtselastizitäten geben dann die zugrunde liegenden Werthaltungen bei der Bewertung der Zielgewichte an. Diese Grenzwerte des Nutzens sind im unteren Teil der Tabelle 4 und die zugehörigen Gewichtselastizitäten im oberen Teil der Tabelle 4 angegeben.

Für die drei untersuchten Transportsysteme ergibt sich bei C-Bahn-günstiger Konstellation der Bewertungsgrößen ein Nutzenverhältnis von 7,5 für die C-Bahn zu 5,4 für Bus und 5,4 für die U-Bahn/Bus mit einem Unterschied von jeweils 2,1 Nutzenpunkten zugunsten der C-Bahn. Bei einer neutralen Werthaltung schrumpft dieser Unterschied auf 1,0 Nutzenpunkte (Vergleich der Mittelwerte), und bei einer extrem busfreundlichen Werthaltung mit bus-günstiger Konstellation der Bewertungsgröße kehrt sich das Nutzenverhältnis bei einem Unterschied von 0,4 Nutzenpunkten zugunsten des Vergleichssystems U-Bahn/Bus sogar um.

Die Überlegungen zur Sensitivitätsanalyse machen deutlich, daß die miteinander zu vergleichenden Maßnahmen nicht durch einen einzelnen Wert des Gesamtnutzens gekennzeichnet werden können. Solche Werte, die sich als Mittelwerte aus den verschiedenen Bewertungsprozessen ergeben, stellen lediglich rechentechnische Hilfsgrößen dar, die Ausgangspunkt für die Abgrenzung von Spannweiten des Nutzens sind. Ergebnis der Nutzenermittlung sind diese Spannweiten, für die bestimmte Einzelwerte nur aufgrund bestimmter Werthaltungen aktualisiert werden können.

Summary

The cost-effectiveness analysis carried out in connection with the "Hamburg Metropolitan Railway Feasibility Study" is used to point out some of the methodological problems of determining benefits. First of all, these problems emerge in the setting up of the targets, the weighting of the targets, and the translation of the parameters of the system to be evaluated into target values. In order to make the preferences clear on which the weighting of the targets and the determination of the target values are based, a sensitivity study is carried out. The sensitivity is characterized by weighting elasticities. Instead of a single benefit value, a whole range of benefits is used whose sub-ranges can be reduced to the underlying preferences by means of the weighting elasticities.

Résumé

Certains problèmes méthodiques en relation avec la détermination des avantages réels sont examinés à la lumière d'une analyse coût-efficacité établie dans le cadre de l'"étude de faisabilité du chemin de fer urbain de Hambourg". Ces problèmes apparaissent surtout au niveau de la définition des objectifs, de leur pondération et de la transposition pratique de valeurs théoriques. Afin de clarifier les priorités présidant à la pondération des objectifs et à leur évaluation, on effectue une étude de sensibilité dont les valeurs caractéristiques sont représentées par les marges de pondération. Ce faisant, l'avantage n'est point caractérisé par une valeur unique mais par sa portée globale dont les domaines particuliers peuvent être ramenés, à l'aide des marges de pondération, aux priorités fondamentales considérées.

v.st.g

Motorisierung innerhalb und außerhalb von Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960 — 1974

VON DR. JOACHIM WESTPHAL, HANNOVER

1. Einführung

In der Bundesrepublik Deutschland sind bezüglich der Verkehrsentwicklung in den letzten 25 Jahren mehrere Tendenzen erkennbar, die im wesentlichen zu den bekannten Schwierigkeiten auf den Straßen der Großstädte und Verdichtungsräume — vor allem in den Spitzenzeiten des Berufs- und Ausflugsverkehrs — führten. Diese Tendenzen sind

- die enorme Motorisierung breiter Bevölkerungsschichten,
- die Konzentration der Bevölkerung und Wirtschaft in verhältnismäßig wenigen Verdichtungsräumen und
- die Trennung der Funktionsbereiche Wohnen und Arbeiten/Lernen innerhalb der Verdichtungsräume.

Der vorliegende Aufsatz untersucht daher die Verteilung der Bevölkerung und der Motorisierung auf Großstädte und Nichtgroßstädte und zeigt deren Entwicklungen für den Zeitraum 1960 — 1974 auf. Wegen des zu großen Aufwandes und aus Platzgründen muß hier auf eine entsprechende Untersuchung für die Verdichtungsräume verzichtet werden.

In einer anderen Untersuchung wurden die Entwicklungen der Motorisierung in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) zwischen 1960 und 1974 aufgezeigt¹⁾. Ergänzend hierzu erscheint es erforderlich, in der vorliegenden Studie die Motorisierungsentwicklungen innerhalb und außerhalb der Großstädte miteinander zu vergleichen.

Das Datenmaterial für die vorliegende Untersuchung stammt aus amtlichen Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden²⁾ und des Kraftfahrt-Bundesamtes Flensburg³⁾. Die insgesamt 135 Einzeldaten sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Darin

Anschrift des Verfassers:

Dr.-Ing. Joachim Westphal, Baudirektor im Niedersächsischen Ministerium für Wirtschaft und Verkehr, Friedrichswall 1, 3000 Hannover 1

- 1) Westphal, J., Motorisierung in den Großstädten der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1960—1974, in: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 48. Jg. (1977), Heft 4.
- 2) Statistisches Bundesamt Wiesbaden, Fachserie A: Bevölkerung und Kultur, Reihe 1: Gebiet und Bevölkerung, I. Bevölkerungsstand und -entwicklung 1960—1974, Stuttgart und Mainz 1961—1975; Statistisches Bundesamt Wiesbaden, Fachserie A: Bevölkerung und Kultur, Reihe 1: Gebiet und Bevölkerung, III. Bevölkerung der kreisfreien Städte und Landkreise 1960—1974, Stuttgart und Mainz 1971—1975.
- 3) Kraftfahrt-Bundesamt Flensburg, Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern am 1. Juli 1960—1974, Bonn-Bad Godesberg 1961—1975.