

Résumé

Les cartels représentent en général une forme d'organisation de conventions industrielles peu stable et qui n'est que rarement prévue pour une longue durée. Le cartel IATA par contre présente un aspect qui, en ce qui concerne sa puissance fonctionnelle et sa durée, paraît être en contradiction avec ces expériences générales faites avec les cartels. Aussitôt le problème posé, la thèse de stabilité est tout de suite mise en question de nouveau en raison des difficultés effectives avec lesquelles la IATA est confrontée. L'article recherche les particularités théoriques de l'organisation qui sont décisives pour la puissance fonctionnelle sans relâche de la IATA, et discute les conditions de rapports collectifs suffisamment libres de tensions qui devraient régner dans la IATA. Enfin l'article développe des stratégies ayant pour but de garantir l'existence des cartels. De là résultant de certains perspectives concernant non seulement la viabilité des cartels en général, mais aussi le développement de la IATA.

Anwendung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen für die Bestimmung von Prioritäten im öffentlichen Personennahverkehr – dargestellt am Beispiel des U-Bahn-Ausbaus in Hamburg –

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

1. Problemstellung und Zielsetzung

Im Rahmen der Bearbeitung des Generalverkehrsplanes für die Stadt Hamburg wurden von der Baubehörde der Hansestadt verschiedene Netzkonzeptionen für den weiteren Ausbau des Hamburger Schnellbahnnetzes entwickelt. Nach eingehender Beratung innerhalb der Behörden entstand eine Konzeption, die als Grundlage für die Erweiterung des Netzes dienen soll. Diese Konzeption enthält als primäre Netzergänzungen die folgenden vier Strecken (vgl. Abbildung 1):

- a) Lurup-Bahnhof Altona
- b) Niendorf-Hagenbecks Tierpark
- c) City Nord-Winterhude-Innenstadt
- d) Mümmelmannsberg-Billstedt

Die Bestimmung der Reihenfolge, in der diese Streckenabschnitte gebaut werden sollen, hatte gemäß den Koalitionsvereinbarungen für die Bildung des Hamburger Senates im Jahre 1974 auf der Grundlage eines Gutachtens zu erfolgen, in dem verkehrstechnische Kriterien sowie betriebswirtschaftliche und volkswirtschaftliche Nutzen und Kosten der Alternativen ermittelt werden sollten.

In dem hierzu erstellten Gutachten¹⁾ haben die Verfasser die Prioritätenuntersuchungen auf der Grundlage von Nutzen-Kosten-Untersuchungen, wie sie in Abschnitt 2 beschrieben

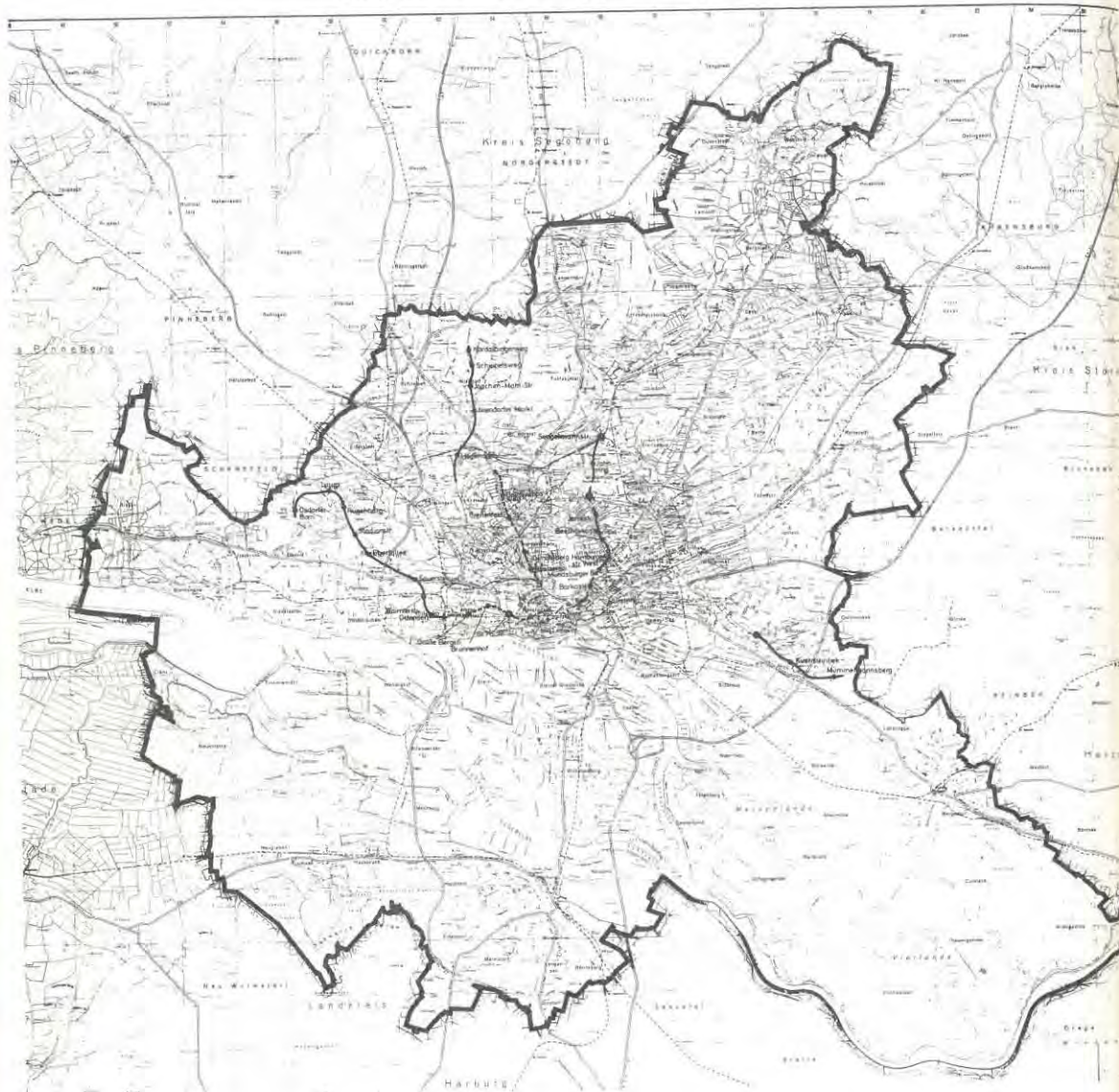
Anschriften der Verfasser:

Professor Dr. R. Funck
Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung der Universität Karlsruhe
Kaiserstraße 12, 7500 Karlsruhe;
Professor Dr.-Ing. H.-G. Retzko
Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik der TU Darmstadt
Petersenstraße, 6100 Darmstadt;
Professor Dipl.-Ing. K. Schaechterle
Institut für Verkehrsplanung und Verkehrswesen der TU München
Arcisstraße 21, 8000 München.

¹⁾ Funck, R., Retzko, H.-G., Schaechterle, K., Cerwenka, P., Frei, H., Keller, M., Leonardy, R., Rothengatter, W., Stengel, W., Prioritäten für den Ausbau des Hamburger Schnellbahnnetzes, Karlsruhe, Darmstadt, München 1975.

Abbildung 1

Schnellbahnnetz, Planungsfall mit Ergänzungsstrecken



Legende:

- bestehende Schnellbahnstrecke mit Haltestelle
- Umsteigehaltestelle
- Primäre Ergänzungsstrecken
- Sekundäre Ergänzungsstrecken

Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung
Universität Karlsruhe

Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Technische Hochschule Darmstadt

Institut für Verkehrsplanung und Verkehrswesen
Technische Universität München

werden, durchgeführt. Bei der Präzisierung dieser methodischen Grundlagen und ihrer Anwendung auf das konkrete Priorisierungsproblem ergab sich eine Vielzahl von Problemen und wurde eine Reihe von Problemlösungen erarbeitet, die das entwickelte Verfahren über den konkreten Anwendungsfall hinaus wissenschaftlich interessant erscheinen lassen. Zur Veranschaulichung dieser methodischen Möglichkeiten werden in Abschnitt 3 die Verfahrensschritte am Beispiel der Prioritätenreihung für die vier primären Ergänzungsstrecken zum Hamburger Schnellbahnnetz dargestellt.

Die im Rahmen des Gutachtens selbst darüber hinaus durchgeführten Untersuchungen zur Priorisierung der sekundären Ergänzungsstrecken

e) Bahnhof Altona–Innenstadt

f) Siemersplatz–Stephansplatz

erforderten detaillierte Analysen zur Netzverknüpfung, deren Darstellung an dieser Stelle zu weit führen würde. Das gleiche gilt für die den Gutachtern ebenfalls gestellte Aufgabe der Festlegung eines ersten Bauabschnitts für eine der primären Ergänzungsstrecken (City Nord–Winterhude–Innenstadt)²⁾.

2. Methodische Grundlagen

2.1. Ein Modell zur Prioritätenbestimmung

Geht man davon aus, daß bei der Konzipierung verschiedener Netzergänzungen für ein ÖPNV-System jede Erweiterung grundsätzlich sinnvoll ist, d.h. einen Nutzenzuwachs für die potentiellen Benutzer des Systems (durch kürzere Reisezeiten, höheren Komfort etc.) und die Allgemeinheit (durch Entlastung des Straßennetzes [IV] und der daraus folgenden Senkung der Fahrzeiten, der Unfallgefährdung etc.) bei vertretbarem finanziellem Aufwand erbringt, wäre die Konsequenz daraus, alle Ergänzungen sofort zu realisieren, um den maximalen Gesamtnutzenzuwachs zu erreichen. Demgegenüber stehen aber die finanziellen Beschränkungen der öffentlichen Hand, die eine gleichzeitige Inangriffnahme aller Aktivitäten wegen der Höhe der hierfür notwendigen Investitionsausgaben unmöglich machen. Die Folge ist, daß eine Reihung der geplanten Ausbaustrecken vorgenommen werden muß. Eine optimale Reihenfolge ist dann erreicht, wenn ein Maximum der Nutzenzuwächse unter Berücksichtigung der Budgetrestriktionen erreicht wird.

Im folgenden wird ein Planungszeitraum betrachtet, für den in jeder Periode Budgetrestriktionen existieren. In diesem Planungszeitraum kann eine Reihe von einander nicht ausschließenden Projekten realisiert werden. Der Bau der Projekte soll so über den Planungszeitraum verteilt werden, daß der durch die Realisierung der Projekte entstehende Gesamtnutzen unter Einhaltung der Budgetrestriktion ein Maximum wird. Unter Nutzen kann ein während der Lebensdauer der Projekte anfallender und auf einen gemeinsamen Zeitpunkt diskontierter eindimensionaler »gesellschaftlicher Zielwert«, z.B. ein Nutzwert oder eine Nutzen-Kosten-Differenz, verstanden werden. Dabei hängt die Höhe des Nutzens der einzelnen Projekte vom Zeitpunkt der Realisierung ab. Dies gilt wegen

- möglicher Veränderungen des Nutzenprofils (d.h. des Verlaufs der Nutzenkurve in der Zeit) und
- der unterschiedlichen Diskontierungszeiträume der Projekte.

²⁾ Leser, die an diesen Details oder an weiteren, hier nicht erläuterten Einzelheiten des angewandten Verfahrens interessiert sind, werden gebeten, sich an die Autoren mit den oben aufgeführten Anschriften zu wenden.

Es sei hier angenommen, daß die Nutzenprofile eines Projekts nicht abhängig von der vorhergehenden oder nachfolgenden Realisierung anderer Projekte sind.

Für den Fall, daß Projekte einander verkehrlich beeinflussen, ist eine Modifikation des Ansatzes erforderlich, die zu einer erheblichen Ausweitung des zu lösenden mathematischen Programms und des Datenanspruchs führt³⁾.

Die zur Erstellung eines Projekts anfallenden Ausgaben pro Bauperiode werden als bekannt vorausgesetzt. Es wird ein konstantes Preisniveau unterstellt. Werden die in einer Periode zur Verfügung stehenden Finanzmittel nicht ausgeschöpft, so wird der Rest auf nachfolgende Perioden übertragen. Der Nutzen, der durch nicht ausgeschöpfte Finanzmittel entstehen kann, soll nicht betrachtet werden.

Die Baukapazitäten sind nicht beschränkt, d. h. es besteht die Möglichkeit, zwei oder mehr Projekte gleichzeitig bzw. zeitlich überlappt zu bauen. Während Bauperioden ohne Bauaktivität zulässig sind, wird vorausgesetzt, daß einmal begonnene Projekte ohne Unterbrechung zu Ende geführt werden.

Auf der Grundlage dieser Prämissen ergibt sich der folgende ganzzahlige Programmierungsansatz:

$$\max \left\{ \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R u_{tr} \cdot x_{tr} \right\} \quad \text{Nutzen durch Projektrealisierung im Planungszeitraum.}$$

unter den Nebenbedingungen

$$\sum_{t=1}^T x_{tr} \leq 1 \quad \forall r \quad \text{Nur einmalige Realisierung eines Projekts ist zugelassen.}$$

$$\sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R k_{rn} \cdot x_{tr} \leq \sum_{m=1}^M C_m, \quad \text{Die periodischen Budgetgrenzen dürfen nicht überschritten werden, wobei jedoch Mittelübertragung zulässig ist⁴⁾.}$$

$$\forall M \\ x_{tr} \in \{0,1\} \quad \forall t,r$$

- wobei T : Zahl der Planungsperioden t des Planungszeitraums, $t \in \{1, \dots, T\}$
 R : Zahl der Projekte
 τ_r : Baudauer des Projektes r, $r \in \{1, \dots, R\}$
 u_{tr} : der auf einen – für alle Projekte gleichen – Zeitpunkt diskontierte Nutzen des Projekts r, dessen Baubeginn in der Periode t liegt.
 x_{tr} : $\begin{cases} 1, & \text{wenn für Projekt r in der Periode t mit dem Bau begonnen wird,} \\ 0, & \text{sonst} \end{cases}$
 C_m : Budgethöhe für die Periode m; $m \in \{1, \dots, M\}$, $M \in \{1, \dots, T\}$
 k_{rn} : Investitionsausgabe für das Projekt r in seiner n-ten Bauperiode, wobei $n = m - t + 1$ und $\begin{cases} n \leq 0 \\ n > \tau_r \end{cases} \rightarrow k_{rn} = 0$

³⁾ Ein Ansatz hierfür wird beschrieben in: Rothengatter, W., Optimal Selection and Scheduling of Investments in Urban Public Transport Systems. Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung der Universität Karlsruhe, Discussion Paper 4/75, Karlsruhe 1975.

⁴⁾ Eine ähnliche Formulierung der Budgetbedingung verwendet Seiler, G., Optimierungsprobleme der kommunalen Investitionsplanung, Meisenheim 1973.

Im Optimum werden die Investitionsmaßnahmen in der Weise auf den Planungszeitraum verteilt, daß der Gesamtnutzen bei gegebenen Budgetgrenzen ein Maximum wird.

Auf das hier beschriebene Modell können die Lösungsverfahren der ganzzahligen linearen Optimierung aus dem Bereich des Operations Research, z. B. branch-and-bound-Techniken, Anwendung finden.

Die Problematik bei der Anwendung dieses Ansatzes zur Prioritätenbestimmung liegt einerseits in der Auswahl, der Messung und vor allem in der Zusammenfassung der in das Nutzenprofil eingehenden Faktoren. Andererseits stellt das Verfahren hohe Ansprüche an die zu prognostizierenden Daten, da für jeden möglichen Zeitpunkt der Inbetriebnahme jeder Variante ein eigenes Nutzenprofil erstellt werden muß. Zum dritten ist die Tatsache zu berücksichtigen, daß die für einen Planungsbereich einzustellenden Ausgabenbeträge wegen der im politischen Raum ständig stattfindenden Auseinandersetzungen um die Gestaltung der Haushaltspläne über einen längeren Zeitraum hinweg nur schwer fixiert werden können.

Sind die Anwendungsvoraussetzungen des Modellansatzes aus diesen Gründen nicht gegeben, so müssen Verfahren herangezogen werden, die mit einem geringeren Aufwand an Daten eine hinreichend genaue Rangfolgenbestimmung gewährleisten. Hierzu eignen sich die Entscheidungskriterien der im folgenden beschriebenen Nutzen-Kosten-Untersuchungen.

2.2. Beschreibung praktikabler Effizienzanalysen und Entscheidungskriterien

2.2.1 Kosten-Nutzen-Analyse (KNA)

Die KNA ist ein Ergebnis der Versuche, die theoretischen Erkenntnisse der wirtschaftswissenschaftlichen Disziplin der Wohlfahrtstheorie für die Beurteilung öffentlicher Maßnahmen heranzuziehen. Sie läßt sich charakterisieren als ein Verfahren, mit dessen Hilfe die Auswirkungen öffentlicher Maßnahmen auf einen definierten, monetär meßbaren Indikator der gesamtwirtschaftlichen Wohlfahrt bezogen und vergleichbar gemacht werden mit dem Ziel, die volkswirtschaftlichen Ressourcen in die – bezogen auf den definierten Indikator – effizientesten Verwendungsrichtungen zu lenken.

In der Regel wird jede staatliche Maßnahme einen Teil der Bevölkerung begünstigen und einen anderen benachteiligen⁵⁾, so daß die Beurteilung über das Pareto-Kriterium zu keinem Ergebnis führt. Eine Prüfung der Effizienz der Aktion ist aber auch nach dem Kompensationskriterium von Kaldor und Hicks⁶⁾ in folgender Weise möglich: Die gesamtwirtschaftliche Wohlfahrtsposition wird erhöht, wenn die durch eine Maßnahme Begünstigten die Benachteiligten über Kompensationszahlungen auf das alte Nutzenniveau bringen und dennoch einen Vorteil für sich behalten. Eine reale Durchführung des Kompensationstests, die allein einen Hinweis auf die tatsächliche Veränderung der Wohlfahrtsposition geben kann, könnte nur zur Effizienzkontrolle bereits getroffener Maßnahmen dienen. Für planerische Zwecke ist dagegen nur eine rechnerische Antizipation des Kompensationstests möglich. Deren Ergebnis hat somit nicht den Charakter der Feststellung, sondern vielmehr der Erwartung einer Wohlfahrtsveränderung⁷⁾. Unter der Voraussetzung, daß alle Individuen einer zusätzlich er-

⁵⁾ Etwa durch den Entzug von finanziellen Mitteln für die Durchführung der Maßnahmen.

⁶⁾ Graaff, J. de V., Theoretical Welfare Economics. Cambridge, 1963, S. 86.

⁷⁾ Zur Problematik nur rechnerisch durchgeführter Kompensationen vgl. Graaff, J. de V., Theoretical . . . , a.a.O., S. 112ff.

haltenen oder entgehenden Geldeinheit den gleichen Nutzen zuordnen⁸⁾, läßt sich die erwartete soziale Wohlfahrtsänderung ΔW , häufig auch als sozialer Nettoertrag bezeichnet, wie folgt bestimmen⁹⁾:

$$(1) \quad \Delta W = \sum_{j=1}^n p_j \cdot \Delta b_j - \sum_{k=1}^m p_k \cdot \Delta c_k$$

- ΔW : erwartete soziale Wohlfahrtsveränderung bzw. sozialer Nettoertrag,
 Δb_j : gesamter Zuwachs an Gut j ,
 Δc_k : gesamter Verbrauch an Produktionsfaktor k ,
 p_j, p_k : Güter- bzw. Faktorpreise.

Somit gilt: Der soziale Nettoertrag einer staatlichen Maßnahme entspricht der Differenz aus den durch sie bewirkten, mit ihren Preisen bewerteten Güterzuwächsen (Nutzen) und den für sie einzusetzenden, mit ihren Preisen bewerteten Faktorverbräuchen (Kosten).

Über die Herstellung der interpersonellen Nutzenvergleichbarkeit durch bloß rechnerische Antizipation des Kompensationstests bei Unterstellung gleicher Grenznutzen des Geldes hinaus sind weitere Vorgaben erforderlich. Diese werden beim KNA-Verfahren durch den Analytiker festgelegt.

Häufig verwendete Indikatoren sind der Konsum¹⁰⁾, die Konsumentenrente¹¹⁾ und das Sozialprodukt¹²⁾. Dazu ist zu bemerken, daß die in der amtlichen Statistik verwendeten Abgrenzungen für diese Begriffe in der Regel den wohlfahrtsorientierten Anforderungen des KNA-Verfahrens nicht genügen. So sind insbesondere im Verkehrssektor implizit Modifikationen für den Sozialproduktbegriff anzutreffen, die sich bis zu einer Ersetzung der bewerteten Güterproduktionsmenge durch das Güterproduktionsmengenpotential erstrecken, um die Auswirkungen von Ressourceneinsparungen unabhängig von der konjunkturellen Situation positiv werten zu können. Auch nach der Definition des Indikators ergibt sich eine Fülle von Einzelproblemen, die zusätzliche werturteilsbedingte Vorgaben, insbesondere bei der Bewertung der Nutzenkomponenten, verlangen.

Die Untersuchungsbreite einer KNA ist gekennzeichnet durch die definitorische Ausdehnung des Begriffs der volkswirtschaftlichen Güter. Diese kann sich von der engeren marktlichen Auslegung (Sachgüter, Dienstleistungen, ökonomisch verwertbare Rechte) erstrecken bis zum Einschluß aller die soziale Wohlfahrtsposition beeinflussenden, nicht marktmäßig erfassbaren Phänomene (z. B. Umweltqualität, Gleichheit der Lebensbedingungen). Mit zunehmender Entfernung von der engeren marktlichen Auslegung sinkt die Möglichkeit der monetären Meßbarkeit.

Die Untersuchungstiefe einer KNA ist charakterisiert durch die Anzahl der Wirkungsebenen, über die die Auswirkungen einer Maßnahme auf den definierten Indikator verfolgt werden. Die amerikanische KNA-Literatur hat hier eine Fülle von *termini technici* geprägt,

⁸⁾ Dies bedeutet, daß verteilungspolitische Ziele aus dem Planungsproblem eliminiert werden; die soziale Wohlfahrt wird als kardinal meßbare Größe angesehen.

⁹⁾ Dasgupta, A. K., Pearce, D. W., Cost-Benefit Analysis: Theory and Practice, London and Basingstoke 1972.

¹⁰⁾ Feldstein, M. S., Net Social Benefit Calculation and the Public Investment Decision. In: Oxford Economic Papers, 16 (1964), Nr. 1, S. 114–131.

¹¹⁾ Marglin, S. A., The Social Rate of Discount and Optimal Rate of Investment. In: The Quarterly Journal of Economics, 77 (1963), Nr. 1, S. 95–111.

¹²⁾ Krutilla, J. V., Eckstein, O., Multiple Purpose River Development. In: Studies in Applied Economic Analysis, Baltimore 1958.

um die außerhalb des unmittelbaren Wirkungsfeldes einer Maßnahme auftretenden Effekte zu kategorisieren¹³⁾.

In der Regel erstrecken sich die Auswirkungen öffentlicher Maßnahmen, insbesondere öffentlicher Investitionen, auf einen mehrere Jahrzehnte umfassenden Zeitraum. Gerade die Nutzen kapitalintensiver Investitionen im ÖPNV schlagen häufig erst nach Jahrzehnten zu Buche, wenn ein für den Benutzer attraktiver Netzzustand erreicht ist. Es gilt demgemäß, einen Kompromiß zu finden zwischen der Ermöglichung weitreichender Planungen und den Möglichkeiten qualifizierter Prognosen.

Die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallenden Nutzen und Kosten sind über die Diskontierung mit Hilfe einer sozialen Zeitpräferenzrate (Zinsfuß) auf einen gemeinsamen Referenzzeitpunkt zu beziehen. Zur Festlegung der sozialen Zeitpräferenzrate existieren zwar wissenschaftliche Ansätze¹⁴⁾, die Auswahl unter den Möglichkeiten erfordert jedoch, wie bei den Bewertungsansätzen, werturteilsbedingte Vorgaben.

Als Entscheidungskriterien der KNA werden fast alle aus der betriebswirtschaftlichen Literatur bekannten Investitionskriterien verwendet. Neben dem in Gleichung (1) angegebenen Differenzkriterium wird besonders häufig das Quotientenkriterium benutzt, und zwar vor allem bei Budgetierungsproblemen. Daneben kommen aber auch die interne Zinsfußmethode, Annuitäten- und pay back-Verfahren sowie Ansätze der Optimierungstheorie, wie sie in Abschnitt 2.1. vorgestellt wurden, zur Anwendung. Die genannten Kriterien können bei Vorliegen »unvollständiger Alternativen«, d. h. wenn Investitionsausgaben und Nettonutzen großenschieden sind, zu unterschiedlichen Ergebnissen führen¹⁵⁾.

2.2.2 Nutzwertanalyse (NWA)

Die NWA¹⁶⁾ ist ein Entscheidungsmodell, das die Kriterien, nach denen über Handlungsalternativen entschieden werden soll, im einzelnen offen darlegt und dabei die unterschiedlichen Präferenzen der Entscheidungsträger bezüglich dieser die Auswahl determinierenden Faktoren berücksichtigt. Dabei beschränken sich die in die Entscheidung eingehenden Kriterien nicht auf monetarisierbare Größen, sondern sie umfassen Effekte unterschiedlicher Dimensionierung. Auch ausschließlich qualitativ erfassbare Urteile können in das Beurteilungsverfahren Eingang finden. Die Nutzwertanalyse erfüllt die Forderung nach Transparenz eines Entscheidungsprozesses dadurch, daß der Ablauf der Entscheidungsvorbereitung nachvollziehbar gestaltet wird. Dabei wird getrennt in einen Verfahrensteil, der sich darauf beschränkt, Fakten aufzuzeigen und in einen anderen Teil, der die Fakten wertet und verknüpft. Aus dieser Verknüpfung kann dann die Entscheidung abgeleitet werden¹⁷⁾.

Das Ergebnis einer NWA ist in der Regel ein dimensionsloser Ordnungsindex, der über die Güte einer Handlungsalternative nur insoweit eine Aussage zuläßt, als er einen Punkteabstand oder die Rangposition einer Alternative im Vergleich zu den schlechteren bzw. bes-

¹³⁾ Krutilla, J. V., Eckstein, O., Multiple Purpose . . . , a.a.O.; Stolber, W. B., Nutzen-Kosten-Analysen in der Staatswirtschaft, Göttingen 1968; Georgi, H., Cost-Benefit-Analysis als Lenkungsinstrument öffentlicher Investitionen im Verkehr, Göttingen 1970.

¹⁴⁾ Vgl. Dasgupta, A. K., Pearce, D. W., Cost-Benefit Analysis . . . , a.a.O.

¹⁵⁾ Stolber, W. B., Nutzen-Kosten-Analysen . . . , a.a.O.

¹⁶⁾ Zu den Grundlagen der Nutzwertanalyse vgl. Zangemeister, C., Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, München 1973.

¹⁷⁾ Zum Zusammenhang von wissenschaftlicher Entscheidungsvorbereitung und planerisch-politischer Entscheidung vgl. Funck, R., Normative Urteile bei der kooperativen Planung öffentlicher Aufgaben. Karlsruher Beiträge zur Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung, H. 3, Karlsruhe 1975, S. 23–32.

seren Alternativen angibt. Damit wird deutlich, daß die NWA nur eine Rangfolge unter verschiedenen Maßnahmen herstellen kann, nicht jedoch die Bewertung einer einzelnen Aktivität ermöglicht.

Der Entscheidungsprozeß im Rahmen einer NWA gliedert sich in die Schritte¹⁸⁾:

- (1) Erstellung eines Zielsystems, Bestimmung von Zielkriterien mit Angabe der Meßgrößen der Zielkriterien,
- (2) Messung der Alternativen bezüglich ihrer Zielerträge,
- (3) Abbildung der Zielerträge in Teilnutzwerte,
- (4) Gewichtung der Zielkriterien,
- (5) Zusammenfassung zu Gesamtnutzwerten und Auswahl der optimalen Alternative,

zu denen folgendes zu bemerken ist:

Zu (1):

In einem mehrfach neu zu durchlaufenden kreativen Prozeß werden alle entscheidungsrelevanten Ziele definiert, die sich aus der Eigenart der zur Entscheidung stehenden Alternativen ergeben. Diese Ziele werden soweit in Meßvorschriften konkretisiert, daß die Alternativen in ihren Auswirkungen bezüglich jedes Zieles meßbar sind.

Zu (2):

Anhand der Meßvorschriften werden die prognostizierten Konsequenzen bezüglich jedes Zielkriteriums für jede Alternative ermittelt. Das Ergebnis ist eine $n \times m$ -Matrix (n : Anzahl der Alternativen, m : Anzahl der Zielkriterien), deren Elemente, die Zielerträge, nach der jeweiligen Meßvorschrift dimensionierte Beträge, Punktbewertungen oder qualitative Aussagen sind.

Zu (3):

Um eine Zusammenfassung der unterschiedlich dimensionierten Zielerträge zu erreichen, ist eine Abbildung aller Werte in eine einheitliche Skala notwendig. Dabei sind die folgenden Abbildungsmöglichkeiten gegeben:

- Abbildung in eine Nominalskala: Bezüglich jedes Kriteriums wird die Alternative daraufhin überprüft, ob sie ein vorgegebenes Erreichungsniveau erfüllt oder nicht erfüllt;
- Abbildung in eine Ordinalskala: Die Alternativen werden hinsichtlich eines jeden Kriteriums in eine Rangfolge gebracht, in der z. B. jede Alternative mit jeder anderen bezüglich jedes Zielkriteriums verglichen wird; dabei werden die Urteile besser, gleich oder schlechter verwendet;
- Abbildung in eine Kardinalskala: Hier erfolgt eine Abbildung in eine Nutzenfunktion, in der die Zielerträge als unabhängige Variable eingehen und deren Funktionswerte angeben, mit wie vielen ungewichteten Nutzenpunkten die Konsequenzen der Alternativen beim jeweiligen Kriterium zum Gesamtnutzen der einzelnen Alternative beitragen.

Zu (4):

Da im allgemeinen nicht angenommen werden kann, daß alle in die Entscheidung eingehenden Kriterien als gleichrangig zu betrachten sind, ist eine partielle Gewichtung jedes Entscheidungskriteriums notwendig. Um den Grad der Subjektivität und damit der Willkürlichkeit zu reduzieren, kann die Gewichtung der Kriterien einerseits auf dem Urteil einer Gruppe fachkundiger Personen aufbauen, andererseits kann sie aber auch von einem Per-

¹⁸⁾ Dabei ist vorausgesetzt, daß das Entscheidungsproblem und die entscheidungsrelevanten Alternativen bereits definiert sind.

sonenkreis, der von den geplanten Maßnahmen betroffen wird oder der Betroffene repräsentiert, durchgeführt werden¹⁹⁾.

Zu (5):

Die Form der Wertsynthese, d. h. der Zusammenfassung aller Teilergebnisse, richtet sich nach dem angewandten Verfahren der Abbildung der Zielerträge in Teilnutzwerte²⁰⁾. Bei einer Abbildung in eine Kardinalskala z. B. können die ermittelten Nutzenpunkte mit den zugehörigen Gewichten der Kriterien multipliziert und zu dem Gesamtnutzwert einer Alternativen aufaddiert werden. Diejenige Alternative, die den höchsten Gesamtnutzwert erreicht, wird zur optimalen, soweit nicht noch zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe angelegt werden.

Zur Überprüfung der Stabilität des Ergebnisses kann eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt werden, die z. B. unter Zugrundelegung unterschiedlicher Gewichtungen deutlich machen kann, innerhalb welchen Gewichtungsrahmens das Ergebnis als bestmögliches Urteil betrachtet werden kann, oder bei welchen Gewichtungskombinationen eine Änderung der Reihenfolge der Alternativen eintritt.

2.2.3. Kosten-Wirksamkeitsanalyse (KWA)

Die KWA fußt auf dem sog. Rationalprinzip, nach dem entweder ein Maximum an Erfolg (Wirksamkeit, Output) bei gegebenem Mitteleinsatz (Input, Kosten) oder ein Minimum an Mitteleinsatz bei gegebenem Erfolg anzustreben ist. Daraus können zwei alternativ anwendbare Kriterien abgeleitet werden²¹⁾.

- Das Kriterium der maximalen Wirksamkeit besagt: Sind alle zu vergleichenden Projekte hinsichtlich der Kosten gleich, so ist die Alternative mit der höchsten Wirksamkeit vorzuziehen.
- Das Kriterium der minimalen Kosten besagt: Sind alle zu vergleichenden Projekte hinsichtlich der Wirksamkeiten gleich, so ist die Alternative mit den geringsten Kosten vorzuziehen.

Demgemäß wäre das Entscheidungsproblem so vorzustrukturieren, daß

- (1) nur zwei Ziele (Wirksamkeit, Kosten) betrachtet werden,
- (2) ein Ziel limitiert ist

und (3) alle Alternativen hinsichtlich des limitierten Zieles gleichwertig sind.

Dies entspricht der KWA in der engen Definition (low level analysis). Bei der KWA nach der weiteren Definition (high level analysis) gehen auch Zielfindungsaufgaben in die Analyse ein. Dabei wird eine multidimensionale Zielfunktion zugrundegelegt, deren einzelne Ziele innerhalb der Analyse selbst aufgestellt werden²²⁾. Dadurch verschwinden die grundsätzlichen Unterschiede zur NWA bis auf die Tatsache, daß das Kostenminimumziel nicht im Zielsystem für die Wirksamkeiten enthalten sein kann.

¹⁹⁾ Zu formalisierten Verfahren der Gruppenbefragung vgl. *Albach, H.*, Informationsgewinnung durch strukturierte Gruppenbefragung. Die Delphi-Methode. In: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 40 (1970), Ergänzungsheft, S. 11 bis 26.

²⁰⁾ Vgl. *Zangemeister, C.*, Nutzwertanalyse . . . , a.a.O., S. 252 ff.

²¹⁾ *Richthofen, K. F.*, Zur Theorie der staatlichen Investitionsplanung, Kiel 1970.

²²⁾ *Meyke, U.*, Cost-Effectiveness-Analysis als Planungsinstrument. Forschungen aus dem Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität Münster, Nr. 16. Göttingen 1973; *Dodson, E. N.*, Cost-Effectiveness in Urban Transportation. In: Operations Research, 17 (1969), Nr. 3, S. 373-394.

Die getrennte Ermittlung der Kosten und der Wirksamkeiten bei der KWA führt dazu, daß die beiden Bereiche in der Regel unterschiedliche Dimensionen aufweisen. Alle Kriterien, die die Aufrechenbarkeit positiver und negativer Projektwirkungen voraussetzen (z. B. das Differenzkriterium der KNA), sind daher in der KWA nicht zu verwenden.

Üblicherweise wird als Grundlage der Projektauswahl – quasi zur Vorauswahl – das »the bigger the better-Prinzip« angewendet, das auf einem paarweisen Vergleich der Alternativen beruht. Nach der Durchführung dieses Verfahrens erhält man eine Liste »bestmöglicher« Alternativen. Durch Festlegung einer Mindestwirksamkeit und gleichzeitiger Forderung der Kostenminimierung, bzw. durch Wirksamkeitsmaximierung bei Mittelbegrenzung kann dann eine endgültige Alternativenauswahl erfolgen.

Eine andere Möglichkeit der Projektauswahl ist die aus der KNA übernommene Verhältnismethode. Man erhält damit Kennziffern für die »Produktivität« der eingesetzten Ressourcen. Auch für die Quotienten können hierbei Mindestgrenzen vorgegeben werden. Fehlt bei einem Analyseproblem die genaue Angabe einer Budgetrestriktion und ist der finanzielle Engpaß im Budgetprogramm von erheblicher Bedeutung, so ist die Verhältnismethode ein geeignetes Verfahren zur Alternativenauswahl und zur Dringlichkeitsreihung, da sie die Existenz einer Budgetrestriktion implizit voraussetzt und die Knappheit der Budgetmittel in den Vordergrund stellt.

2.3. Auswahl der geeigneten Effizienzanalyseverfahren

Aus der Gegenüberstellung der Verfahrensmöglichkeiten für Nutzen-Kosten-Untersuchungen wird deutlich, daß allein die KNA den Anspruch einer gesamtwirtschaftlichen Absicherung der auf ihrer Basis gefällten Entscheidungen erhebt. Auf der anderen Seite stellt jedoch ihre Durchführung die weitestgehenden Anforderungen an die Datenbasis: Alle eingehenden Effekte müssen in einer solchen Weise erfaßt werden, daß sie direkt in eine punkt- und intervallfixe Skala, deren Fixierung über die Meßvorschrift des gewählten Indikators erfolgt, transformiert werden können. Dies bedeutet in praxi, daß eine KNA nur dann die gewünschte Aussagekraft besitzt,

- wenn
1. die Auswirkungen der zu untersuchenden Maßnahmen über die Meßvorschrift zum definierten ökonomischen Indikator direkt in monetäre Einheiten transformierbar sind,
 2. das with-without-Prinzip streng eingehalten werden kann und alle Effekte in Form von Differenzen gegenüber einem Planungsnullfall abgreifbar sind,
- und
3. zuverlässige Prognosen über die zeitliche Entwicklung der Effekte vorliegen.

Sind diese Voraussetzungen nicht erfüllt, so verlangt die Durchführung der KNA über die fachlich-subjektiven Vorgaben, wie die Wahl der einzuschlagenden methodischen Wege, hinausgehend die Abgabe individuell-subjektiver Werturteile.

Die für den Bereich der ÖPNV-Planung entwickelten Zielsysteme zeigen, daß ein großer Teil der Zielkriterien nicht über einen ökonomischen Indikator meßbar ist (vgl. dazu Abschnitt 3.3.). Für diese Fälle liefert eine KNA dem Entscheidungsträger zwar noch wertvolle Informationen, sie kann aber nicht mehr alleinige Entscheidungsgrundlage sein. Fehlt zusätzlich in wesentlichen Bereichen die Erfassungsbasis nach den unter den Punkten 2. und 3. bezeichneten Voraussetzungen, wie es trotz Vorliegens eines methodisch und datenmäßig gut fundierten Generalverkehrsplanes wie des GVP der Hansestadt Hamburg der Fall sein kann, so sollte auf die Durchführung einer KNA verzichtet werden; denn mit den Ergebnissen

kann dann nicht mehr der unterstellte Aussagegehalt der »substantiellen Rationalität« verbunden werden²³⁾.

Von Entscheidungen, die auf der Grundlage der NWA getroffen werden, wird dagegen nur die Erfüllung des Postulats der »formalen Rationalität«²⁴⁾ erwartet. Dieses Postulat verlangt – unabhängig von den Wertinhalten – die Existenz eines widerspruchsfreien Wertsystems und ein formal-logisch richtiges Zustandekommen der Entscheidung.

Wenn das Situationsbild für die Gewinnung der Datenbasis dem Anspruch der Allgemeingültigkeit und der Objektivität nicht genügt, so haben Entscheidungsempfehlungen auf der Grundlage der NWA nur noch den Charakter des »subjektiv-Bestmöglichen«²⁵⁾. Die NWA hat somit außer den formal-logischen Bedingungen keine Anwendungsgrenzen. Die Qualität ihrer Ergebnisse als Grundlage für politisch-planerische Entscheidungen hängt allerdings davon ab, inwieweit

- das zugrundegelegte Wertsystem allgemeinen Wertnormen entspricht und
- das dargestellte Situationsbild allgemeingültig ist.

Die NWA behandelt im Schritt der Nutzwertsynthese die Investitionsausgaben wie die übrigen Zielkriterien, d. h. diese werden nach einer definierten Abbildungsvorschrift in Nutzwerte umgerechnet und über eine Entscheidungsregel (z. B. die Additionsregel) mit den übrigen Nutzwerten zusammengefaßt. Wird dagegen davon ausgegangen, daß eine Unvergleichbarkeit von Finanzmittelbedarf und Projekt-Outputs vorliegt oder daß Budgetierungsziele dominant sind, so ist das Verfahren der KWA eher problemadäquat. Dabei ist zu berücksichtigen, daß durch den Bezug der Wirksamkeiten auf die Finanzmitteleinheit bei Anwendung der Verhältnismethode (vgl. Abschnitt 2.2.3.) das Finanzierungsziel ein erhebliches Gewicht erlangt. Dies schlägt sich in den Rechnungsergebnissen dadurch nieder, daß kapitalintensive Projekte im Vergleich zu einer Anwendung von Differenz- bzw. Additionskriterien ungünstig abschneiden. Eine Gegenüberstellung der NWA und der KWA-Ergebnisse bietet oft eine gute Basis zur Überprüfung der Bedeutung finanzieller Restriktionen.

3. Ablauf der Prioritätenbestimmung – dargestellt am Beispiel des U-Bahn-Ausbaus in Hamburg –

3.1. Festlegung des Planungsnullfalls und der Planungsfälle

Die Meßwerte der Alternativen bezüglich der relevanten Kriterien werden dadurch gewonnen, daß die Verbesserung beziehungsweise die Verschlechterung, die eine Alternative gegenüber dem Ist-Zustand hervorruft, nach dem »with-without-Prinzip« ermittelt wird. Es besteht somit die Notwendigkeit der Definition von Planungsfällen (Zustände »mit« Investitionsmaßnahme) und eines Planungsnullfalles (Zustand »ohne« Investitionsmaßnahme), an denen die Meßergebnisse abgegriffen werden können.

Die korrekte Vorgehensweise bei der Prioritätenfindung würde darin bestehen, alle möglichen Reihenfolgekombinationen von Strecken zu untersuchen, um dann die beste Reihenfolge auszuwählen. Dies hätte zur Konsequenz, daß eine stufenweise Veränderung des ur-

²³⁾ Die substantielle Rationalität verlangt eine Übereinstimmung des zugrundegelegten Wertsystems mit vorgegebenen allgemeinen Wertnormen, vgl. Gäfgen, G., Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung, Tübingen 1963, S. 27.

²⁴⁾ Gäfgen, G., Theorie . . . , a.a.O., S. 27.

²⁵⁾ Zangemeister, C., Nutzwertanalyse . . . , a.a.O., S. 54.

sprünglichen Planungsnullfalls (Zustand ohne jede Investitionsmaßnahme) erfolgen müsste, weil die Höhe der aus dem Bau einer Strecke resultierenden Vor- bzw. Nachteile vom jeweiligen Netzzustand, d. h. vom Ausmaß der Realisierung anderer Strecken, abhinge.

Diese Vorgehensweise einer dynamischen Bewertung, die noch durch die Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung der Eingabedaten zu ergänzen wäre, kann aus zeitlichen und technischen Gründen nicht gewählt werden. Statt dessen wird von einem einheitlichen Planungsnullfall ausgegangen, der keine der Neubaumaßnahmen enthält.

Aufgrund der räumlichen Lage der primären Ergänzungsstrecken kann bei der Bestimmung der Planungsfälle davon ausgegangen werden, daß sich die Strecken nicht oder nur in geringem Maße gegenseitig beeinflussen²⁶⁾. Deswegen ist es zu verantworten, den Planungsfällen Daten zugrunde zu legen, die bei verkehrlichen Berechnungen für ein Netz, das alle Ergänzungsstrecken beinhaltet, ermittelt wurden.

3.2. Gang der Untersuchungen

Die Prioritätenbestimmung wird mit Hilfe der beiden in Abschnitt 2.3. angegebenen Verfahren der Nutzwertanalyse (NWA) und der Kosten-Wirksamkeitsanalyse (KWA) durchgeführt. Der Ablauf der NWA folgt dem in Abschnitt 2.2.2. geschilderten Schema. In der KWA werden die Ergebnisse der NWA in der Weise verwendet, daß die errechneten Nutzwerte unter Ausklammerung der fiskalischen Ziele (Investitionskosten und Investitionsfolgekosten, Betriebskosten) als Wirksamkeiten definiert werden. Diese Wirksamkeiten werden dann auf den fiskalischen Aufwand (Investitionskosten und Investitionsfolgekosten) bezogen. Bei dieser Vorgehensweise sind zwar die Nachteile des Quotientenkriteriums in Kauf zu nehmen, dafür entfällt aber das nach der engen Definition der KWA (vgl. Abschnitt 2.2.3.) erforderliche hypothetische Angleichen der Wirksamkeiten für alle Varianten untereinander, das bei dem vorliegenden Problem kaum lösbare Schwierigkeiten aufgeworfen hätte.

3.3. Aufstellung eines Zielsystems und Ableitung von Zielkriterien

Bei der Formulierung der Ziele wird davon ausgegangen, daß sich diejenigen Personen und Institutionen, welche durch die Realisierung der vier primären Ergänzungsstrecken betroffen werden, aus der Sicht ihrer jeweiligen Interessenlagen in drei Gruppen (»Aspekte«) einteilen lassen, nämlich

- Allgemeinheit (A),
- Betreiber (B) und
- Benutzer bzw. Fahrgast (F)²⁷⁾.

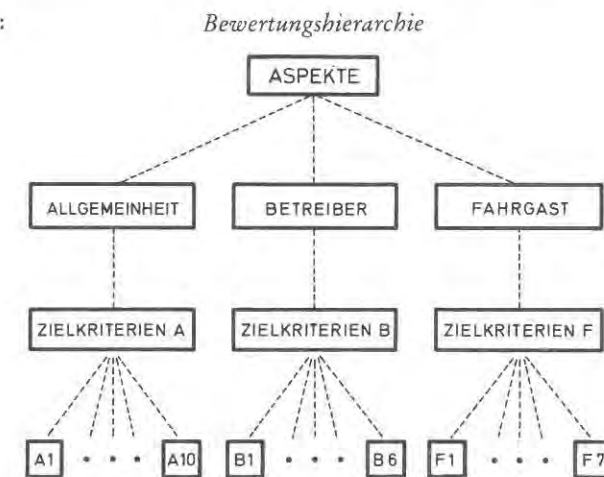
Die aus den spezifischen Aspekten der Allgemeinheit, des Betreibers und des Fahrgastes zu sehenden Zielsetzungen werden getrennt formuliert und zu einer möglichst großen Anzahl von Zielkriterien konkretisiert (siehe hierzu auch *Abbildung 2*). Dabei sind die folgenden Gesichtspunkte zu beachten:

²⁶⁾ Die gegenseitige Beeinflussung der primären Ergänzungsstrecken ist jedoch nur dann gering, wenn die sekundären Ergänzungsstrecken aus der Betrachtung ausgeklammert sind. Die im Fall der Hamburg-Untersuchung vorgenommene Unterteilung in primäre und sekundäre Ergänzungsstrecken war damit eine Vorbedingung für die Verwendbarkeit des vorhandenen Datenmaterials. Vgl. Funck, R., Retzko, H.-G., Schaechterle, K. u. a., *Prioritäten ...*, a.a.O., S. 3 ff.

²⁷⁾ Eine solche Grobklassifizierung wird auch vorgeschlagen in: Studiengesellschaft Nahverkehr, *Vergleichende Untersuchungen über bestehende und künftige Nahverkehrstechniken*, Hamburg 1974.

- (1) Die ausgewählten Kriterien müssen für die konkrete Fragestellung relevant in dem Sinne sein, daß für die verschiedenen Planungsfälle unterschiedliche Meßwerte der Kriterien zu erwarten sind.
- (2) Es sind in einer Kriteriengruppe, d. h. unter einem Aspekt, nach Möglichkeit keine synonymen oder untereinander korrelierten Zielkriterien zu verwenden.
- (3) Es sind nur solche Kriterien zu verwenden, hinsichtlich deren ein Abgreifen der Veränderungen zwischen dem Planungsnullfall und den Planungsfällen möglich ist.
- (4) Es sind nach Möglichkeit nur solche Kriterien zu berücksichtigen, die Gültigkeit für *alle* untersuchten Alternativen haben.
- (5) Es sollten nur solche Zielkriterien aufgenommen werden, deren Meßvorschriften mit der Verfügbarkeit und der Güte der erforderlichen Basisdaten in Einklang stehen.

Abbildung 2:



Der nach Aspekten gegliederte Katalog der Zielkriterien läßt sich wie folgt beschreiben:

– Aspekt der Allgemeinheit

Die Gruppe »Allgemeinheit« umfaßt alle Personen und Institutionen, die über die Schnellbahnerweiterung mittelbar betroffen werden, die also Vorteile, z. B. in Form verbesserter allgemeiner Kommunikationsbedingungen und einer verbesserten Umweltsituation, sowie Nachteile, z. B. in Form aufzuwendender Finanzmittel, erfahren.

Folgende Zielkriterien werden unter dem Aspekt der Allgemeinheit definiert:

- A 1 Lagegunst
- A 2 Benutzerpotential
- A 3 Eignung für das P + R-System
- A 4 Gesichtspunkte der Stadtentwicklung
- A 5 Beeinflussung des Stadtbildes
- A 6 Städtebauliche Trennwirkung
- A 7 Verkehrslärm
- A 8 Luftverschmutzung
- A 9 Volkswirtschaftliche Folgewirkungen
- A 10 Investitionskosten und Investitionsfolgekosten

– Aspekt des Betreibers

Die Gruppe »Betreiber« umfaßt die Institutionen der Verkehrsbetriebe, die bestrebt sind, ein der Nachfrage angepaßtes, zuverlässiges und kostengünstiges Personennahverkehrssystem bereitzustellen.

Unter dem Aspekt des Betreibers werden als Zielkriterien definiert:

- B 1 Verkehrsbelastung der Neubaustrecke
- B 2 Zusätzliche Verkehrsarbeit im Schnellbahnnetz
- B 3 Ausnutzung des Leistungsangebotes
- B 4 Betriebskosten
- B 5 Zuverlässigkeit
- B 6 Gesichtspunkte der Netzverknüpfung

– Aspekt des Fahrgastes

Die Gruppe »Fahrgast« umfaßt die einzelnen Benutzer des ÖPNV-Systems. Die Ausweitung eines Schnellbahnnetzes bewirkt für alle Fahrgäste insbesondere Veränderungen in der Reisezeit, im Bedienungskomfort und in der Sicherheit und Pünktlichkeit der Beförderung.

Folgende Zielkriterien werden für den Aspekt des Fahrgastes definiert:

- F 1 Reisezeit
- F 2 Umsteigenotwendigkeit
- F 3 Sitzplatzerwartung
- F 4 Zugfolge
- F 5 Sicherheit
- F 6 Pünktlichkeit
- F 7 Fahrkomfort

Verschiedene dieser Zielkriterien entziehen sich weitgehend oder vollständig einer Quantifizierung; dies trifft insbesondere für die Kriterien A4 bis A6, B6 und F5 bis F7 zu. Hier ergibt sich die Notwendigkeit, entweder quantifizierbare Hilfskriterien als Indikatoren zu verwenden oder aber eine aufgrund informierter, subjektiver Bewertung durch den bearbeitenden Experten festzulegenden Rangfolge der untersuchten Projekte mit Bezug auf das betreffende Kriterium zu bilden. Dabei werden den einzelnen Projekten unmittelbar Nutzenpunkte im Rahmen der in Abschnitt 3.6. erläuterten Abbildungsskala zugeordnet.

Daneben kann der Fall eintreten, daß Zielkriterien zwar quantifizierbar sind, daß der von ihnen zu erfassende komplexe Sachverhalt aber durch eine einzige Maßzahl bzw. aufgrund einer einzelnen Meßvorschrift nicht erschöpfend zu beschreiben ist. Dies gilt für die Zielkriterien A3, A7, A9, A10, F2 und F3. Solche Zielkriterien werden durch mehrere Teilkriterien repräsentiert, die in ihrer Gesamtheit eine quantitative Beschreibung der Projektwirkungen bezüglich des Zielkriteriums ermöglichen. Hierbei ist es notwendig, die Meßergebnisse der Teilkriterien mittels einer Zusammenfassungsregel zu dem gemeinsamen Meßergebnis des Zielkriteriums zu aggregieren. Die Zusammenfassungsregel muß im allgemeinen den Dimensionsausgleich zwischen den Meßergebnissen der Teilkriterien ermöglichen und eine Gewichtung der Teilkriterien hinsichtlich ihrer Bedeutung im Rahmen des gesamten Zielkriteriums enthalten²⁸⁾.

²⁸⁾ Dies entfällt bei den Kriterien A9 und A10, für die als monetäre Kriterien eine einfache Addition der Teilkriterien vorgenommen werden kann.

3.4. Definitionen, Meßvorschriften und Meßergebnisse ausgewählter Zielkriterien

Nachfolgend werden exemplarisch einige der verwendeten Zielkriterien beschrieben und definiert sowie mit der entsprechenden Meßvorschrift versehen. Ferner werden die Ergebnisse der Berechnungen bzw. der qualitativen Überlegungen wiedergegeben.

– Kriterium A2: Benutzerpotential

Die Qualität der Erschließung städtischer Bereiche durch Schnellbahnlinien kann durch das Benutzerpotential quantitativ beschrieben werden. Dieses Kriterium eignet sich zur Beurteilung sowohl von Trassenvarianten mit jeweils gleichbleibenden Anfangs- und Endpunkten als auch von alternativen Netzteilen. Als sinnvolle und gebräuchliche Meßgrößen für das Benutzerpotential bieten sich die Anzahl der durch die Schnellbahnlinie erschlossenen Einwohner und die Anzahl der erschlossenen Beschäftigten an²⁹⁾.

Der Anwendung des Kriteriums »Benutzerpotential« liegt eine statische Betrachtungsweise zugrunde. Unter Potential ist die Anzahl derjenigen Personen zu verstehen, denen ein direkter Zugang zu den Haltestellen der geplanten Schnellbahnstrecken ermöglicht wird – unabhängig davon, ob diese Personen auch tatsächlich als Fahrgäste von dieser Möglichkeit Gebrauch machen oder nicht. Aus der Größe des Benutzerpotentials können also keine direkten Schlußfolgerungen über mögliche Belastungen auf den betreffenden Schnellbahnstrecken gezogen werden.

Zur Ermittlung der Benutzerpotentiale einer Schnellbahnstrecke sind Haltestellen-Einzugsbereiche zu definieren. Aufgrund umfangreicher Vorüberlegungen wurde in Übereinstimmung mit den Zielvorstellungen des Hamburger Entwicklungsmodells³⁰⁾ von fußläufigen Einzugsbereichen der geplanten Schnellbahn-Haltestellen mit Halbmessern von 600 m Luftlinien-Entfernung (rd. 720 m tatsächliche Fußwegentfernung) ausgegangen. Bis zu dieser Entfernung gehen fast 90 % der Fahrgäste zu Fuß zur Schnellbahn-Haltestelle. Die Benutzerpotentiale können anhand von Punktekarten, auf denen die Verteilung der Einwohner und der Beschäftigten wiedergegeben ist³¹⁾ und in welche die Haltestellen-Einzugsbereiche der geplanten Schnellbahnstrecken einzutragen sind, ermittelt werden. Ein Problem besonderer Art ergibt sich aus der Notwendigkeit, die Benutzerpotentiale der geplanten Schnellbahnstrecken auf die Prognose-Strukturdaten³²⁾ der Verkehrszellen abzustimmen. Die der Auswertung zugrundeliegenden Planunterlagen geben Auskunft über die vorhandene räumliche Verteilung der Bestandsdaten in den Einzugsbereichen der einzelnen Haltestellen. Bei der Hochrechnung dieser Bestandsdaten auf Prognosewerte ist zu berücksichtigen, daß ein Haltestellen-Einzugsbereich in der Regel mehrere Verkehrszellen anschneidet. Es müssen daher zunächst die Anteile der betroffenen Verkehrszellen an einem Einzugsbereich bestimmt werden.

Die weitere Vorgehensweise hängt dann von der Qualität des verfügbaren Planmaterials ab:

²⁹⁾ Pampel, F., Runkel, M., Untersuchung zum Trassenverlauf der künftigen S-Bahn zwischen Frankfurt/M. und Darmstadt. Gutachten im Auftrage der Regionalen Planungsgemeinschaft Untermain (RPU), Hamburg 1974; Weigelt, H., Heinrich, K., Gaffron, R., Knobloch, A., Verkehrswert alternativer Schnellbahntrassen. Institut zur Erforschung technologischer Entwicklungslinien, Hamburg 1973.

³⁰⁾ Senat der Freien und Hansestadt Hamburg – Staatliche Pressestelle, Hamburg und Umland – Entwicklungsmodell, Hamburg 1969; Utech, J., Herlan, A., Untersuchung über die Verteilung der zur Schnellbahn zugehenden Fahrgäste auf die Zugangsarten »zu Fuß« und »mit Bus« in Außengebieten von Verdichtungsräumen. In: Verkehr und Technik, 25 (1972), Nr. 1, S. 20–21.

³¹⁾ Bestandsdaten der Volkszählung und Arbeitsstättenzählung 1970.

³²⁾ Prognosewerte 1985/90.

- Liegt bei der Auswertung eine Planunterlage vor, der nicht nur Art der Flächennutzung und Verteilung der Strukturdaten, sondern auch Lage der geplanten Schnellbahnstrecken und der Verkehrszellengrenzen entnommen werden können, so ist eine unmittelbare Hochrechnung der anteiligen Verkehrszellenstrukturdaten am Gesamtpotential eines Einzugsbereiches mit den unterschiedlichen Zuwachsfaktoren der jeweiligen Verkehrszellen möglich.
- Lassen die verfügbaren Planunterlagen eine direkte Auswertung nicht zu, dann kann vereinfachend folgende Vorgehensweise gewählt werden: Zur Umrechnung des Haltestellen-Potentials (1970) in ein prognostiziertes Benutzerpotential (1985/90) wird ein mittlerer gewichteter Zuwachsfaktor bestimmt, in dem die Zuwachsfaktoren der einzelnen Verkehrszellen entsprechend dem anteiligen Gewicht dieser Verkehrszellen berücksichtigt werden.

Hierbei entstehen Ungenauigkeiten dadurch, daß mit durchschnittlichen Zuwachsfaktoren für die einzelnen Verkehrszellen gerechnet wird. Ausgeschieden werden können aus der Prognose solche Bereiche, die ganz offensichtlich für eine Nutzungsänderung nicht in Betracht kommen (z. B. Wasserflächen, Sportanlagen, Friedhöfe etc.).

Das gesamte Benutzerpotential einer geplanten Schnellbahnstrecke ergibt sich durch Summation der einzelnen Haltestellen-Potentiale, wobei Teilpotentiale innerhalb von Überschneidungsbereichen von Haltestellen-Einzugsbereichen nur einfach gezählt werden dürfen. Die Anschlußhaltestellen als Verknüpfungspunkte der zu untersuchenden Schnellbahnstrecken mit dem bestehenden Schnellbahnnetz werden bei der Ermittlung des Gesamtpotentials einer geplanten Strecke nicht berücksichtigt.

Das Prognose-Benutzerpotential einer Schnellbahnstrecke ergibt sich dann zu

$$\text{Pot}(E) = \sum_k E_{k_i} \sum P_{i,E} \cdot F_{ik}/F_k \quad (\text{Einwohner}),$$

$$\text{Pot}(B) = \sum_k B_{k_i} \sum P_{i,B} \cdot F_{ik}/F_k \quad (\text{Beschäftigte}),$$

wobei:

Pot(E) : Benutzerpotential »Einwohner 1985/90«

Pot(B) : Benutzerpotential »Beschäftigte 1985/90«

k : Haltestellenindex

i : Verkehrszellenindex

E_{k_i} , B_{k_i} : Benutzerpotential »Einwohner 1970« bzw. »Beschäftigte 1970« im Einzugsbereich der Haltestelle k

$P_{i,E}$, $P_{i,B}$: durchschnittlicher Zuwachsfaktor der Einwohner- bzw. der Beschäftigtenanzahl in Verkehrszelle i

F_k : Fläche des Einzugsbereiches einer Haltestelle k

F_{ik}/F_k : Flächenanteil einer Verkehrszelle i am Einzugsbereich der Haltestelle k

Wird bei der Behandlung der Benutzerpotentiale hinsichtlich der gegenseitigen Wertigkeit von Einwohnern und Beschäftigten nicht unterschieden, dann ergibt sich für das hier untersuchte Bewertungskriterium folgende Meßvorschrift:

$$\text{Pot}(E+B) = \sum_k E_{k_i} \sum P_{i,E} \cdot (F_{ik}/F_k) + \sum_k B_{k_i} \sum P_{i,B} \cdot (F_{ik}/F_k) \quad (\text{Personen})$$

Grundsätzlich lassen sich für das Kriterium »Benutzerpotential« mehrere Anwendungsformen unterschiedlichen Aussagegehalts formulieren, z. B.

- absolutes Benutzerpotential,
- streckenbezogenes Benutzerpotential.

Das absolute Benutzerpotential einer geplanten Schnellbahnstrecke gibt Auskunft über die Gesamtzahl der erschlossenen Einwohner und Beschäftigten, denen durch die Realisierung einer Schnellbahnstrecke eine verbesserte Anbindung an das bestehende Schnellbahnnetz und damit eine potentielle Erhöhung ihrer Mobilität ermöglicht wird. Ein Vergleich verschiedener Alternativen auf der Grundlage des absoluten Benutzerpotentials führt daher zwangsläufig zu einer Prioritätenreihung mit Bezug auf dieses Kriterium, die der Strecke mit der maximalen Anzahl erschlossener Einwohner und Beschäftigten den Vorzug gibt. Eine Aussage über den Aufwand, mit dem dieses Potential erreicht wird, wird nicht gemacht. Das absolute Benutzerpotential sollte daher stets im Zusammenhang mit anderen Kriterien (z. B. den Investitionskosten) gesehen werden.

Zur Ermittlung des streckenbezogenen Benutzerpotentials wird das absolute Benutzerpotential einer Strecke auf die Länge der Neubaustrecke bezogen. Dadurch erhält man ein Maß für den Erschließungsgrad einer Schnellbahnstrecke. Dagegen gibt der Reziprokwert dieser Größe, d. h. die Länge der Neubaustrecke, bezogen auf das absolute Benutzerpotential, Auskunft über den Erschließungsaufwand.

Die Meßergebnisse zum Kriterium A2 sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Sie werden durch Abbildung 3 veranschaulicht.

Tabelle 1:

Meßergebnisse zu Kriterium A2

Primäre Ergänzungsstrecken	Pot(E+B) (Personen)	Pot(E+B)/ km Neubaust.	Rang*)
Lurup – Bahnhof Altona	101.598	13.068	2
Niendorf – Hagenbecks Tierpark	26.103	4.882	3
City Nord – Winterhude – Innenstadt	104.658	15.803	1
Mümmelmannsberg – Billstedt	15.230	4.414	4

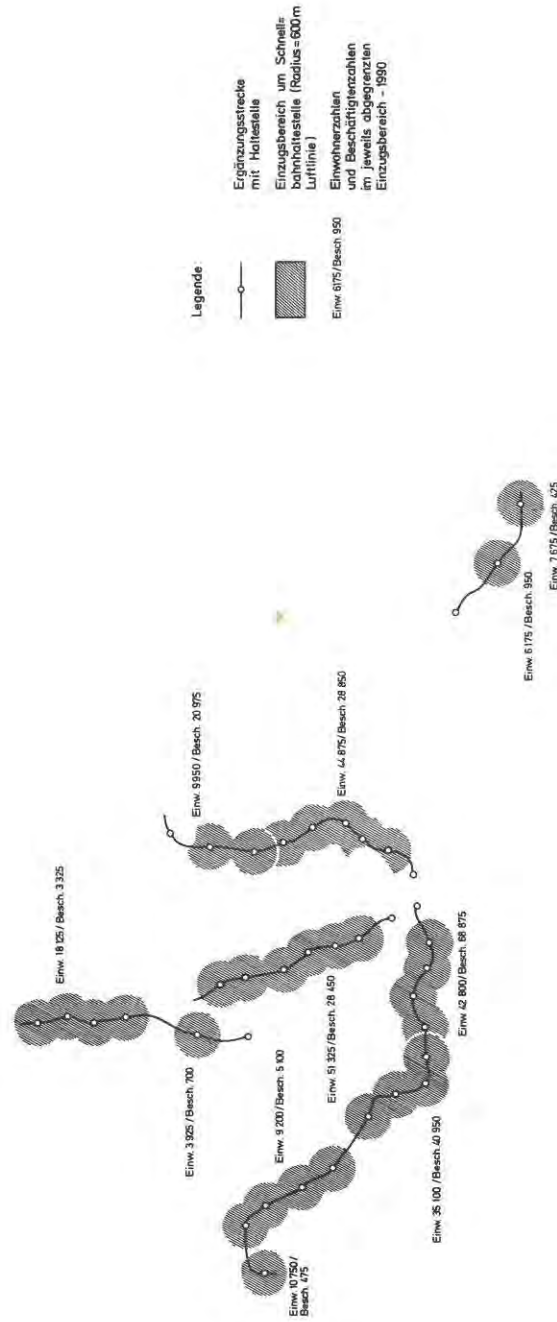
*) Die hier angegebene Rangziffer hat nur informatorische Bedeutung für das jeweilige Kriterium. In die weitere Berechnung (siehe Abschnitt 3.6.) gehen die Meßwerte, nicht die Rangziffern der Einzelkriterien, ein.

- Kriterium B3: Ausnutzung des Leistungsangebotes

Das Bewertungskriterium »Ausnutzung des Leistungsangebotes« dient der Beurteilung der Frage, in welchem Maße die auf den Neubaustrecken angebotenen Transportkapazitäten ausgelastet sind. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, daß eine sehr starke Abhängigkeit zwischen diesem Kriterium und dem Kriterium »Sitzplatzerwartung« (F3) besteht:

- Einerseits entspricht eine hohe Ausnutzung des Leistungsangebotes den betrieblichen Rentabilitätsüberlegungen, sie ist aber gleichzeitig unvereinbar mit den Anforderungen der Fahrgäste an eine attraktive Beförderungsqualität, da ein hoher Auslastungsgrad die Erwartung, einen freien Sitzplatz anzutreffen, mindert.
- Andererseits kann aber auch für den Betreiber einer U-Bahn eine hohe Ausnutzung des Leistungsangebotes nicht von langfristigen Interesse sein, da sie den Bestrebungen zuwiderläuft, den U-Bahn-Benutzern, die zumindest längere Strecken im Netz zurücklegen, eine gute Beförderungsqualität und

Abbildung 3
Benutzerpotentiale
 Einwohner und Beschäftigte im
 Einzugsbereich neuer Haltestellen



Legende

- Ergänzungstrecke mit Haltestelle
- Einzugsbereich um Schnellbahnhaltestelle (Radius=600m Luftlinie)
- Einw. 6175 / Besch. 950 Einwohnerzahlen und Beschäftigtenzahlen im jeweils abgegrenzten Einzugsbereich - 1990

Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung
 Universität Karlsruhe
 Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
 Technische Hochschule Darmstadt
 Institut für Verkehrsplanung und Verkehrswesen
 Technische Universität München

damit ein hohes Sitzplatzangebot zu bieten. Attraktivitätsfördernde Maßnahmen sind aber insbesondere auch deswegen erforderlich, »um dem System »Parken und Reisen« zum vollen Durchbruch zu verhelfen und so weitere Autofahrer für den öffentlichen Personennahverkehr zu gewinnen«³³⁾.

Bei der Bestimmung der Kapazitätsauslastung wird sowohl die Hauptbelastungsrichtung in der Hauptverkehrszeit als auch die Gegenrichtung berücksichtigt. Hierzu wird als Meßkriterium ein Auslastungsgrad auf der Neubaustrecke definiert, der dem gewogenen Mittelwert der Teilstreckenauslastungen entspricht. Die Gewichtung erfolgt anhand der Teilstreckenlängen zwischen den einzelnen Netzknoten:

$$G_a = \left[\sum_{i=1}^n l_i (B_{i,1} + B_{i,2}) / (2 \cdot c \cdot NZ_i) \right] / \left[\sum_{i=1}^n l_i \right] \quad (\text{Personen/Platz})$$

wobei

- G_a : Auslastungsgrad
- $B_{i,1}$: Belastung in der 10-Minuten-Spitze in der einen Richtung auf einer Teilstrecke i
- $B_{i,2}$: Belastung in der 10-Minuten-Spitze in der anderen Richtung auf einer Teilstrecke i
- c : Kapazität eines U-Bahn-Langzuges (1095 Plätze)
- NZ_i : Anzahl der Züge in der 10-Minuten-Spitze auf einer Teilstrecke i in einer Richtung
- l_i : Länge einer Teilstrecke i
- n : Anzahl der Teilstrecken eines Projektes

Die verwendete Meßvorschrift ist in dieser Form nur gültig, wenn auf einer Ergänzungstrecke mit gleichbleibender Kapazität der eingesetzten Züge gefahren wird. Die tatsächlichen betrieblichen Verhältnisse werden insoweit unzureichend wiedergegeben, als einheitlich für alle vier Ergänzungstrecken mit Langzügen (3 DT 3-Einheiten) gerechnet wurde. Daraus folgt aber auch, daß es im Hinblick auf das Bewertungsergebnis unerheblich ist, ob die vorhandene Kapazität in Sitzplätzen oder als Gesamtzahl aller Plätze angegeben wird.

Der Ansatz eines mittleren Auslastungsgrades führt zwangsläufig zu vergleichsweise niedrigen Werten, da insbesondere in der schwach belasteten Gegenrichtung (stadtauswärts während der morgendlichen Hauptverkehrszeit), aber auch in den Außenbereichen von radial verlaufenden Schnellbahnstrecken, ein unvermeidbares Kapazitätsüberangebot besteht. Aus der Sicht des Betreibers ist aber nicht nur ein hoher Auslastungsgrad in der Hauptverkehrsrichtung von Interesse, sondern ein möglichst geringes Belastungsungleichgewicht.

Die Meßergebnisse zum Kriterium B3 werden in Tabelle 2 angegeben.

Tabelle 2: *Meßergebnisse zu Kriterium B3*

Primäre Ergänzungstrecken	G_a (Personen/ Platz)	$U^*) = 1/x$	Züge/10'	Rang
Lurup – Bahnhof Altona	0,135	$x = 7,2$	2	2
Niendorf – Hagenbecks Tierpark	0,126	$x = 12,4$	2	3
City Nord – Winterhude – Innenstadt	0,297	$x = 2,2$	3	1
Mümmelmannsberg – Billstedt	0,120	$x = 19,3$	2	4

*) U = Ungleichgewicht der Richtungsbelastungen auf einer Neubaustrecke.

33) Hamburger Verkehrsverbund, Jahresbericht 1973, Hamburg 1974.

- Kriterium F1: Reisezeit

Ein wesentliches Element für die Bewertung angebotener Verkehrssysteme durch den Fahrgast ist die Reisezeit, die auf den einzelnen Verkehrsbeziehungen erreicht werden kann. Unter der Reisezeit ist der gesamte Zeitaufwand von Haus zu Haus einschließlich (durchschnittlicher) Wartezeiten an den Haltestellen des ÖPNV zu verstehen. Größere Reisezeitveränderungen gegenüber dem unterstellten planungsnullfall erhalten dann ein besonderes reich, wenn sie zwischen zwei Verkehrszellen auftreten, zwischen denen starke Verkehrsbeziehungen abzuwickeln sind, wie sie im allgemeinen in Richtung zur Innenstadt auftreten. Um den Berechnungsaufwand für dieses Kriterium in Grenzen zu halten, werden nur solche Verkehrsbeziehungen untersucht, auf denen ein gewisser festzulegender Prozentsatz des Gesamtquellverkehrs liegt.

Um die Bedeutung eines großen Reisezeitvorsprunges auf einer bestimmten Verkehrsbeziehung zu berücksichtigen, wird die Differenz der mit den zugehörigen F_{ij} (ÖPNV)-Werten³⁴⁾ von Planungsfall und Planungsnullfall gewichteten Reisezeiten gebildet. Auf langen Neubaustrrecken ist der absolute Reisezeitgewinn gegenüber dem Istzustand sehr viel größer als auf kurzen Strecken. Eine Gewichtung dieser Reisezeitgewinne ist also zum Vergleich der einzelnen Ergänzungsstrecken notwendig.

Folgende Meßvorschrift wird angewendet:

$$T = \frac{\sum_{k,s} (t_{ks} \cdot F_{ks})^{(O)}}{\sum_{k,s} F_{ks}^{(O)}} - \frac{\sum_{k,s} (t_{ks} \cdot F_{ks})^{(P)}}{\sum_{k,s} F_{ks}^{(P)}} \quad (\text{min})$$

wobei

- T : Gewichteter Reisezeitgewinn auf Verkehrsrelationen zwischen den jeweiligen Einflußbereichen von Ergänzungsstrecken und der Innenstadt.
- $t_{ks}^{(O)}$ bzw. $t_{ks}^{(P)}$: Reisezeit zwischen Verkehrszelle k und s im Planungsnullfall (O) bzw. im Planungsfall (P).
- $F_{ks}^{(O)}$ bzw. $F_{ks}^{(P)}$: Stärke der Verkehrsbeziehung (Personenfahrten) zwischen den Verkehrszellen k und s im Planungsnullfall (O) bzw. im Planungsfall (P) im ÖPNV.
- k : Repräsentative Verkehrszellen im Einflußbereich der jeweiligen Ergänzungsstrecke.
- s : Repräsentative Verkehrszellen der Innenstadt.

Das Meßergebnis gibt Tabelle 3 wieder.

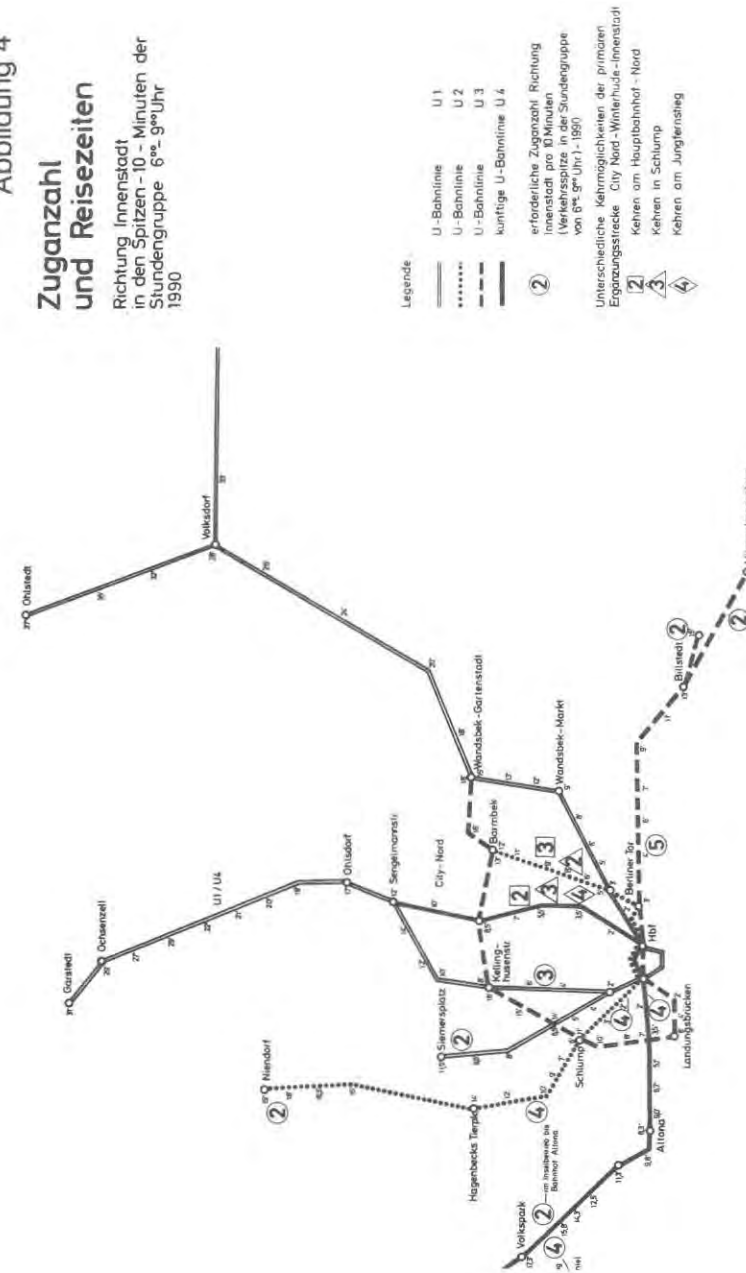
Tabelle 3: Meßergebnis zu Kriterium F1

Primäre Ergänzungsstrecken	T (min)	Rang
Lurup - Bahnhof Altona	5,4	3
Niendorf - Hagenbecks Tierpark	14,0	1
City Nord - Winterhude - Innenstadt	4,8	4
Mümmelmannsberg - Billstedt	11,1	2

³⁴⁾ F_{ij} (ÖPNV): Verkehrsbeziehungen im ÖPNV zwischen den Verkehrszellen i und j.

Abbildung 4
Zuganzahl
und Reisezeiten

Richtung Innenstadt
in den Spitzen - 10 - Minuten der
Stundengruppe 6⁰⁰ - 9⁰⁰Uhr
1990



Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung
Universität Karlsruhe
Institut für Verkehrsplanung und Verkehrstechnik
Technische Hochschule Darmstadt
Institut für Verkehrsplanung und Verkehrswesen
Technische Universität München

In der Abbildung 4 sind die Reisezeiten im U-Bahn-Netz einschließlich der Ergänzungstrecken dargestellt.

3.5. Kriteriengewichtung

Jede Zielvorstellung ist als solche nach ihrer relativen Bedeutung zu bewerten, nicht aber die Einheit der Meßgröße, durch die die Zielvorstellung quantifiziert wird. Dementsprechend ist die Art der Meßgrößenermittlung für die Zielgewichtung bedeutungslos. Ferner ist zu beachten, daß Zielgewichte grundsätzlich nur subjektiv festlegbar sind. Dieser ausschließlich subjektive Charakter kann nicht beseitigt werden. Lediglich das Ausmaß der Subjektivität kann durch Abstützung auf die Meinungen eines fachlich kompetenten Gremiums einerseits und eines von den untersuchten Maßnahmen betroffenen Personenkreises andererseits reduziert werden (z. B. Anwendung der Delphi-Methode).

Im Rahmen der Prioritätenbestimmung zum Ausbau des Hamburger Schnellbahnnetzes wurde eine Befragung über die Kriteriengewichte in einem Gremium durchgeführt, das die Auftraggeberseite repräsentierte:

- Baubehörde
- Behörde für Wirtschaft und Verkehr,
- Hamburger Verkehrsverbund,
- Planungsstab Senatskanzlei.

Zugleich wurde im Gutachterteam eine interne Zielgewichtung vorgenommen.

Die Gewichtungen wurden in zwei Schritten durchgeführt. In einem ersten Schritt wurden die Zielkriterien innerhalb der Kriteriengruppe eines Aspektes im Vergleich zueinander bewertet (Zielgewichte), in einem zweiten Schritt wurden die drei Aspekte der Allgemeinheit, des Betreibers und des Fahrgastes gegeneinander abgewogen (Aspektgewichte). Auf die Zielkriterien eines Aspektes waren jeweils 100 Gewichtspunkte zu vergeben. Entsprechend waren bei der gegenseitigen Abwägung der Aspekte 100 Gewichtspunkte auf die Aspekte A, B und F zu verteilen.

Die Ergebnisse der Gremiumbefragung und der Meinungsbildung im Gutachterteam weichen sowohl hinsichtlich der Mittelwerte als auch hinsichtlich der Extremwerte der Gewichtungen nicht sehr stark voneinander ab.

Die gruppenweise gebildeten Mittelwerte stellen die Gewichtsgrundlage für die Durchführung der Nutzwertanalysen und der Kosten-Wirksamkeitsanalysen dar. Mittelwerte und Extremwerte der Gewichtungen sind aus der Tabelle 4 ersichtlich.

3.6. Abbildung der Meßergebnisse in eine einheitliche Skala

Da sich die ermittelten Meßwerte in ihrer Dimension, in ihrer Größenordnung und in der Meßrichtung (positiv oder negativ) unterscheiden, müssen sie in eine einheitliche Skala transformiert werden, um eine Zusammenfassung zu Teilnutzwerten zu ermöglichen. Es wird eine Methode der Transformation gewählt, die diesen Anforderungen gerecht wird und darüber hinaus den folgenden Bedingungen genügt:

- (1) Festlegung einer Skala mit unterer und oberer Begrenzung und fixiertem Mittelwert,
- (2) Erhaltung der Relationen der Absolutabstände zwischen den einzelnen Meßergebnissen für ein Kriterium,

Tabelle 4:

Ergebnisse der Kriteriengewichtungen

Zielkriterium	Gewichtungsansatz eines Gremiums der Auftraggeberseite			Gewichtungsansatz der Gutachter		
	Mittelwert \bar{w}	w_{\min}	w_{\max}	Mittelwert \bar{w}	w_{\min}	w_{\max}
A 1 - Lagegunst	11	5	20	12	9	15
A 2 - Benutzerpotential	15	5	20	16	9	20
A 3 - Eignung für das P + R-System	6	-	13	5	2	7
A 4 - Gesichtspunkte der Stadtentwicklung	14	10	20	12	5	16
A 5 - Beeinflussung des Stadtbildes	3	-	5	4	3	8
A 6 - Städtebaul. Trennwirkung	5	2	8	4	3	8
A 7 - Verkehrslärm	3	-	6	7	5	11
A 8 - Luftverschmutzung	4	2	8	4	2	11
A 9 - Volkswirtschaftliche Folgewirkungen	7	4	9	8	5	12
A 10 - Investitionskosten und Investitionsfolgekosten	32	17,5	60	28	19	35
B 1 - Verkehrsbelastung der Neubaustrecke	17	5	25	19	15	30
B 2 - Zusätzliche Verkehrsarbeit im Schnellbahnnetz	9	5	12	11	5	16
B 3 - Ausnutzung des Leistungsangebotes	10	5	15	14	10	20
B 4 - Betriebskosten	42	26	75	28	20	35
B 5 - Zuverlässigkeit	10	5	13	12	10	20
B 6 - Gesichtspunkte der Netzverknüpfung	12	5	23	16	10	20
F 1 - Reisezeit	23	17	35	25	8	35
F 2 - Umsteigenotwendigkeit	15	10	17	17	9	25
F 3 - Sitzplatzerwartung	21	15	30	16	10	28
F 4 - Zugfolge	17	5	22	18	10	34
F 5 - Sicherheit	11	10	15	9	1	20
F 6 - Pünktlichkeit				7	2	12
F 7 - Fahrkomfort				8	5	13
A - Allgemeinheit	47	42	47	42	29	50
B - Betreiber	20	16	23	26	20	33
F - Fahrgast	33	20	43	32	30	38

- (3) Nichtauftreten negativer Teilnutzwerte
 und (4) Gleichbewertung gleicher relativer Abstände zum jeweiligen Mittelwert für die verschiedenen Kriterien.

Dies trifft auf die folgende Transformationsfunktion zu:

$$N_{ij} = 50 + a_i \cdot \frac{|X_{ij} - S_i|}{S_i} \cdot \frac{50}{C}$$

wobei

- N_{ij} : Teilnutzwert des j-ten Projekts bezüglich des i-ten Kriteriums
 X_{ij} : Meßwert des j-ten Projekts bezüglich des i-ten Kriteriums
 n : Anzahl der Kriterien
 m : Anzahl der Projekte
 a_i : $\begin{cases} +1, & \text{wenn der Nutzen bei Kriterium } i \text{ mit zunehmendem Meßwert zunimmt} \\ -1, & \text{wenn der Nutzen bei Kriterium } i \text{ mit zunehmendem Meßwert abnimmt} \end{cases}$

$$S_i = \frac{\sum_{j=1}^m X_{ij}}{m} : \text{ durchschnittlicher Meßwert bezüglich des } i\text{-ten Kriteriums}$$

$$C = \max_{i,j} \left\{ \frac{|X_{ij} - S_i|}{S_i} \right\} \quad (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m) \text{ mit } S_i = 0 \text{ für alle } i:$$

maximale relative Abweichung irgendeines Meßwertes von dem zugehörigen Mittelwert, ermittelt über alle Meßwerte

Für diese Abbildungsvorschrift gelten die folgenden Prämissen:

- Skalenbezugspunkt ist der durchschnittliche Meßwert für die Projekte bezüglich eines Kriteriums. Fällt ein Meßwert mit dem durchschnittlichen Meßwert zusammen, so werden dem betreffenden Projekt bezüglich dieses Kriteriums 50 Nutzenpunkte zugeordnet.
- Weicht der Meßwert eines Projektes vom Mittelwert des jeweiligen Kriteriums ab, so werden je nach Zielrichtung des Kriteriums Punkte zu 50 addiert bzw. von 50 abgezogen, wobei der Punkteabstand von 50 die relative Abweichung vom Mittelwert des Kriteriums wiedergibt.
- Für die Festlegung eines Skalenanfangs und eines Skalenendes wird die relative Abweichung der Meßwerte von ihrem Mittelwert zusätzlich – und zwar mit der absoluten Größe der maximalen relativen Abweichung irgendeines Meßwertes von dem zugehörigen Mittelwert – normiert. Damit erhält diejenige Alternative, die bezüglich eines Kriteriums die im Vergleich zu allen anderen Abweichungen maximale Abweichung gegenüber dem entsprechenden Mittelwert aufweist, für dieses Kriterium, je nach seiner Zielrichtung, entweder 0 oder 100 Punkte.

Die Nachteile dieses Verfahrens liegen darin, daß

- die Absolutgrößen der Meßwerte verloren gehen,
- kriterienspezifische soziale Teilnutzenfunktionen auch da, wo diese entwickelt und – vielleicht – allgemein akzeptiert werden könnten, nicht berücksichtigt werden können, und
- die Teilnutzwerte aller Zielkriterien in ihrem Zahlenwert von dem maximalen oder minimalen Meßwert desjenigen Kriteriums abhängen, das zur Skalendefinition verwendet wird.

Damit entsteht die Gefahr, daß die Teilnutzwerte um den Mittelwert 50 herum zusammengedrückt werden, insbesondere dann, wenn der zur Skalendimensionierung benutzte extreme Meßwert weit aus dem Rahmen der übrigen Relativabstände fällt.

Die Anwendung dieses Verfahrens setzt also eine sorgfältige Prüfung und Sicherung der einzelnen Meßwerte, insbesondere des extremen Meßwertes voraus. Es hat die Vorteile, daß

- alle Kriterien bei der Skalentransformation gleich behandelt werden,
- alle relativen Abstände der Meßwerte zueinander bei der Skalentransformation unangestastet bleiben und
- die Relativabstände der Meßwerte im Vergleich der Kriterien untereinander durch die Normierungsgröße vergleichbar gemacht werden.

Im vorliegenden Fall wurden, auch unter Berücksichtigung der relativ guten Sicherung der Datengrundlage, diese Vorteile für ausschlaggebend gehalten.

3.7. Sensitivitätsanalyse

Im Rahmen dieser Untersuchung werden

Nutzwertanalysen

- mit absoluten Meßgrößen unter Einschluß aller Ziele
- mit relativen Meßgrößen unter Einschluß aller Ziele und
- mit absoluten Meßgrößen unter Einschluß aller nicht fiskalischen Ziele und Kosten-Wirksamkeitsanalysen
- mit absoluten Meßgrößen und
- mit relativen Meßgrößen

durchgeführt. Die relativen Meßgrößen werden dabei durch Bezug der absoluten Meßgrößen auf den Kilometer Neubaustrecke gewonnen.

Mit einer Herausnahme der fiskalischen Ziele (Investitionskosten und Investitionsfolgekosten sowie Betriebskosten) aus dem Zielsystem wird die Absicht verfolgt, die Optimallösung auch für eine solche Prioritätenreihung herzuleiten, die von fiskalischen Einflüssen losgelöst ist und sich somit fast ausschließlich an den positiven Auswirkungen des Schnellbahnausbaus für die Allgemeinheit, den Betreiber und den Fahrgast orientiert. In der KWA werden die mit Hilfe der NWA ermittelten Nutzwerte auf die Investitionskosteneinheit und die Investitionsfolgekosteneinheit bezogen. Tabelle 5 zeigt die verwendeten Rechnungsansätze.

Diese Rechnungsansätze werden für verschiedene Gewichtungen der Zielkriterien durchgespielt. Dabei ist die Grundlage der Gewichtung das Ergebnis einer Abstimmung unter den Gutachtern. Daneben kommen die Resultate der Befragung Hamburger Behördenvertreter in der Weise zur Geltung, daß jeweils die höchsten und die niedrigsten von irgendeinem der Befragten angesetzten Gewichte für die Zielkriterien Investitionskosten und Investitionsfolgekosten (A10), Betriebskosten (B4) und Reisezeit (F1) eingesetzt werden. Dies sind diejenigen Kriterien, die in beiden Gewichtungsverfahren jeweils in ihrer Kriteriengruppe die höchsten Gewichte erhielten.

Tabelle 5:

Rechnungsansätze

Rechnungsansatz	Aussage der Optimallösung
NWA, abs. Meßgrößen, alle Ziele	Größter absoluter Fortschritt gegenüber dem Planungsnullfall mit Berücksichtigung des finanziellen Einsatzes
NWA, rel. Meßgrößen, alle Ziele	Größter Fortschritt gegenüber dem Planungsnullfall pro km Neubaustrecke mit Berücksichtigung des finanziellen Einsatzes
KWA, abs. Meßgrößen	Größter Fortschritt gegenüber dem Planungsnullfall pro eingesetzter Kosteneinheit
KWA, rel. Meßgrößen	Größter Fortschritt gegenüber dem Planungsnullfall pro eingesetzter Kosteneinheit und pro km Neubaustrecke
NWA, abs. Meßgrößen, alle nicht fiskalischen Ziele	Größter absoluter Fortschritt gegenüber dem Planungsnullfall ohne Berücksichtigung des finanziellen Einsatzes

Somit folgt eine weitere Unterteilung der fünf Rechnungsansätze:

- Gutachtergewichtung (G)
- Gutachtergewichtung, korrigiert mit Gewichtung Hamburger Behördenvertreter für A10, B4, F1, minimale Gewichtswerte (HH_{min})
- Gutachtergewichtung, korrigiert mit Gewichtung Hamburger Behördenvertreter für A10, B4, F1, maximale Gewichtswerte (HH_{max}).

Da bei der KWA und bei der NWA ohne Berücksichtigung fiskalischer Ziele die Kriterien A10 und B4 nicht in der Nutzwertsynthese enthalten sind, wäre eine Variation dieser Verfahren durch Ansatz der Extremwerte (HH_{max}, HH_{min}) nur für das Kriterium F1 möglich. Dies erscheint nicht sinnvoll. Es werden daher nur neun verschiedene Rechnungen durchgeführt (siehe Tabelle 6).

In jeder Rechnung wird durch Variierung der Aspektgewichte zwischen plausiblen Ober- und Untergrenzen in 5-Punkte-Schritten eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, wobei folgende Variationsgrenzen gesetzt werden:

Gewicht für den Aspekt	A	B	F
Minimalansatz	20	10	20
Maximalansatz	60	40	45

Da die Summe der Aspektgewichte jeweils 100 ergeben muß, folgt, daß für die Gewichtsvariationen 38 Einzelrechnungen für jede Rechnungsart durchzuführen sind. Danach ergeben sich insgesamt 342 Ergebnisse, die als quantitative Entscheidungsbasis für die Beurteilung des Priorisierungsproblems herangezogen werden können.

Tabelle 6:

Gewichtungsansätze

Rechnungsansatz	Gewichtungsansatz		
	G	HH _{min}	HH _{max}
NWA, abs. Meßgrößen, alle Ziele	NWA, abs., G	NWA, abs., HH _{min}	NWA, abs., HH _{max}
NWA, rel. Meßgrößen, alle Ziele	NWA, rel., G	NWA, rel., HH _{min}	NWA, rel., HH _{max}
KWA, abs. Meßgrößen	KWA, abs., G		
KWA, rel. Meßgrößen	KWA, rel., G		
NWA, abs. Meßgrößen, alle nicht fiskalischen Ziele	NWA, abs., n.f.Z., G		

Das Problem wird, wie die Einzelrechnungen zeigen, von verschiedenen normativen und methodischen Ansätzen her angegangen. Es ist daher nicht zu erwarten, daß aus den Rechnungen eine optimale Lösung im Sinne einer über alle Gewichtsvariationen stabilen Prioritätenfolge hervorgeht. Vielmehr grenzen die Ergebnisse den Bereich ein, innerhalb dessen eine Entscheidung gefällt werden sollte. In Tabelle 7 sind sämtliche Ergebnisse bezüglich der Rangplätze der Alternativen zusammengestellt.

Tabelle 7:

Ranghäufigkeiten für die primären Ergänzungsstrecken
(Ergebnisse der Nutzwertanalysen und Kosten-Wirksamkeitsanalysen)

Rang	Lurup-Bahnhof Altona				Niendorf-Hagenbecks Tierpark				City Nord-Winterhude-Innenstadt				Mümmelmannsberg-Billstedt			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
1 NWA, abs. G	0	0	38	0	38	0	0	0	0	0	0	38	0	38	0	0
2 NWA, rel. G	0	0	38	0	38	0	0	0	0	0	0	38	0	38	0	0
3 KWA, abs. G	0	0	38	0	0	38	0	0	0	0	0	38	38	0	0	0
4 KWA, rel. G	0	0	38	0	38	0	0	0	0	0	0	38	0	38	0	0
5 NWA, abs., n.f.Z., G	14	21	3	0	16	12	10	0	8	5	22	3	0	0	3	35
6 NWA, abs. HH _{min}	0	0	38	0	38	0	0	0	0	0	0	38	0	38	0	0
7 NWA, abs. HH _{max}	0	0	38	0	38	0	0	0	0	0	0	38	0	38	0	0
8 NWA, rel. HH _{min}	0	0	38	0	38	0	0	0	0	0	0	38	0	38	0	0
9 NWA, rel. HH _{max}	0	0	38	0	38	0	0	0	0	0	0	38	0	38	0	0

4. Bestimmung der optimalen Ausbaureihenfolge

Faßt man die in Tabelle 7 aufgezeigten Ranghäufigkeiten zusammen, erhält man die in Tabelle 8 dargestellten Platzverteilungen:

Tabelle 8:

Zusammenfassung der Ranghäufigkeiten

Primäre Ergänzungsstrecken	1. Rang	2. Rang	3. Rang	4. Rang
Lurup – Bahnhof Altona	14	21	307	0
Niendorf – Hagenbecks Tierpark	282	50	10	0
City Nord – Winterhude – Innenstadt	8	5	22	307
Mümmelmannsberg – Billstedt	38	266	3	35

Die Strecke Niendorf–Hagenbecks Tierpark erreicht in 282 von 342 Rechnungen den ersten Rang. Wie aus Tabelle 7 ersichtlich, verliert sie nur dann ihre dominierende Position, wenn den finanziellen Größen im Rahmen der KWA eine entscheidende Position eingeräumt wird. Die Strecke Mümmelmannsberg–Billstedt erscheint 266 mal auf dem zweiten Rangplatz. Sie wird aber vor allem bei den jeweiligen Rechnungsansätzen auf einen der hinteren Plätze verwiesen, bei denen die finanziellen Kriterien außer acht gelassen werden und nur der »Brutto«-Fortschritt gegenüber dem Nullfall gemessen wird. Dominieren hingegen finanzielle Erwägungen (Rechnungsansatz 3), so erreicht diese Ergänzungsstrecke wegen der vergleichsweise geringen, mit ihrer Errichtung verbundenen Investitionskosten den ersten Rangplatz. Lurup–Altona erzielt in 307 Rechnungen den dritten Rang. Den hohen finanziellen Aufwendungen steht hier insgesamt ein großes Maß an Verbesserungen im Verhältnis zum Planungsnullfall gegenüber, was vor allem in dem Ergebnis des Rechnungsansatzes ohne Berücksichtigung der finanziellen Kriterien zum Ausdruck kommt. Die Alternative City Nord–Winterhude–Innenstadt wird überwiegend auf den vierten Platz gesetzt: Die aus dem Bau dieser Ergänzungsstrecke resultierenden erheblichen verkehrlichen Nutzen können nur durch außerordentlich hohe finanzielle Aufwendungen realisiert werden.

Geht man davon aus, daß in einer ausgewogenen Beurteilung den finanziellen Kriterien zwar eine erhebliche, jedoch nicht die dominante Bedeutung zukommt, so ist der Strecke Niendorf–Hagenbecks Tierpark wegen ihrer verkehrlichen, betrieblichen und stadtentwicklungs-politischen Vorteile die höchste Prioritätsstufe einzuräumen. Dieses Ergebnis wird noch durch ergänzende Betrachtungen gestützt: In den Berechnungen werden die Ergänzungsstrecken als Einheiten behandelt, so daß eine Bewertung von Teilabschnitten der Ergänzungsstrecken unterbleibt. Eine getrennte Untersuchung des Teilabschnitts von Hagenbecks Tierpark bis Niendorf-Markt zeigt jedoch, daß eine Realisierung dieses Abschnitts als erste Baustufe der genannten Ergänzungsstrecke besonders wegen der dann möglichen Straffung des bestehenden Straßenbahn- und Omnibusbetriebes bereits höhere Vorteile erwarten läßt als die Realisierung der Strecke von Mümmelmannsberg nach Billstedt. Da dieser erste Bauabschnitt außerdem geringere Investitionen erfordert als die Strecke Mümmelmannsberg–Billstedt, ist sie auch bei Dominanz finanzieller Erwägungen nach dem »the bigger the better«-Prinzip (vgl. Abschnitt 2.2.3.) vorzuziehen.

5. Zusammenfassung

Die Ausführungen zur Rechnungsmethodik und Rechnungsdurchführung machen deutlich, daß öffentliche Investitionsprobleme, deren Entscheidung zu erheblichen finanziellen Konsequenzen führt, von verschiedenen methodischen Ansätzen der Effizienzanalyse her angegangen werden sollten. Gleichfalls empfiehlt es sich, über Sensitivitätsanalysen die Bandbreite formallogisch begründbarer Entscheidungen festzustellen. Ein solches Vorgehen läßt nicht erwarten, daß ein stabiles Ergebnis in Form einer über alle methodischen und bewertenden Ansätze gleichbleibenden Rangfolge entsteht. Die Rechnungsergebnisse liefern somit die Grundlage für eine nachfolgende, vergleichende qualitative Beurteilung, nicht jedoch das Urteil selbst, stellen also eine Entscheidungshilfe dar³⁵⁾.

Auch ist zu beachten, daß die subjektiven Präferenzen als Elemente des Wertesystems einem zeitlichen Wandel unterliegen können. Dies betrifft nicht nur die Aspekt- und Kriteriengewichtungen, sondern möglicherweise das Zielsystem in seiner Gesamtheit. Die in der beschriebenen Untersuchung gewählte Struktur des Zielsystems mit seiner Grobklassifizierung nach betroffenen Gruppen und Feinklassifizierung nach betroffenen Sachbereichen bietet eine gute Voraussetzung für eine Fortschreibung der Planung auch bei geänderten Zielvorstellungen.

Der Stellenwert einer Nutzen-Kosten-Untersuchung im politischen Bereich ist nicht zuletzt davon abhängig, inwieweit ortsbezogene Sachinformationen und Wertungen berücksichtigt werden können. Dabei ist das Problem zu sehen, daß Entscheidungsträger und Administration häufig bereits projektbezogene Wertungen getroffen haben. Die im Rahmen der vorgestellten Effizienzanalysen durchgeführte klare Trennung zwischen dem weitgehend sachlich-objektiven Mengengerüst und dem subjektiven Wertesystem kann die Grundlage für eine sachbezogene Diskussion schaffen und verhärtete Standpunkte auflockern. Da der Untersuchungsrahmen jedem der Beteiligten, dem planenden Wissenschaftler, der Verwaltung und dem Entscheidungsträger³⁶⁾ die Kompetenzen nach Funktionen zuweist, ist eine gute Voraussetzung für eine unbefangene Zusammenarbeit, wie sie die Bundeshaushaltsordnung³⁷⁾ vorsieht, gegeben.

Die weitere politische Beschlußfassung über die gutachterlichen Ergebnisse zum Schnellbahnausbau in Hamburg³⁸⁾ hat gezeigt, daß Nutzen-Kosten-Untersuchungen, die nach der geschilderten Konzeption durchgeführt werden, auch dann eine positive Aufnahme finden können, wenn sie keine politische Alibifunktion übernehmen: Die bisher bestehenden Vorstellungen über die Ausbaureihenfolge im Hamburger Schnellbahnsystem sind gemäß den Ergebnissen über die optimale Ausbaureihenfolge geändert worden.

³⁵⁾ Funck, R., Entscheidungshilfen für die Regionalpolitik. In: Heidenheimer Schriften zur Regionalwissenschaft August Lösch in memoriam, Heidenheim a.d. Brenz 1976.

³⁶⁾ Funck, R., Normative Urteile . . . , a.a.O.

³⁷⁾ Bundesminister der Finanzen, Vorläufige Verwaltungsvorschriften zu § 7 Abs. 2 BHO. Ministerialblatt des Bundesministers der Finanzen und des Bundesministers für Wirtschaft, 1973, Nr. 13, S. 293–302.

³⁸⁾ Bürgerschaft der Freien und Hansestadt Hamburg, Mitteilung des Senats an die Bürgerschaft. Drucksache 8/1139, Hamburg 1975.

Summary

The applicability of multi-objective decision models to planning problems in the sector of public mass transportation is demonstrated using the example of the determination of priorities for the construction of new links in the Hamburg Underground System. Making precise the methodological base and referring this base to the given problem, a number of solutions are presented, which are interesting from the planner's as well as the scientist's point of view.

Résumé

L'application des modèles de la décision avec des critères multiples dans le domaine des transports publics urbains est exposé par l'exemple de la détermination des priorités pour l'aménagement du réseau du métro Hambourg. En précisant la base méthodologique et en référant cette base au problème décrit les auteurs présentent quelques solutions, qui sont de l'intérêt pour l'administration et pour les sciences de l'économie et de la circulation.

Strukturwandel im Kraftfahrzeugbestand der Bundesrepublik Deutschland 1954–1973

VON DR.-ING. JOACHIM WESTPHAL, HANNOVER

I. Einführung

Etwa seit 1950 ist auch in der Bundesrepublik Deutschland mit allgemein wachsendem Wohlstand eine starke Motorisierung breiter Bevölkerungsschichten zu beobachten, die das Verkehrsgeschehen in vielen Bereichen nachhaltig beeinflusst hat. Obwohl dem motorisierten Straßenverkehr eine Reihe von Nachteilen – beispielsweise Unfallgefahr, Belästigung durch Abgase und Lärm sowie mangelnde Eignung im Berufsverkehr großer Städte und Verdichtungsräume – anhaftet, darf jedoch nicht übersehen werden, daß er gleichzeitig infolge der Verfügbarkeit des Kraftfahrzeugs nach Raum und Zeit dem Benutzer eine früher nicht gekannte Mobilität sichert. Vermutlich ist dieser Zuwachs an Mobilität ein bestimmender Grund für das in den letzten 25 Jahren festzustellende starke Anwachsen des Kraftfahrzeugbestandes.

In der vorliegenden Arbeit soll die Entwicklung des Kraftfahrzeugbestandes – getrennt nach seinen einzelnen Bestandteilen – für den Zeitabschnitt 1954–1973 dargestellt werden. Gleichzeitig wird jedoch der grundlegende Wandel in der Struktur des Kraftfahrzeugbestandes aufgezeigt. Der Bestand an Personen- und Kombinationskraftwagen bestimmt gegenwärtig überwiegend den Kraftfahrzeugbestand.

II. Wohnbevölkerung und Kraftfahrzeugbestand

Die vorliegende Untersuchung beruht auf den in Tabelle 1 zusammengestellten Basisdaten für die Wohnbevölkerung und den Kraftfahrzeugbestand in der Bundesrepublik Deutschland mit Berlin (West) im Zeitraum 1954–1973. Der Kraftfahrzeugbestand wird hierin nach dem Bestand an Kraftfahrzeugen insgesamt, Personenkraftwagen einschließlich Kombinationskraftwagen sowie Krafträdern unterschieden. Sämtliche in Tabelle 1 aufgeführten Basisdaten entstammen amtlichen Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes Wiesbaden¹⁾ bzw. des Kraftfahrt-Bundesamtes Flensburg²⁾.

Anschrift des Verfassers:

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

¹⁾ Statistisches Bundesamt, Statistisches Jahrbuch 1974, Stuttgart und Mainz 1974; Statistisches Bundesamt, Bevölkerung und Wirtschaft 1872–1972, Stuttgart und Mainz 1972.

²⁾ Kraftfahrt-Bundesamt, Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern am 1. Juli 1973, Bonn-Bad Godesberg 1974.