

/ v. g. a. g.

Probleme der Bewertung und der Wertsynthese bei der Anwendung von Nutzen-Kosten-Untersuchungen*)

VON DR. TECHN. PETER CERWENKA, WIEN

I. Einleitung und Zielsetzung

Unter Nutzen-Kosten-Untersuchungen sind Analysetechniken zu verstehen, mit deren Hilfe der Vorteil einer Aktivität oder Maßnahme beurteilt werden kann. Die Bezeichnung »Nutzen-Kosten-Untersuchungen« (NKU) wurde im deutschen Sprachraum legislativ erstmals im Haushaltsgrundsätzegesetz und in der Bundeshaushaltsordnung der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1969 verankert¹⁾. Die beiden genannten Gesetze fordern für alle Maßnahmen »von erheblicher finanzieller Bedeutung« im Rahmen der öffentlichen Haushalte eine NKU. Die Bezeichnung »Nutzen-Kosten-Untersuchungen« ist als gemeinsamer Oberbegriff für die drei Analysetechniken

- Kosten-Nutzen-Analyse (KNA),
- Nutzwertanalyse (NWA) und
- Kostenwirksamkeitsanalyse (KWA)

aufzufassen. Gemeinsam ist allen drei Analysetechniken, daß versucht wird, zunächst den mitunter sehr komplexen und dehnbaren Begriff »Vorteil« zahlenmäßig zu ermitteln.

Die Besonderheit der KNA liegt darin, daß Bewertungen ausschließlich auf monetärer Basis durchgeführt werden. Mit zunehmender Komplexität der Aufgabenstellungen wurde jedoch erkannt, daß nicht alle Einflußgrößen monetär bewertbar sind (z. B. das menschliche Leben oder auch nur das »Wohlbefinden« des Menschen). Daher wurde im Laufe der Zeit und mit fortschreitender Verfeinerung der Analysetechniken die ausschließlich monetäre Bewertungsgrundlage aufgegeben. Dies führt zur Nutzwertanalyse und Kostenwirksamkeitsanalyse. (Die methodischen Unterschiede dieser beiden Analysetechniken untereinander werden noch veranschaulicht werden). Doch muß bereits an dieser Stelle hervorgehoben werden, daß kein grundsätzlicher methodischer Unterschied zwischen KNA einerseits und NWA bzw. KWA andererseits besteht und daß sich bei jeder NWA bzw. KWA nach Durchführung der unumgänglich erforderlichen Bewertungen an Hand einer »Leitkomponente« (analog zu einer

Anschrift des Verfassers:
Dr. Peter Cerwenka
c/o Büro Prof. Steierwald
Trappelgasse 3/1/4
A-1040 Wien

*) Dieser Beitrag stellt einen überarbeiteten Auszug aus dem Arbeitsauftrag »Dringlichkeitsreihung für die Landesstraßen der Steiermark« dar, den der Verfasser im Büro Prof. Dr.-Ing. G. Steierwald, Wien, im Auftrag des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung bearbeitet hat. Fruchtbare Anregungen hierzu verdankt der Verfasser seiner Mitarbeit am Gutachten »Prioritäten für den Ausbau des Hamburger Schnellbahnnetzes«, verfaßt 1975 von R. Funck et al. im Auftrag der Freien und Hansestadt Hamburg.

¹⁾ Gesetz über die Grundsätze des Haushaltsrechtes des Bundes und der Länder (Haushaltsgrundsätzegesetz - HGrG), in: Bundesgesetzblatt für die Bundesrepublik Deutschland, Nr. 81/1969, S. 1273-1283; Bundeshaushaltsordnung (BHO), in: Bundesgesetzblatt für die Bundesrepublik Deutschland, Nr. 81/1969, S. 1284-1302.

»Leitwährung«) alle anderen Komponentenwerte auch monetär ausdrücken lassen, sofern von der Leitkomponente der monetäre Wert bekannt ist. (Beispiel: Ein Unfall mit einem Toten kann z. B. 100-mal so hoch bewertet werden wie ein Unfall mit einem Leichtverletzten. Legt man jedoch den durchschnittlichen Schaden eines Unfalls mit einem Leichtverletzten monetär mit einem gewissen Wert fest, so ergibt sich über das »Gewicht« 100 automatisch auch der durchschnittliche monetäre Schadenswert eines Unfalles mit einem Toten).

Zielsetzung des vorliegenden Beitrages war es ursprünglich, die umfangreiche und auch beliebig ausdehnbare Theorie von Nutzen-Kosten-Untersuchungen²⁾ in ein einfaches, anschauliches und praktikables Ablaufschema zu transformieren. Dabei sollten auch die bei der praktischen Anwendung auftretenden Probleme und Möglichkeiten zu deren Lösung aufgezeigt werden. In Verfolgung dieser Zielsetzung zeigte sich jedoch sehr bald, daß bei der praktischen Durchführung speziell die Probleme der Bewertung und der Wertsynthese einen übertragenden Stellenwert einnehmen. Unter Berücksichtigung dieser »Nachfrage« wurde die ursprüngliche Zielsetzung modifiziert, so daß nunmehr als Hauptanliegen des Verfassers die Behandlung der Bewertungsprobleme anzusehen ist. Dennoch sollte auch das Ergebnis der ursprünglichen Zielsetzung nicht vorenthalten werden. Daher wird nachfolgend als Kompromiß zwar das gesamte Ablaufprinzip der NWA bzw. KWA dargestellt, wobei aber der Erörterung der Bewertungsprobleme breiter Raum gewährt wird. (Die KNA wird nicht weiter verfolgt, da bei ihr wegen der monetären Bewertungsbasis - wenigstens formal - kaum Bewertungsprobleme auftreten.) Um das Ablaufprinzip möglichst anschaulich zu gestalten, werden die einzelnen Arbeitsschritte durch begleitende Beispiele erläutert.

Bevor jedoch auf das Ablaufschema der NWA bzw. KWA eingegangen wird, soll vorab noch festgestellt werden, daß durch Anwendung der NWA bzw. KWA die Möglichkeit geboten wird, subjektive Bewertungen einzelner Entscheidungsträger bzw. Betroffener einzubeziehen. Solche Bewertungen sind wesentlicher Bestandteil dieser Analysetechniken. (Dies kann als Vorteil oder auch als Nachteil empfunden werden. Jedenfalls können subjektive Werturteile - als wesentliches Element dieser Analysetechniken - nicht ausgeschaltet werden.) Entscheidend ist jedoch, daß alle Bewertungen in eine »logische Struktur«³⁾ gebracht werden, die zwar keineswegs objektiv ist, aber intersubjektiv nachvollzogen werden kann, d. h. mit anderen Worten, daß die NWA bzw. KWA »aufgrund des methodischen, durchsichtigen und nachvollziehbaren Vorgehens

- zur Ehrlichkeit in der politischen Argumentation und
- zur Sachlichkeit in der Diskussion um eine Entscheidung«

zwingt⁴⁾.

II. Ablaufprinzip der Nutzwert- bzw. Kostenwirksamkeitsanalyse

1. Formulierung der Aufgabenstellung

Beispiel: Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in einem Ort durch den Bau einer Umfahrsstraße

2. Formulierung einer gewissen Anzahl von Handlungsalternativen

²⁾ Vgl. z. B. Zangemeister, C., Nutzwertanalyse in der Systemtechnik, München 1973.

³⁾ Kunze, D. M., Blaneck, H.-D., Simons, D., Nutzwertanalyse als Entscheidungshilfe für Planungsträger, in: KTBL-Bauschriften, Nr. 1, Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Frankfurt 1969.

⁴⁾ Ebenda.

Beispiel: Variante 1: Ausbau der bestehenden Straße durch den Ort
 Variante 2: Bau einer Umfahrungsstraße

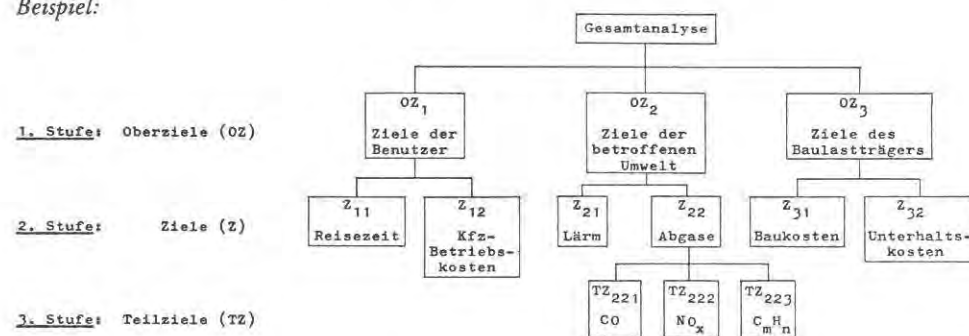
Anmerkung: Als eine weitere Variante ist im allgemeinen auch jene anzusprechen, die dadurch gekennzeichnet ist, daß überhaupt kein Eingriff in ein bestehendes System vorgenommen wird (»Bestandsvariante«, Variante 0).

3. Erstellung eines Zielsystems

Der Entscheidungsträger (bzw. der Systemanalytiker in Absprache mit dem Entscheidungsträger) muß seine Wünsche in Form eines Zielsystems konkret formulieren. In diesem Zielsystem kann es je nach der Aufgabenstellung eine oder mehrere Stufen in der Zielhierarchie geben. Eine hierarchische Gliederung des Zielsystems ist für den weiteren Ablauf der NWA bzw. KWA meist zweckmäßig, aber nicht notwendig. Sie hat den Sinn, die konkrete Ermittlung der Zielgewichte (siehe Punkt 6.) zu erleichtern und transparent zu gestalten und eventuell die Anzahl der Zielgewichtsvariationen bei der Sensitivitätsanalyse zu reduzieren (siehe Punkt 9.).

Die jeweils letzte (unterste) Stufe darf nur mehr »operationale« Ziele bzw. Teilziele enthalten, d.h. solche, die ohne weitere Zerlegung nunmehr direkt nach Maß und Zahl ermittelbar sind, für die also das Mengengerüst quantitativ angegeben werden kann.

Beispiel:



Bereits in diesem Arbeitsschritt dokumentiert sich die Subjektivität der Analysetechnik, denn für die Lösung eines bestimmten Problems ist keineswegs nur ein einzig mögliches objektives Zielsystem anwendbar. Schon in diesem Stadium der Analyse sollten daher repräsentative Vertreter aller Beteiligten bei der Erstellung des Zielsystems mitwirken. Dabei ist jedoch zugleich auf die Verfügbarkeit bzw. Beschaffung der zur Quantifizierung erforderlichen Daten Bedacht zu nehmen.

Ferner ist beim Aufbau eines Zielsystems darauf zu achten, daß die einzelnen Ziele voneinander (kausal) möglichst unabhängig sind, damit durch die Zielgewichtung (siehe Punkt 6.) Doppelbewertungen einer und derselben Ursache vermieden werden. In vielen Fällen stellt sich jedoch eine (formale) Abhängigkeit mehr oder weniger zwangsläufig ein (siehe Beispiel unter Punkt 4.). Die Entscheidung darüber, ob eine Abhängigkeit kausal oder formal ist, läßt sich oft nicht eindeutig fällen. Vielmehr gibt es fließende Übergänge. Eine völlige Unabhängigkeit aller Ziele läßt sich im Verkehrswesen meist nicht erreichen, da viele Ziele

in der Regel die Verkehrsmenge (wenigstens implizit) enthalten. Diese nie ganz vermeidbare Abhängigkeit muß insbesondere bei der Vergabe von Zielgewichten (siehe Punkt 6.) bedacht werden.

4. Messung der Alternativen (Projekte) bezüglich der einzelnen Ziele (Ermittlung von Zielerträgen)

Wie bereits erwähnt, muß die jeweils unterste Stufe des Zielsystems »operational« sein, d.h. für jedes Ziel muß mit Hilfe einer Meßvorschrift ein Mengengerüst nach Maß und Zahl erfaßt werden können. Diese dimensionsbehafteten Zahlen werden Zielerträge genannt.

Beispiel:

	Variante 0	Variante 1	Variante 2
Reisezeit	25 min/Kfz	20 min/Kfz	15 min/Kfz
Kfz-Betriebskosten	8 DM/Kfz	6 DM/Kfz	4 DM/Kfz

Nun läßt sich keineswegs jedes Ziel durch physikalische, objektiv feststellbare Meßgrößen erfassen. Oft können nur grundsätzliche Aussagen qualitativer Art getroffen oder Ränge festgelegt werden. In diesem Sinne sind auch Rangzahlen als dimensionsbehaftet aufzufassen. Grundsätzlich kann man demnach drei Arten von Meßskalen unterscheiden:

- **Nominale Meßskalen:** Es sind nur qualitative Aussagen wie z.B. »vorhanden«/»nicht vorhanden« oder »ja«/»nein« möglich. Das heißt, es kann lediglich festgestellt werden, ob und welcher verbal definierten Klasse von Eigenschaften, die ein Ziel beschreiben, eine Maßnahme angehört. (Eine Quantifizierung ist z.B. durch Zuordnung der Zahlenwerte 0 und 1 möglich.)
- **Ordinale Meßskalen:** Die Projekte können hinsichtlich des betrachteten Ziels wenigstens in eine Rangfolge (1., 2., 3., . . . Rang) gebracht werden. In diesem Fall kann näherungsweise die Rangzahl zur Quantifizierung herangezogen werden. Allerdings werden dann die Wertabstände zwischen den einzelnen Rängen als äquidistant betrachtet. Ist dies unerwünscht, d.h. erkennt man, daß z.B. Rang 1 und 2 fast gleichwertig sind und dann erst mit größerem Abstand die Ränge 3 und 4 folgen; so kann man Punkte etwa der Abstufung 10, 12, 30 und 40 vergeben. Damit hat man aber bereits den Übergang vollzogen zu:
- **Kardinale Meßskalen:** Hierbei sind die Wertabstände zwischen einzelnen Zielerträgen durch Messung oder Berechnung festlegbar. Auch die Zuweisung der Zahlen 0 und 1 in einer Nominalskala stellt bereits eine Transformation in eine Kardinalskala dar. Allerdings – und das wird gerade an diesem Beispiel deutlich – ist zu betonen, daß Quantifizierung noch nicht unbedingt Objektivierung bedeutet.

5. Normierung der Zielerträge zu Zielerreichungsgraden

Nach der zahlenmäßigen Ermittlung der Zielerträge müssen zur Erreichung der Vergleichbarkeit und zum Zwecke des Dimensionsausgleiches diese Zielerträge durch eine Abbildungsvorschrift in normierte Meßwerte, sogenannte Zielerreichungsgrade, transformiert werden. Maßstab wird eine für alle Zielerträge gemeinsam gültige Meßskala, deren Skalierung grundsätzlich beliebig ist. Es hat sich jedoch eine Punkteskala eingebürgert, die bei 0 beginnt (schlechtester Wert) und bei 100 endet (bester Wert).

Diese Skalierung stellt ein Analogon zum physikalischen Begriff des Wirkungsgrades dar und erlaubt auch eine analoge Aussage, nämlich, daß z.B. ein Zielerreichungsgrad von 70

Punkten einer Zielerreichung von 70 % entspricht, gemessen an einer im allgemeinen subjektiv festgelegten »optimal möglichen« oder »sinnvollerweise anzustrebenden« Zielerreichung; das heißt, die subjektiv festgelegte Zielvorstellung wird »zu 70 %« von einer bestimmten Alternative erfüllt.

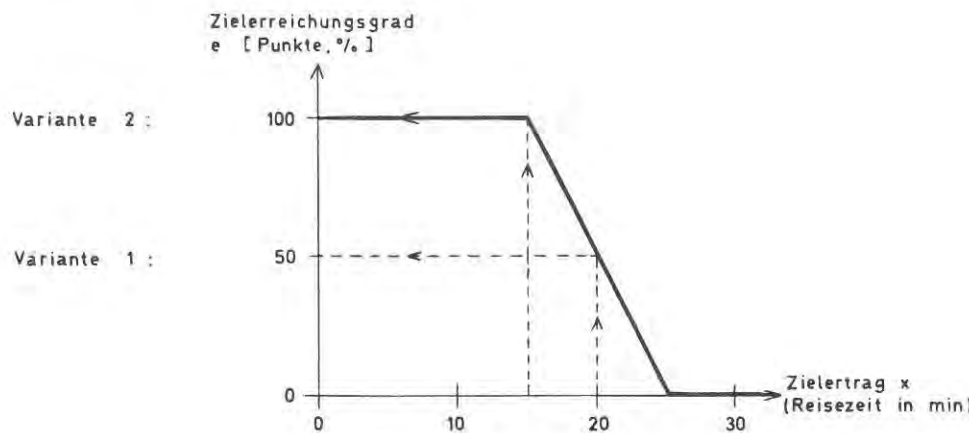
Ganz wesentlich muß hervorgehoben werden, daß diese Abbildungsvorschrift einen durchaus subjektiven Arbeitsschritt darstellen kann, wie nachfolgend noch an einem Beispiel gezeigt werden wird. Zwar wird – um das Beispiel von Punkt 4. aufzugreifen – im allgemeinen nicht bestritten, daß dem Betrag von 6 DM vermutlich von allen Individuen der 1,5-fache Wert des Betrages von 4 DM beigemessen wird, da Geldeinheiten im materiellen Bereich schlechthin eine der objektivsten, d. h. am allgemeinsten anerkannten Wertmeßskalen darstellen, doch ist bereits nicht mehr eindeutig (objektiv) festzustellen, ob 20 Minuten Zeit tatsächlich 1,33 mal so viel wert sind wie 15 Minuten Zeit. Der Wert wird auch nicht ein statischer, d. h. unabhängig von bestimmten Systemzuständen, sein, sondern im allgemeinen ein dynamischer. So wird der Wert, den ein Individuum einer bestimmten Zeitspanne beimißt, auch davon abhängen, in welcher Art diese Zeit nutzbar ist. Ist zum Beispiel eine Zeiteinsparung infolge einer Verkürzung der Reisezeit für keine Aktivität nutzbar, weil die Zeiteinsparung zu klein ist, so ist der subjektive Wert dieser Zeiteinsparung Null.

Die Subjektivität dieses Arbeitsschrittes (d. h. die Mehrdeutigkeit) wird an dem gewählten Beispiel erläutert:

Fall 1: Folgende Annahmen werden getroffen:

Die Reisezeit von 25 Minuten für die Bestandsvariante wird als gerade noch zumutbar angesehen. Sie erhält einen Zielerreichungsgrad von z. B. 0 Punkten zugeordnet. Die Reisezeit von 15 Minuten für Variante 2 wird als ideal angesehen und erhält einen Zielerreichungsgrad von 100 Punkten zugeordnet. Damit sind zwei Punkte der Abbildungsfunktion festgelegt. (Diese beiden Annahmen sind subjektive Wertvorstellungen!) Die einfachste Möglichkeit zur Festlegung einer eindeutigen Abbildungsfunktion besteht nun in der Wahl einer Geraden (Abb. 1):

Abbildung 1:



Fall 2: Folgende Annahmen werden getroffen:

Die Reisezeiteinsparung bei Variante 1 gegenüber der Bestandsvariante beträgt 5 Minuten. Sie ist für viele (aber nicht für alle) Individuen, welche die Strecke benutzen, zu kurz, um genutzt zu werden. Nimmt man zunächst einmal den Wert der nutzbaren Zeiteinheit einheitlich mit W [DM/min] an und unterstellt man, daß etwa 25 % der Verkehrsteilnehmer die Zeitersparnis nutzen können, so läßt sich mit T = 5 min als Zeiteinsparung ein relativer Wert von $25 \cdot W \cdot 5/100$ festlegen. Für Variante 2 beträgt die Reisezeiteinsparung gegenüber der Bestandsvariante 10 Minuten; sie sei von 75 % der Verkehrsteilnehmer nutzbar, woraus sich ein relativer Wert von $75 \cdot W \cdot 10/100$ ergibt, der zugleich als sinnvoller und realisierbarer Idealwert angesehen wird und somit dem Zielerreichungsgrad 100 entspricht. In diesem Fall wäre also die Abbildungsfunktion durch folgenden Zusammenhang definiert:

$$e = \begin{cases} 100 \cdot \frac{P(T) \cdot W \cdot T/100}{75 \cdot W \cdot 10/100} = 100 \cdot \frac{P(T)}{75} \cdot \frac{T}{10} & \text{für } T \leq 10 \text{ min} \\ 100 & \text{für } T \geq 10 \text{ min} \end{cases}$$

mit e Zielerreichungsgrad,

P(T) ... Anteil der Verkehrsteilnehmer, die bei einer bestimmten Reisezeiterparnis T dieselbe nutzen können [%].

Nimmt man für P(T) z. B.

$$P(T) = \begin{cases} 0 & \text{für } T \leq 2,5 \text{ min} \\ -25 + 10 \cdot T & \text{für } 2,5 \text{ min} \leq T \leq 12,5 \text{ min} \\ 100 & \text{für } T \geq 12,5 \text{ min} \end{cases}$$

an, so erhält man für e (Abb. 2):

$$e = \begin{cases} 0 & \text{für } T \leq 2,5 \text{ min} \\ -\frac{10 \cdot T}{3} + \frac{4}{3} \cdot T^2 & \text{für } 2,5 \text{ min} \leq T \leq 10 \text{ min} \\ 100 & \text{für } T \geq 10 \text{ min} \end{cases}$$

Beide Fälle sind plausibel und einleuchtend, führen aber zu unterschiedlichen Ergebnissen. Entscheidend ist aber, daß die Argumentationen intersubjektiv nachvollziehbar sind, wodurch jeder Kritiker gezwungen wird, geeignete Gegenvorschläge zu unterbreiten.

Wird x_{ij} ganz allgemein als Zielertrag des i-ten Zieles der j-ten Alternative bezeichnet, der in einen zugehörigen Zielerreichungsgrad e_{ij} abgebildet werden soll, so kann aus wahrnehmungstheoretischen Überlegungen eine verallgemeinerte (d. h. für alle Ziele $i = 1, \dots, l$ gültige) Abbildungsvorschrift in nachstehender Weise ermittelt werden (Abb. 3):

Abbildung 2:

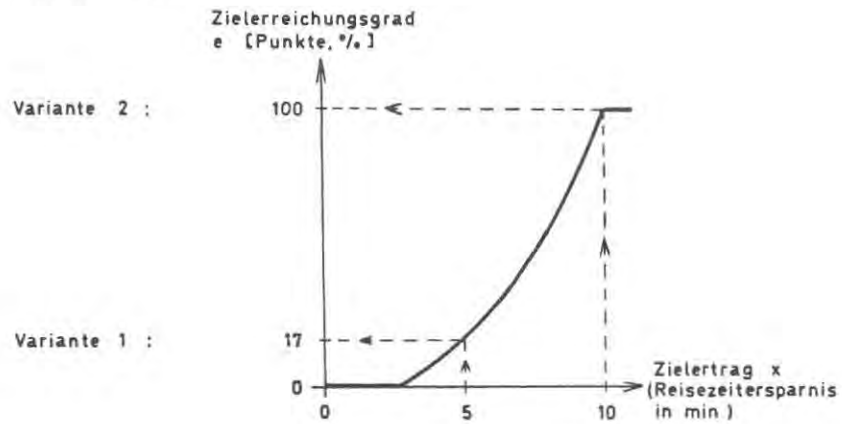
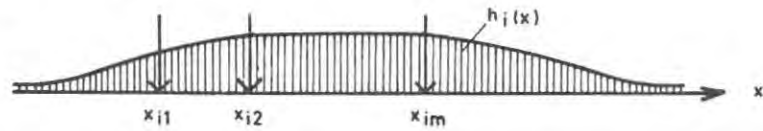


Abbildung 3:



$h_i(x)$ sei die Dichtefunktion der Wahrscheinlichkeit für das Eintreffen des Zielertrages x bei Ziel i . Diese Funktion hat die beiden üblichen Bedingungen

$$h_i(x) \geq 0 \quad \text{für } -\infty \leq x \leq +\infty, \\ \int_{-\infty}^{+\infty} h_i(x) \cdot dx = 1$$

zu erfüllen. Als plausible Abbildungsfunktion eignet sich nun die zugehörige Verteilungsfunktion, wobei noch zwei Fälle unterschieden werden müssen, nämlich

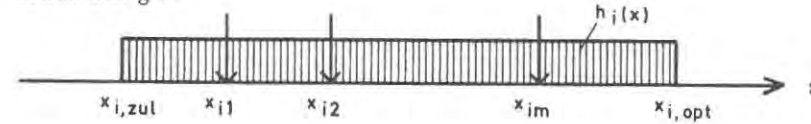
- (a) Zunahme des Zielerreichungsgrades mit zunehmendem Zielertrag,
- (b) Abnahme des Zielerreichungsgrades mit zunehmendem Zielertrag.

Damit ergibt sich folgende Abbildungsvorschrift:

$$e_{ij} = \begin{cases} 100 \cdot \int_{-\infty}^{x_{ij}} h_i(x) \cdot dx & \text{für (a)} \\ 100 \cdot \int_{x_{ij}}^{+\infty} h_i(x) \cdot dx & \text{für (b)} \end{cases}$$

Damit diese theoretische Überlegung anwendbar wird, muß nun noch eine sinnvolle und praktikable Dichtefunktion festgelegt werden. Die einfachste Möglichkeit ist durch eine Gleichverteilung innerhalb eines zu definierenden Bereiches zwischen einem gerade noch zulässigen Wert $x_{i,zul}$ und einem als optimal anzusehenden Wert $x_{i,opt}$ gegeben (Abb. 4).

Abbildung 4:



In diesem Fall ergibt sich mit

$$v_i = \begin{cases} +1 & \text{für } x_{i,opt} > x_{i,zul} \rightarrow (a) \\ -1 & \text{für } x_{i,opt} < x_{i,zul} \rightarrow (b) \end{cases}$$

für $h_i(x)$ folgendes:

$$h_i(x) = \begin{cases} 0 & \text{für } v_i \cdot x < v_i \cdot x_{i,zul} \\ 1/|x_{i,opt} - x_{i,zul}| & \text{für } v_i \cdot x_{i,zul} \leq v_i \cdot x \leq v_i \cdot x_{i,opt} \\ 0 & \text{für } v_i \cdot x > v_i \cdot x_{i,opt} \end{cases}$$

Damit erhält man für e_{ij} (unter der Voraussetzung, daß der Bereich zwischen $x_{i,zul}$ und $x_{i,opt}$ alle x_{ij} einschließt):

$$e_{ij} = 100 \cdot (x_{ij} - x_{i,zul}) / (x_{i,opt} - x_{i,zul})$$

Diese Abbildungsvorschrift ist bisher – allerdings ohne wahrscheinlichkeitstheoretische Interpretation – häufig⁵⁾ angewendet worden. Sie entspräche auch dem in Fall 1 (Abb. 1) gewählten Beispiel mit $x_{opt} = 15$ min und $x_{zul} = 25$ min.

Eine zweite praktikable Möglichkeit, die insbesondere dann theoretisch begründet erscheint, wenn die Anzahl m der Alternativen groß ist, ergibt sich durch Zugrundelegung einer normalverteilten Dichtefunktion, wodurch sich mit

$$\bar{x}_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} / m \quad \text{und} \quad s_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_i)^2 / (m-1)}$$

⁵⁾ Amt der Niederösterreichischen Landesregierung – Abteilung R/2 Raumordnung, Nutzwertanalyse »Wienerwald-Schnellstraße«, Planungs- und Entscheidungsgrundlagen, Nr. 10, Wien 1973; Snizek, S., Systemvergleich zwischen Umfahrungsstraßen und Ortsdurchfahrten (= Schriftenreihe Straßenforschung, Nr. 35, Hrsg.: Bundesministerium für Bauten und Technik, Bundesstraßenverwaltung), Wien 1975.

für e_{ij} folgende Formel ergibt:

$$e_{ij} = \begin{cases} 100 \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot s_i} \cdot \int_{-\infty}^{x_{ij}} \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x - \bar{x}_i}{s_i} \right)^2 \right] \cdot dx & \text{für (a)} \\ 100 \cdot \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi} \cdot s_i} \cdot \int_{x_{ij}}^{+\infty} \exp \left[-\frac{1}{2} \cdot \left(\frac{x - \bar{x}_i}{s_i} \right)^2 \right] \cdot dx & \text{für (b)} \end{cases}$$

Unter Zugrundelegung der Gleichverteilung würden sich mit den Annahmen

$$x_{1,zul} = 26,5 \text{ min/Kfz}, \quad x_{1,opt} = 14 \text{ min/Kfz}$$

und $x_{2,zul} = 8 \text{ DM/Kfz}, \quad x_{2,opt} = 4 \text{ DM/Kfz}$

für das Beispiel von Punkt 4. folgende Zielerreichungsgrade ergeben ($x_{1,zul}$ und $x_{1,opt}$ sind absichtlich gegenüber Abb.1 geringfügig verändert worden, um die Auswirkungen auf die Zielerreichungsgrade zu zeigen):

	Variante 0	Variante 1	Variante 2
Zielerreichungsgrad Reisezeit	12	52	92
Zielerreichungsgrad Kfz-Betriebskosten	0	50	100

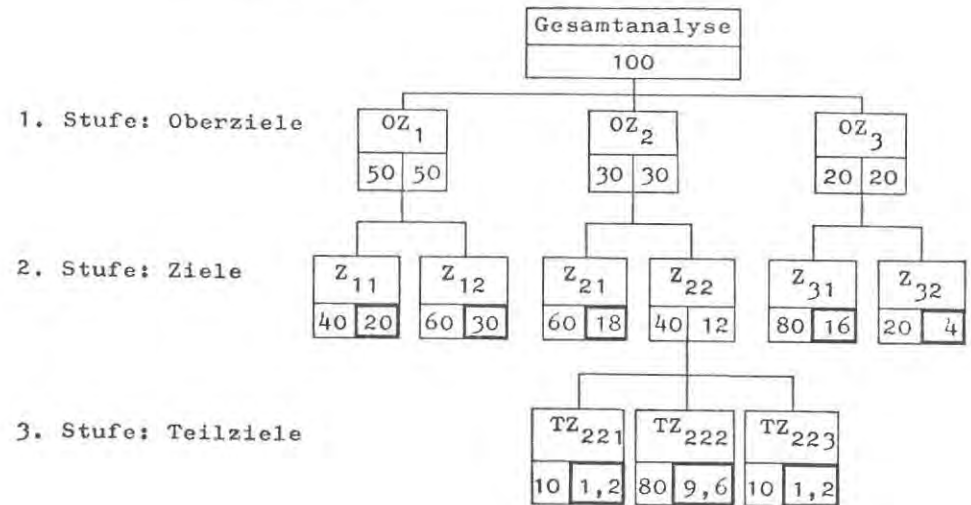
6. Zielgewichtung

Diesem Arbeitsschritt kommt hinsichtlich des Ergebnisses eine sehr große Bedeutung zu. Daher sollte er einerseits zwar mit der möglichen Sorgfalt durchgeführt werden, andererseits muß man aber zugleich beachten, daß dieser Arbeitsschritt grundsätzlich ein *subjektiver* ist, und man sollte wegen dieser Erkenntnis (insbesondere als an objektiv meßbare Größen gewöhnter Ingenieur) nicht den Mut verlieren, sich diesem Arbeitsschritt zu unterziehen. In diesem Arbeitsschritt soll nämlich die subjektiv empfundene Bedeutung einzelner Ziele bzw. deren Kriterien mit Zahlen in Form von Gewichtungsfaktoren behaftet werden. Gerade mancher sogenannte »konstruktive Ingenieur« weigert sich strikt, sich hier auf Zahlen festzulegen. Mancher gibt Zielgewichte erst dann an, wenn er durch eine eigene Analyse ermittelt hat, daß damit eine von ihm erwünschte Reihung der Projektalternativen als Ergebnis zustandekommt.

Die Trennung der beiden vorangehenden Arbeitsschritte (Ermittlung des »Mengengerüstes«) einerseits und des Arbeitsschrittes »Zielgewichtung« (Ermittlung des »Wertgerüstes«) andererseits ist ganz bewußt eingeführt worden, da nämlich in der Regel die Ermittlung des »Mengengerüstes« und die Ermittlung des »Wertgerüstes« von unterschiedlichen Personenkreisen *unabhängig voneinander* durchgeführt werden sollen. Während die Ermittlung des »Mengengerüstes« von den sogenannten »Analytikern« (Gutachtern) durchgeführt wird, fällt die Ermittlung des »Wertgerüstes« (also die Festlegung der Zielgewichte) in die Kom-

petenz von Betroffenen, Beteiligten, Entscheidungsbefugten oder besonders problemerefahrenen Personen. Unter »Analytiker« ist hier sozusagen eine neutrale, außenstehende Instanz zu verstehen, die das Analyseschema erarbeitet und mit Zahlen versorgt (vergleichbar mit dem Moderator einer öffentlichen Diskussion).

Konkret besteht die Zielgewichtung darin, daß eine vorgegebene Punktesumme (von z.B. 100 Punkten, die jedoch nichts mit den Zielerreichungsgraden zu tun haben) auf die einzelnen Ziele entsprechend der den einzelnen Zielen zugeordneten Bedeutung verteilt wird. Hierbei kann sich eine hierarchische Gliederung des Zielsystems als hilfreich erweisen⁶⁾. Auf das Zielsystem von Punkt 3. angewendet, läßt sich diese Systematik folgendermaßen veranschaulichen, wobei die Zielgewichte völlig willkürlich gewählt sind:



$$\sum \square = 100$$

Bei jedem Ziel i der k -ten Stufe sind zwei Zahlenwerte angegeben. Der jeweils linke Wert wird als Knotengewicht G bezeichnet, der jeweils rechte Wert als Stufengewicht g .

Es gilt:

$$e_{i,k} = e_{i,k-1} \cdot G_{i,k} / 100$$

Die endgültigen Zielgewichte in der untersten Zielstufe (Stufengewichte) erhält man also durch Multiplikation der entsprechenden Knotengewichte aller Zielstufen. In die weitere Analyse gehen nur die Stufengewichte der untersten Zielstufe ein, woraus man ersieht, daß die hierarchische Gliederung des Zielsystems in mehrere Zielstufen – wie bereits erwähnt –

⁶⁾ Konkrete Beispiele zur Berücksichtigung mehrerer Zielstufen in der Zielgewichtung finden sich z. B. in: Snizek, S., Systemvergleich ..., a.a.O.; Weigelt, H. et al., Verkehrswert alternativer Schnellbahntrassen (Hrsg.: Institut zur Erforschung technologischer Entwicklungslinien), Hamburg 1973.

für den Analyseablauf nicht notwendig ist; sie erleichtert aber wesentlich die Ermittlung der in die weitere Analyse eingehenden Zielgewichte, da »Wertaufteilungen« auf wenige Anteile im allgemeinen leichter fallen als auf eine Vielzahl von Anteilen. Am leichtesten fallen erfahrungsgemäß paarweise Wertvergleiche.

Es sei hier noch erwähnt, daß die Zielgewichtung keineswegs »statisch« sein muß, sondern daß sie durchaus »dynamisch« sein kann, d.h. daß die Zielgewichte von Ort zu Ort, von Alternative zu Alternative, von Entscheidungsträger zu Entscheidungsträger variieren können, worin eben die bereits genannte Subjektivität zum Ausdruck kommt.

Die Ermittlung der Zielgewichte sollte nach Möglichkeit von mehreren Personen bzw. Institutionen *unabhängig voneinander* durchgeführt werden. Im allgemeinen werden dabei unterschiedliche Gewichtungsansätze zustandekommen, die dann die wesentlichen Ansatzpunkte für eine Sensitivitätsanalyse bilden (siehe Punkt 9.). Je inhomogener Beurteilungsteams bzw. die Interessenslagen ihrer Mitglieder sind, desto stärker werden die Zielgewichte im allgemeinen streuen.

7. *Synthese der gewichteten Zielerreichungsgrade (Zielwerte)*

In diesem Arbeitsschritt werden die mit den Zielgewichten multiplizierten Zielerreichungsgrade (= Zielwerte) aller Zielkriterien für jede Projektalternative j zum Nutzwert der betreffenden Alternative aufaddiert:

$$N_j = \sum_{i=1}^1 n_{ij} = \sum_{i=1}^1 e_{ij} \cdot g_i / 100 \quad \text{mit } n_{ij} = e_{ij} \cdot g_i / 100$$

Hierin bedeuten:

- N_jNutzwert der Alternative j,
- n_{ij} ...Zielwert der Alternative j bezüglich des Zielkriteriums i,
- e_{ij} ...Zielerreichungsgrad der Alternative j bezüglich des Zielkriteriums i,
- g_iZielgewicht des Zielkriteriums i,
- 1.....Anzahl der Zielkriterien.

Die Arbeitsschritte 4., 5., 6. und 7. werden üblicherweise in Matrizenform durchgeführt. Greift man das reduzierte Beispiel von Punkt 5. mit der verallgemeinerten Abbildungsvorschrift auf, so könnte etwa folgendes Schema angewendet werden:

	Alternative 0				Alternative 1				Alternative 2			
	g	x	e	n	x	e	n	x	e	n		
Zielkriterium: Reisezeit	40	25	12	4,8	20	52	20,8	15	92	36,8		
Zielkriterium: Kfz-Betriebskosten	60	8	0	0,0	6	50	30,0	4	100	60,0		
	$\Sigma=100$			$N_0=4,8$			$N_1=50,8$			$N_2=96,8$		

Da die maximal erreichbare Punkteanzahl bei der gewählten Abbildungsvorschrift, Gewichtung und Synthese 100 beträgt, läßt sich damit folgende Aussage formulieren: Alternative 0 (Bestandsalternative) erfüllt die (subjektiven) Idealvorstellungen zu ca. 5 %, Alternative 1 zu ca. 51 % und Alternative 2 zu ca. 97 %.

Aus diesem Beispiel läßt sich – wie bereits in Abschnitt I erwähnt – über die Leitkomponente »Kfz-Betriebskosten« und über die Gewichtung der Wert von 1 h Reisezeitersparnis eindeutig ermitteln:

Aus der ersten Zeile der vorangehenden Tabelle ersieht man, daß 5 min eingesparte Reisezeit (Alternative 1 gegenüber Bestand) einem Zuwachs an Zielerreichungsgrad Δe von $52 - 12 = 40$ Punkten entsprechen; 10 min eingesparte Reisezeit (Alternative 2 gegenüber Bestand) ergeben einen Zuwachs an Zielerreichungsgrad Δe von $92 - 12 = 80$ Punkten. Bei konsequenter Annahme eines linearen Zusammenhanges ergibt also 1 min eingesparte Reisezeit 8 Punkte, bzw. 1 h ergibt 480 Punkte.

Aus der zweiten Zeile der vorangehenden Tabelle ersieht man ferner analog, daß einer Betriebskostensparnis von 4 DM ein Zuwachs an Zielerreichungsgrad von $\Delta e = 100 - 0 = 100$ Punkten zugeordnet wird. Setzt man auch hier Linearität voraus, so würde eine Betriebskostensparnis von 19,20 DM denselben Zielerreichungsgrad von 480 Punkten ergeben wie 1 h eingesparte Reisezeit.

Nun muß aber noch die unterschiedliche Bedeutung berücksichtigt werden, die den beiden Zielkriterien »Reisezeit« und »Kfz-Betriebskosten« beigemessen wird und die sich in den unterschiedlichen Gewichten ($g_1 = 40\%$, $g_2 = 60\%$) dokumentiert. Die 480 Punkte aus der Reisezeitverkürzung »wiegen« also weniger als die 480 Punkte aus der Einsparung an Kfz-Betriebskosten, sie liefern also einen geringeren Zielwert.

Um identische Zielwerte zu erhalten, müßte man die 19,20 DM noch mit $g_2/g_1 = 60/40 = 1,5$ multiplizieren, was einen Betrag von 28,80 DM ergibt ($e = 720$ Punkte). Damit ergibt sich eine Identität der beiden Zielwerte:

$$n_1 = 720 \cdot 40 / 100 = 288$$

$$n_2 = 480 \cdot 60 / 100 = 288$$

Folglich entspricht dem (subjektiven) Wert einer Stunde an eingesparter Reisezeit der Betrag von 28,80 DM. Hätte man beide Zielkriterien gleichgewichtig behandelt ($g_1 = g_2 = 50\%$), so hätte man damit automatisch eine Stunde mit 19,20 DM bewertet.

8. *Reihung der Alternativen*

Bis zu diesem Punkt haben sich die beiden Analysetechniken Nutzwertanalyse (NWA) und Kostenwirksamkeitsanalyse (KWA) nicht voneinander unterschieden. In diesem Arbeitsschritt differieren die beiden Verfahren.

– Bei Anwendung der *Nutzwertanalyse* bilden die Ergebnisse der Wertsynthese gemäß Punkt 7., also die Nutzwerte N_j für jede Alternative j, bereits das Reihungskriterium: Das Projekt mit dem höchsten Nutzwert soll zuerst realisiert werden, bzw. – allgemeiner ausgedrückt – es hat die höchste (subjektive) Wertpriorität. In diese Wertsynthese werden alle Ziele des Kriterienkataloges einbezogen. Hierbei können »Kosten« als eigenständiges Ziel durchaus in das Zielsystem einbezogen sein (»Kosten-Ziele«).

– Bei Anwendung der *Kostenwirksamkeitsanalyse* wird dagegen der »Erfolg« einer Alternative (ausgedrückt als Nutzwert ohne Kosten-Ziele) ins Verhältnis gesetzt zu dem jeweils hierfür erforderlichen Kosteneinsatz. Als Reihungskriterium wird hier somit nicht der absolute, sondern der auf die Kosteneinheit bezogene Nutzwert herangezogen. Als optimal wird folglich jene Alternative definiert, bei welcher der auf die Kosteneinheit bezogene Nutzwert am größten ist. Für die konkrete Durchführung bedeutet dies, daß die Kosten-Ziele (das sind im wesentlichen die Investitionskosten und Investitionsfolgekosten) aus dem ursprünglichen Kriterienkatalog der Nutzwertanalyse herausgelöst werden müssen, da die mit Hilfe der Nutzwertanalyse ermittelten (und um diese Kosten-Ziele reduzierten) Nutzwerte auf die Kosteneinheit zu beziehen sind. (Genau genommen ist also nur die Kostenwirksamkeitsanalyse eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung im eigentlichen Sinne, da als »Wirtschaftlichkeit« stets ein Verhältnis von Ertrag zu dem hierfür erforderlichen Aufwand definiert ist.) Unter »Kosten« können hier entweder Gesamtinvestitionsbeträge einzelner Projekte oder (insbesondere bei unterschiedlichen Nutzungsdauern oder wenn jährlich anfallende Unterhaltskosten vergleichbar mit berücksichtigt werden sollen) besser deren Annuitäten eingesetzt werden.

Jede der beiden Analysearten kann bei einer und derselben Aufgabenstellung durchaus zu unterschiedlichen Reihungen führen.

Im allgemeinen muß bei Dringlichkeitsreihungen von Projekten, die insbesondere von der öffentlichen Hand finanziert werden, auch auf jährlich einzuhaltende Budgetrahmen Rücksicht genommen werden. In diesem Fall kann mitunter die Einhaltung der budgetären Randbedingungen je Abrechnungsperiode (im allg.: Kalenderjahr) dazu führen, daß eine Realisierungsreihenfolge, wie sie sich aus den Rangfolgen einer der beiden Analyseformen ergeben würde, nicht zu einem Optimum führt, da z.B. unter Umständen das erst- und zweitplacierte Projekt in Summe bereits einen vorgegebenen Finanzrahmen sprengen könnte, nicht aber beispielsweise das erst- und drittplacierte Projekt. Derartige Probleme lassen sich (im wesentlichen durch systematisches Probieren) mit Hilfe der ganzzahligen dynamischen Programmierung einer Lösung zuführen.

9. Sensitivitätsanalyse

Es handelt sich hierbei nicht um einen eigenständigen Arbeitsschritt, sondern um eine iterative Durchführung der Arbeitsschritte 6. bis 8. (eventuell auch 5. bis 8.). Mit Hilfe dieses Arbeitsschrittes soll die Stabilität (bzw. Empfindlichkeit) der Rangfolgen gegenüber einer Variation der Zielgewichte überprüft werden. Zielgewichtsvariationen ergeben sich durch subjektive Bewertungen verschiedener Instanzen. Aus verschiedenen Gewichtungen können Mittelwerte und Extremwerte ermittelt werden, die z.B. mit Hilfe der Delphi-Methode⁷⁾ weiter verarbeitet werden können. Umgekehrt können auch jene Grenzwerte von Gewichtsfaktoren rückermittelt werden, die ein Umschlagen der Rangfolge bewirken würden. Dieser Vorgang birgt allerdings die Gefahr in sich, daß Gewichtsfaktoren so lange manipulativ verändert werden können, bis eine vom Entscheidungsträger (z. B. aus parteipolitischen Gründen) gewünschte Reihenfolge zustande kommt. Daher sollte – wie bereits in Punkt 6. erwähnt – die Gewichtung (also das »Wertgerüst«) einerseits und die Ermittlung des »Mengengerüsts« andererseits *unabhängig voneinander* nach Möglichkeit von unterschiedlichen Personengruppen vorgenommen werden.

⁷⁾ *Albach, H.*, Informationsgewinnung durch strukturierte Gruppenbefragung – Die Delphi-Methode, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, 40. Jg. (1970), Ergänzungsheft, S. 11–26.

Der Arbeitsschritt »Zielgewichtung« kann allerdings bei umgekehrter Reihenfolge der Vorgehensweise, also bewußt ausgehend von einer vorgefaßten Meinung hinsichtlich des Vorteils einer Alternative (d. h. absichtliche Vorwegnahme des eigentlichen Analyseergebnisses), auch zu einer Rückermittlung von Zielgewichten herangezogen werden, die dann Aufschluß über die nächste verdeckte und oft unbewußt vorgenommene tatsächliche Bewertung einzelner Ziele geben. Die Worte »bewußt« und »absichtlich« haben in diesem Vorgang eine besondere Bedeutung, denn die Absicht, durch Vorwegnahme des Ergebnisses Werturteile zu rekonstruieren, sollte stets als solche deutlich erkennbar sein.

III. Zusammenfassung

Knappheit von Mitteln zwingt zu deren rationalem Einsatz. Diese Erkenntnis fand auch ihren Niederschlag in entsprechenden gesetzlichen Bestimmungen, die für öffentliche Haushalte verbindlich sind. Da die Finanzierung des Baus und Betriebes von Verkehrsanlagen fast ausschließlich in den Kompetenzbereich öffentlicher Haushalte fällt, waren für diesen Sektor geeignete Verfahren zu entwickeln, mit deren Hilfe das Prinzip eines rationalen Mitteleinsatzes für eine praktikable Handhabung aufbereitet werden kann. Die insbesondere durch Überlegungen zum Umweltschutz geförderte Erkenntnis, daß Verkehr ein sehr verbobenes Gefüge aus einer Fülle von »Aktiva« und »Passiva« darstellt, die es gegeneinander abzuwägen gilt, auch wenn sich deren Auswirkungen nicht unmittelbar monetär bewerten lassen, hat zu »neuen« Analysetechniken, der Nutzenwertanalyse und Kostenwirksamkeitsanalyse, geführt, die zwar einerseits in der reinen Anwendung über die Möglichkeiten der traditionellen Kosten-Nutzen-Analyse hinausgehen, die sich aber andererseits methodisch im wesentlichen nur durch Verzicht auf ausschließlich monetäre Bewertung von der Kosten-Nutzen-Analyse unterscheiden und somit lediglich eine Verallgemeinerung dieser Analyse darstellen, wobei die genauen definitorischen Abgrenzungen der einzelnen Analysetechniken ohnehin noch keine Allgemeingültigkeit erlangt haben. In dem vorliegenden Beitrag wird eine praktikable Kurzsystematik zur Nutzenwertanalyse und Kostenwirksamkeitsanalyse vorgestellt. Durch parallel laufende Beispiele aus dem Verkehrswesen wird versucht, einige nicht immer hinreichend deutlich ausgesprochene Zusammenhänge aufzuzeigen und auf die grundsätzlich nicht vermeidbare Subjektivität hinzuweisen, die diesen Analysetechniken innewohnt.

Summary

A practicable brief systematology of the benefit-analysis and the cost-effectiveness-analysis is presented. By means of an example out of the traffic planning field some not always sufficiently articulated interrelations are revealed. Furthermore, it is directed to the inevitable subjectivity necessarily involved in these techniques. Large space is devoted to the discussions of evaluation problems, which turned out to be of outstanding importance for the result. Frequently they lead to controversies about the usefulness of the analysis techniques, since often wrongly an unequivocal result is expected by the decision-maker.

Résumé

L'article présente une méthodologie abrégée et praticable pour l'analyse de la valeur de jouissance et de l'efficacité des coûts. A l'aide d'un exemple courant parallèlement et choisi des transports on essaie de démontrer quelques connexités pas toujours assez nettement exprimées, et d'indiquer la subjectivité qui en principe n'est pas à éviter et qui est inhérente à ces techniques d'analyses. Une place large est vouée à la discussion de problèmes d'évaluation qui jouent un rôle dominant par rapport au résultat et qui souvent mènent à des controverses sur l'utilité des techniques d'analyses, comme on attend de l'autorité compétente souvent à faux un résultat «absolument net».

Die Entwicklung des Berlin- und DDR-Verkehrs unter Berücksichtigung der jüngsten mit der DDR ausgehandelten Verbesserungen auf Straße und Schiene*)

VON DR. ULRICH KLIMKE, BONN

Der Weg zum Vertragspartner DDR war weit und ist auch heute nicht frei von Mißverständnissen und Rückschlägen. Insofern beeinflusst das allgemeine politische Klima auch Struktur und Intensität der Verkehrsbeziehungen zwischen den beiden Teilen Deutschlands.

Man mag die Dinge unterschiedlich sehen; Tatsache ist, daß seit der Berlin-Blockade 1948/49 bis zum Anfang der 70er Jahre der Berlin-Verkehr zu Lande bürokratisch umständlich, stör-anfällig und risikobehaftet war. Die Verkehrszunahmen im Luftverkehr dieser Zeit waren beredtes Zeugnis und Ventil der unbefriedigenden Verkehrsgegebenheiten auf den Landwegen. Dies gilt es nüchtern festzustellen.

Auch im Wechselverkehr Bundesrepublik Deutschland – DDR gab es im Personen- wie im Güterverkehr nur eine bescheidene Minimalausstattung. Bescheiden im Umfang und nicht sehr ansprechend in der Qualität.

Die Zeit war also bereits seit langem reif für grundsätzliche Verkehrsgespräche, um den Standard des bilateralen Personen- und Güterverkehrs zu verbessern.

I.

Eckpfeiler der gegenseitigen Annäherung in Fragen des Verkehrs zwischen der Bundesrepublik und der DDR bilden das Transitabkommen vom 17.12.1971 und der Verkehrsvertrag vom 26.5.1972.

Um diese beiden grundlegenden Vertragswerke rankt sich eine Reihe weiterer Detailabmachungen, die alle in dem Bemühen geschlossen wurden, den Transit-Verkehr von und nach Berlin (West) sowie den Wechselverkehr zwischen beiden Staaten schneller und reibungsloser zu gestalten.

So sei erwähnt der Beitritt der Bundesrepublik und der DDR zu den internationalen Eisenbahnübereinkommen (CIV und CIM), der eine Erleichterung und Verbesserung der durchgehenden Abfertigung von Personen und Gütern brachte.

Ebenfalls zu nennen ist ein Rahmenabkommen mit der DDR über die Regelung der Haftpflichtversicherung im Straßenverkehr, das eine einheitliche Regulierung der Verkehrsunfälle ermöglicht.

Anschrift des Verfassers:
Dr. Ulrich Klimke
Köllenhof 36
5307 Wachtberg-Ließem

* Überarbeitete Fassung eines Vortrags, gehalten am 4.3.1976 vor der Bezirksvereinigung Köln der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft e. V. (DVWG).