

JOHANN EEKHOFF

Nutzen-Kosten-Analyse und Nutzwertanalyse als vollständige Entscheidungsmodelle

0. Problemstellung

Nutzen-Kosten-Analyse (NKA) und Nutzwertanalyse (NWA) wurden in der Literatur weitgehend unabhängig voneinander entwickelt. Dadurch wurde häufig übersehen, daß beide Methoden vom gleichen Grundkonzept ausgehen. Immerhin führte die Trennung dazu, daß man die Lösung methodischer Probleme zwar einseitig, aber intensiv verfolgte. Hier soll gezeigt werden, daß die methodischen Unterschiede zwischen NKA und NWA überbrückbar sind und daß es möglich ist, die Schwächen der NKA – keine Bewertung der „intangibles“ – und der NWA – keine Berücksichtigung der Kosten – zu überwinden und damit zu vollständigen Entscheidungsmodellen zu kommen. Ich gehe davon aus, daß der Leser mit den Grundzügen dieser beiden Methoden vertraut ist, und werde lediglich die wesentlichen Unterschiede sowie Erweiterungs- und Verbesserungsmöglichkeiten behandeln.

1. Charakterisierung von Entscheidungssituationen

In nahezu allen Bereichen des öffentlichen Sektors gibt es Wahlmöglichkeiten zwischen mehreren Maßnahmen, die ergriffen werden können. Die Vielfalt von Wahlmöglichkeiten bringt es mit sich, daß Entscheidungen getroffen werden müssen, wenn die Handlungsalternativen sich aus technischen oder ökonomischen Gründen gegenseitig ausschließen. Beispielsweise können die Handlungsalternativen darin bestehen, ein zweizügiges Gymnasium im Ort A oder im Ort B oder sowohl in A als auch in B oder gar nicht zu bauen. Selbstverständlich kann man die Liste der Handlungsalternativen erweitern, indem man einzügige, drei- und mehrzügige Gymnasien oder weitere Orte in die Überlegung einbezieht. Um die „beste“ Handlungsalternative auszuwählen, kann man u. a. die Nutzen-Kosten-Analyse und die Nutzwertanalyse anwenden.

Für die NKA und die NWA ist es zweckmäßig, Entscheidungsprobleme in folgende Schritte aufzuspalten¹:

- a) Formulierung der Handlungsalternativen A_i
- b) Ermittlung der relevanten Ziele (Zielkriterien) K_j als letzte Stufe einer Zielhierarchie
- c) Wirkungsanalyse: Schätzung der Wirkungen der Handlungsalternativen auf die Ziele (Konsequenzen oder Zielerträge) k_{ij}

- d) eventuell Umskalierung der Zielerträge k_{ij}
- e) Konkretisierung der Präferenzen des Entscheidungsträgers durch Zielgewichte g_j , die die relative Bedeutung der Einzelziele ausdrücken
- f) Ermittlung der Teilnutzen der Handlungsalternativen (Bewertung der Wirkungen) durch Multiplikation der Zielerträge mit Zielgewichten:

$$N_{ij} = k_{ij} \cdot g_j$$

z. B. gibt N_{21} den Teilnutzen der Alternative A_2 in bezug auf das Ziel K_1 an

- g) Summierung der Teilnutzen der Alternativen A_i zum Gesamtnutzen:

$$N_i = \sum_j N_{ij}$$

z. B. ist N_4 der Gesamtnutzen der Alternative A_4 in bezug auf alle Ziele K_j

- h) Ordnung der Alternativen A_i nach der Höhe ihres Gesamtnutzens N_i und Entscheidung über die Auswahl der Alternativen. Je nach der Art des Entscheidungsproblems ist es denkbar, daß keine, eine oder mehrere Alternativen ausgewählt werden. Im folgenden sollen nur echte Alternativen (Projektbündel) betrachtet und der Status quo (keine Durchführung von Projekten) einbezogen werden, d. h., es wird immer genau eine Alternative ausgewählt.

2. Die wichtigsten Unterschiede zwischen NKA und NWA

Bei beiden Methoden muß eine begrenzte Zahl von Handlungsalternativen außerhalb des Modells formuliert werden. Die Alternative „Status quo“ wird in der NKA implizit berücksichtigt – der Nutzenüberschuß ist gleich Null. In der NWA wird diese Alternative häufig nicht einbezogen; und für die Alternativen werden gleiche Kosten unterstellt, was mit einer cost-effectiveness analysis vergleichbar ist.

Die Ziele der NKA sind am Gesamtwohl orientiert, und es wird versucht, alle Wirkungen (Zielerträge) mit Marktpreisen zu bewerten. Deshalb spricht man auch von Sozialproduktmaximierung. Zielerträge, die nicht in Geld bewertet werden können (intangibles), werden neben dem Nutzen- oder Kostenüberschuß der Alternativen im Ergebnis mitgeteilt. Ihre Bewertung erfolgt außerhalb des Modells, d. h., wenn „intangibles“ auftreten, ist es nicht immer möglich, eine eindeutige Rangfolge der Alternativen aufzustellen.

Die NWA geht von den Zielen eines Individuums oder

¹ In anderen Entscheidungsmodellen können sich Abweichungen ergeben, wie z. B. bei der linearen Programmierung, in der Handlungsalternativen endogen bestimmt werden.

einer Gruppe aus. Sie verzichtet auf Marktpreise und versucht, alle Zielerträge durch die Zuordnung subjektiver Gewichte (Punkte) in der Bewertung zu berücksichtigen. Da sie aber die Kostenwirkungen (negative Zielerträge) vernachlässigt, kann nicht entschieden werden, ob die beste Alternative tatsächlich durchgeführt werden sollte. Hier soll gezeigt werden, daß es möglich ist, die Opportunitätskosten in der NWA zu berücksichtigen (vgl. Abschnitt 3).

In beiden Modellen werden konstante Zielgewichte (Preise) verwendet, was lineare Indifferenzkurven voraussetzt. Dem Problem der gekrümmten Indifferenzkurven versucht man in der NKA dadurch Rechnung zu tragen, daß mit erwarteten Preisen bewertet wird². In der NWA wird versucht, unabhängige Ziele zu formulieren und die Zielerträge umzuskalieren.

Beide Modelle sind ergänzungsbedürftig. Die NKA müßte um eine systematische Bewertung der „intangibles“ und die NWA um die Kostenwirkungen erweitert werden.

3. Einbeziehung der Opportunitätskosten in die NWA

In der NKA werden alle Zielerträge vom Status quo aus gemessen. Negative Zielerträge – wozu auch die Kosten im engeren Sinne, also DM-Ausgaben, gehören – werden mit Preisen multipliziert und als „Kosten“ bezeichnet. In der NWA ist einerseits der Kostenbegriff nicht eindeutig definiert und andererseits umstritten, ob es überhaupt als sinnvoll betrachtet werden kann, Kosten zu berücksichtigen. Dabei ist man sich der Tatsache bewußt, daß keine Aussage gemacht werden kann, ob die beste der betrachteten Alternativen durchgeführt werden sollte, wenn man die Kosten nicht einbezieht³.

Gegen die Einbeziehung der Opportunitätskosten in die NWA werden zwei Argumente vorgebracht:

- 1) „... die individuelle Freiheit der Zielgewichtung – entsprechend persönlicher Präferenzen“ ist nicht gegeben⁴.
- 2) Opportunitätskosten können aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt werden, weil damit gegen die Annahme der Nutzenunabhängigkeit verstoßen werde („... Nutzenziele und Kostenziele (sind) stark interdependent ...“)⁵

Zum ersten Argument ist zu sagen, daß es nur auf die relativen Zielgewichte ankommt und daß diese unabhängig von der gewählten Bezugsbasis, z. B. DM-Preis einer Zielertragseinheit, sind. Schon aus der Definition der Opportunitätskosten als „Nutzenentgang in der besten alternativen Verwendung“ wird deutlich, daß dieser Nutzenentgang individuell unterschiedlich bewertet werden kann. Das äußert sich in den Zielgewichten. Wenn die Kosten nicht bereits in DM ausgedrückt sind, muß der Entscheidungsträger in jedem Fall individuell gewichten⁶.

Beim zweiten Argument muß zunächst auf die eigenwillige Nutzendefinition in der NWA hingewiesen werden. In der Wirtschaftstheorie wird der Nutzen einer Alternative üblicherweise auf zwei Arten definiert:

- 1) Die Gütermengen (Zielerträge) werden vom absoluten Nullpunkt aus gemessen und mit Preisen (Zielgewichten) multipliziert.
- 2) Die Gütermengen (Zielerträge) werden vom Status quo A_0 aus gemessen und mit Preisen (Zielgewichten) multipliziert, d. h. man ermittelt die Nutzen *änderung*, die der jeweiligen Alternative zugerechnet werden kann.

Einfaches hypothetisches Beispiel zur Nutzenmessung

Im folgenden, stark vereinfachten Beispiel sollen die beiden Arten, den Nutzen zu messen, verdeutlicht werden: In

2 Vgl. *Eekhoff, J.*: Nutzen-Kosten-Analyse der Stadtsanierung. – Frankfurt 1972. S. 21–26.

3 Vgl. *Fischer, L.*: Spezielle Aspekte der Anwendung von Nutzwertanalysen in der Raumordnung. In: *Raumforschung und Raumordnung*. 29. Jg. (1971) H. 2, S. 57–64, hier S. 60/61.

4 *Strassert, G.*; *G. Turowski*: Nutzwertanalyse: Ein Verfahren zur Beurteilung regionalpolitischer Projekte. In: *Institut für Raumordnung. Informationen*. 21. Jg. (1971) Nr. 2, S. 41.

5 Dies., S. 42, Fußnote 1, und *Zangemeister, Chr.*: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. – München 1970. S. 78–81.

6 In DM ausgedrückte Kosten haben den Vorteil, daß sie vom Entscheidungsträger wohl als einfachster Indikator für den entgangenen Nutzen angesehen werden. Eine Umskalierung würde vermutlich das Festlegen der übrigen Zielgewichte nur erschweren (Vorteile eines gewohnten Maßes).

Tabelle 1: Übliche Messungen der Zielerträge

Alternativen	Messung der Zielerträge vom absoluten Nullpunkt				Messung der Zielerträge vom Status quo (Zielertragsänderungen)			
	k_{i1} Größe des Platzes in qm	k_{i2} verfügbare DM	N_i Gesamtnutzen*)	Rangfolge	k_{i1} Veränderung der Platzgröße in qm	k_{i2} Veränderung der verfügbaren DM	N_i Nettonutzen*)	Rangfolge
1	2	3	4	5	6	7	8	9
A_0	600	1000	1900	4	0	0	0	4
A_1	1100	800	2450	2	+ 500	– 200	+ 550	2
A_2	300	1500	1950	3	– 300	+ 500	+ 50	3
A_3	800	1400	2600	1	+ 200	+ 400	+ 700	1
A_4	400	500	1100	5	– 200	– 500	– 800	5

*) $N_i = g_1 k_{i1} + g_2 k_{i2}$, wobei $g_1 = 1,5$ und $g_2 = 1$ die unterstellten Zielgewichte sind.

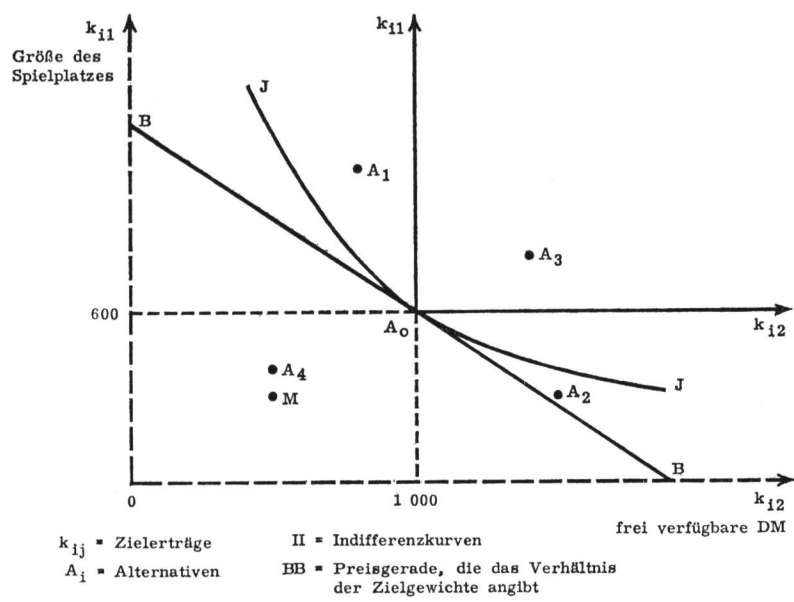


Abb. 1: Alternative Messungen der Zielerträge

einem Wohngebiet ist ein Kinderspielplatz von 600 qm Größe vorhanden, und es stehen jährlich 1000 DM für die Unterhaltung des Platzes, Spielmaterial, neue Geräte usw. zur Verfügung. Bezeichnet man die Zielkriterien „Größe des Spielplatzes“ mit k_{i1} und „frei verfügbare DM“ mit k_{i2} , so wird der Status quo in Abb. 1 durch den Punkt A_0 gekennzeichnet. Die Zielerträge für die übrigen Alternativen sind ebenfalls aus der Zeichnung und der Tabelle 1 zu ersehen.

Bei der Messung der Zielerträge vom absoluten Nullpunkt treten keine expliziten Kosten auf. Alle Werte in der Tabelle sind positiv. Eine Maßnahme A_i ist bei den entsprechenden Zielgewichten dann dem Status quo A_0 vorzuziehen, wenn der Nutzen (in Spalte 4) höher ist als im Status quo. Dieses Verfahren wird beispielsweise bei der Sozialproduktberechnung angewandt (Indexziffernkriterien).

Bei der Messung vom Status quo können zwar auch alle

Mengenänderungen k_{ij} (Zielerträge) positiv sein, wie bei Alternative A_3 , aber in der Regel sind die Alternativen mit mindestens einem negativen Zielertrag verbunden, d. h., es entstehen Kosten (Zielertrag $\times$ Zielgewicht) im Vergleich zum Status quo. Multipliziert man die negativen und positiven Zielerträge mit den Zielgewichten ($k_{ij} \cdot g_j$) und addiert man die Teilnutzen bzw. -kosten, so erhält man den Nettonutzen einer Alternative (Spalte 8). Das Vorzeichen des Nettonutzens zeigt an, ob eine Alternative besser oder schlechter beurteilt wird als der Status quo; die Rangfolge der Alternativen ergibt sich wieder aus der absoluten Höhe des Nutzens. Rangfolge und Nutzendifferenzen sind bei beiden Verfahren gleich. Dieses zweite Verfahren entspricht der Vorgehensweise in der NKA.

In der NWA wird ein drittes Verfahren angewendet, wobei der Status quo weder explizit noch implizit berücksichtigt wird. Durch die Einführung von Minimalwerten und die Umskalierung der Zielerträge auf Punkteinheiten

Tabelle 2: Messungen der Zielerträge in der NWA

Alternativen	Messung der Zielerträge vom Minimalwert				Messung der Zielerträge vom Minimalwert und Umskalierung auf Punkte (0–10)			
	k_{i1}	k_{i2}	N_i	Rangfolge	k_{i1}	k_{i2}	N_i	Rangfolge
	Abweichung vom Minimum	Abweichung vom Minimum	Gesamtnutzen*)		Abweichung vom Minimum: Punktskala 0–10	Abweichung vom Minimum: Punktskala 0–10	Gesamtnutzen**)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
(A_0)	(300)	(500)	(950)	(4)	(3,75)	(5)	(9,5)	(4)
A_1	800	300	1500	2	10	3	15	2
A_2	0	1000	1000	3	0	10	10	3
A_3	500	900	1650	1	6,25	9	16,5	1
A_4	100	0	150	5	1,25	0	1,5	5

*) $N_i = 1,5 k_{i1} + 1 k_{i2}$
**) $N_i = 4/5 \cdot 1,5 k_{i1} + 1 k_{i2} = 1,2 k_{i1} + 1 k_{i2}$. Die Änderung der relativen Zielgewichte ($g_1 \cdot 4/5$) ist eine notwendige Folge der Umskalierung. Eine ausführliche Begründung wird im Abschnitt 4.3 gegeben.

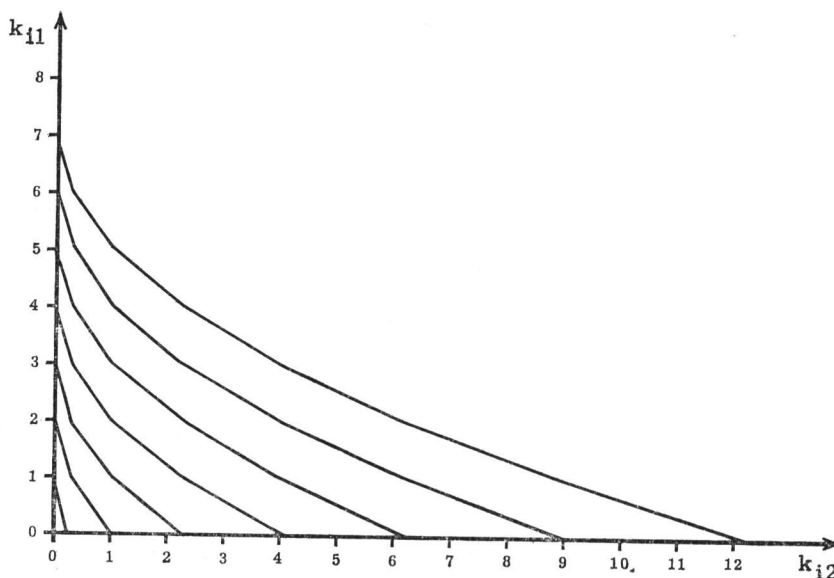


Abb. 2: Indifferenzkurven bei Nutzenunabhängigkeit und abnehmenden Grenznutzen eines Gutes

weicht man von den üblichen Nutzendefinitionen ab. *Turowski* und *Strassert*⁷ setzen beispielsweise für jedes Ziel den kleinsten Zielertragswert gleich Null und den größten gleich 10 Punkte. Alle übrigen Zielerträge werden durch lineare Transformation in Punkten ausgedrückt, die zwischen diesen Werten liegen.

Legt man den Ursprung für die Messung der Zielerträge nach diesem Verfahren fest, so würde in Abb. 1 der Punkt M als Nullpunkt gewählt, weil dort der minimale Zielertrag aller Alternativen in bezug auf beide Ziele liegt. Ohne Umskalierung ergeben sich dann die Zielerträge in den Spalten 2 und 3 von Tabelle 2. Die Nutzendifferenzen stimmen mit denen in Tabelle 1 überein. Die lineare Transformation der Zielerträge führt auch zu einer linearen Transformation des Gesamtnutzens in Spalte 8.

An diesem Beispiel wird deutlich, daß man in der NWA unter dem „Nutzen“ einer Alternative weder die absoluten Nutzen noch die Nutzenänderungen im Vergleich zur Ausgangssituation A_0 versteht, sondern die bewerteten Zielerfüllungsgrade, soweit sie ein willkürlich festgelegtes Minimum übersteigen⁸. Im Gegensatz zur NKA sind folglich positive Gesamtnutzen einer Alternative kein Indiz für die Vorteilhaftigkeit gegenüber dem Status quo. Außerdem kann sich der Nutzen einer Alternative durch das Weglassen oder Hinzunehmen einer Alternative ändern.

Doch selbst diese eigenwillige Nutzendefinition kann kein hinreichender Grund dafür sein, sich in der NWA mit der Rangordnung der Handlungsalternativen ohne Status-quo-Vergleich zu begnügen. Bewertet man die Zielerfüllungsgrade des Status quo A_0 in gleicher Weise wie die der

übrigen Alternativen (vgl. die eingeklammerten Werte in Tabelle 2) und bringt man die Alternativen einschließlich A_0 in eine Rangfolge, so kann man sofort ersehen, ob die beste Alternative durchgeführt werden sollte. Die beste Alternative sollte dann (nicht) durchgeführt werden, wenn der Nutzen größer (kleiner) ist als der Nutzen des Status quo A_0 .

„Kosten“ bereiten keine methodischen Schwierigkeiten

Obwohl in der NWA nur von Nutzen und nicht von Kosten gesprochen wird, sind die Opportunitätskosten der Alternativen analog zum Indexziffernkriterium (Messung vom absoluten Nullpunkt) implizit berücksichtigt worden. Die Rangfolge der Alternativen bleibt gleich, so daß man auch – wie in der NKA – vom Status quo ausgehen könnte. Der einzige Unterschied besteht darin, daß in der NKA die negativen Abweichungen vom Status quo (negative Zielerträge) als Kosten bezeichnet werden und das Vorzeichen des Gesamtnutzens eine zusätzliche Information gibt. Die individuelle Freiheit der Zielgewichtung wird durch die Nullpunktwahl, d. h. durch die implizite oder explizite Ausweisung der Kosten, in keiner Weise eingeschränkt.

Der Einwand, die Berücksichtigung der Opportunitätskosten verstoße gegen die Nutzenunabhängigkeitsannahme, beruht z. T. auf einer Vermischung des Nutzenbereiches (Indifferenzkurven) und des Möglichkeitsbereiches (Transformationskurve). In seinem Beispiel eines PKW-Kaufs sagt *Zangemeister*: „Von einer vollkommenen Nutzenunabhängigkeit der Kriterien kann hier nicht ausgegangen werden. Offenbar besteht insbesondere eine allgemeine Nutzenabhängigkeit zwischen den Anschaffungskosten k'_1 und den meisten übrigen Kriterien. Ein hoher Kaufpreis wird beispielsweise gewöhnlich auch höher zu bewertende Zielerträge bezüglich der Kriterien k'_2, k'_3

⁷ *Turowski, G.; G. Strassert*: Ein nutzwertanalytischer Ansatz für die Freizeit- und Fremdenverkehrsplanung. In: *Raumforschung und Raumordnung*. 30. Jg. (1972) H. 1, S. 27–31, hier S. 30.

⁸ Das Minimum kann auch durch subjektiv bestimmte Sollgrenzen festgelegt werden. Vgl. *Zangemeister, a.a.O.*, S. 78/79.

... mit sich bringen⁹. Hier wird auf die Begrenzung des Möglichkeitsbereichs hingewiesen. Man kann auf Grund der begrenzten Menge von Ressourcen in der Regel nur dann mehr von einem Gut haben, wenn man dafür auf einen Teil der anderen Güter verzichtet. Der Ausdruck „Anschaffungskosten“ steht hier nur als Synonym für „geringere Mengen der Güter, die nicht in dem Beispiel aufgezählt sind“. Es ist keineswegs gesagt, daß eine stärkere Nutzenabhängigkeit zwischen den Gütern innerhalb des Modells einerseits und den nicht betrachteten Gütern andererseits besteht. Im Gegenteil könnte man vermuten, daß die Nutzenabhängigkeit zwischen einzelnen Gütern innerhalb des Beispiels (verschiedene Eigenschaften eines PKWs) größer ist als zwischen einer Eigenschaft des Autos und einem Buch oder einem anderen Gut, das pauschal durch den Kostenausdruck repräsentiert wird. Die Nutzenunabhängigkeit, d. h. der Grenznutzen einer Zielertragseinheit k_{i1} ist unabhängig von der Höhe des Zielertrages k_{i2} usw., kann völlig losgelöst vom Möglichkeitsbereich betrachtet werden.

Aus methodischen Gründen besteht keine Veranlassung, die Opportunitätskosten in der NWA zu vernachlässigen. Dabei erscheint es zweckmäßig, die Zielerträge vom Status quo aus zu messen, so daß am Vorzeichen des Gesamtnutzens (Nettonutzen) der besten Alternative abgelesen werden kann, ob die Alternative durchgeführt werden sollte. Durch diesen Schritt würde die NWA zu einem vollständigen Entscheidungsmodell erweitert. Außerdem wird die Methode dadurch mit der NKA vergleichbar.

4. Die Bewertung der Zielerträge mit konstanten Zielgewichten

Geht man davon aus, daß alle Zielerträge k_{ij} vom gleichen Ursprung aus kardinal gemessen werden können, z. B. in m, m², kg, DM, h usw., so besteht der nächste Schritt darin, die einzelnen Zielerträge zu bewerten, d. h., es müssen Zielgewichte g_j – ausgedrückt in Punkten (NWA) oder DM (NKA) – pro Einheit Zielertrag festgelegt werden. Erst dann lassen sich die Teilnutzen $N_{ij} = k_{ij} \cdot g_j$ und die Gesamtnutzen $N_i = \sum_j N_{ij}$ für alle Alternativen ermitteln.

Bei diesem Vorgehen wird vorausgesetzt, daß die relativen Zielgewichte konstant sind (vgl. die Gerade BB in Abb. 1). Die Indifferenzkurven müssen also einen linearen Verlauf haben. Die Fehlermöglichkeiten, die durch diese Annahme entstehen, werden durch den Bereich zwischen der Geraden BB und der tatsächlichen Indifferenzkurve II in Abb. 1 gekennzeichnet. Für die NKA habe ich an anderer Stelle¹⁰ gezeigt, welche Auswirkungen die Annahme auf die Aussagefähigkeit eines Nutzenüberschusses hat. In der NKA versucht man den Fehlerbereich einzugrenzen, indem man beispielsweise die erwarteten Preise (Zielgewichte)

nach der Durchführung der Maßnahme verwendet. In der NWA versucht man dagegen, die gekrümmten Indifferenzkurven durch methodische Eingriffe zu „linearisieren“, um den Fehlerbereich zwischen der Geraden (konstante Zielgewichte) und der Indifferenzkurve zu beseitigen:

- a) Ein Grund für die Krümmung von Indifferenzkurven ist die Nutzenabhängigkeit von Zielen. Diese Ursache läßt sich weitgehend durch eine sorgfältige Formulierung der Ziele beheben¹¹. Sind beispielsweise zwei Ziele komplementär, so kann man sie zu einem Ziel zusammenfassen. In der NWA wird die Nutzenunabhängigkeit der Ziele gefordert. Doch selbst bei völlig unabhängigen Zielen können Indifferenzkurven gebogen sein.
- b) Der zweite Grund für die Krümmung von Indifferenzkurven besteht darin, daß die Grenznutzen zu- oder abnehmen können (vgl. Abb. 2). Diese Krümmungsursache läßt sich theoretisch durch eine Umskalierung der Zielerträge umgehen.

In den folgenden Abschnitten wird verdeutlicht, weshalb die Forderung der Nutzenunabhängigkeit der Ziele nicht hinreichend ist, damit sich lineare Indifferenzkurven ergeben, und wie die Nutzenfunktionen umskaliert werden können, um lineare Indifferenzkurven zu erhalten. In der Praxis wird man sich der idealen Indifferenzgeraden nur grob nähern können.

4.1 Abnehmende Grenznutzen als Ursache gekrümmter Indifferenzkurven

Daß die Nutzenunabhängigkeit von Zielen nicht hinreichend ist für einen linearen Verlauf der Indifferenzkurven, wird an Abb. 2 deutlich. Die absolute Nutzenänderung von einer Indifferenzkurve zur nächsten soll jeweils gleich sein. Der Grenznutzen von k_{i1} (Nutzen einer marginalen Einheit) ist konstant und unabhängig vom Zielertrag k_{i2} . Das kommt dadurch zum Ausdruck, daß der vertikale Abstand zwischen den Indifferenzkurven überall gleich ist. Die Nutzenfunktion des Teilziels K_1 ist hier einfach

$$N_{i1} = k_{i1}$$

und der Grenznutzen ist konstant:

$$\frac{\partial N_{i1}}{\partial k_{i1}} = 1$$

Beim Teilziel K_2 wurden abnehmende Grenznutzen angenommen. An der Abszisse läßt sich das leicht ablesen. Für gleiche Nutzensteigerungen werden immer größere Zusatzmengen von k_{i2} erforderlich: anders ausgedrückt, der Nutzen pro Einheit nimmt mit zunehmenden Zielerträgen ab. Die Nutzenunabhängigkeit von k_{i1} und k_{i2} drückt sich in gleichen horizontalen Abständen zwischen den Indifferenzkurven für alle Ausgangsmengen von k_{i2} aus: Ausgehend vom Zielertrag $k_{i2} = 1$ sind beispielsweise jeweils 5/4 zusätzliche Einheiten von k_{i2} erforderlich, um auf die

⁹ Zangemeister, a.a.O., S. 81.

¹⁰ Vgl. Eekhoff, a.a.O., S. 8–58.

¹¹ Vgl. Zangemeister, a.a.O., S. 78.

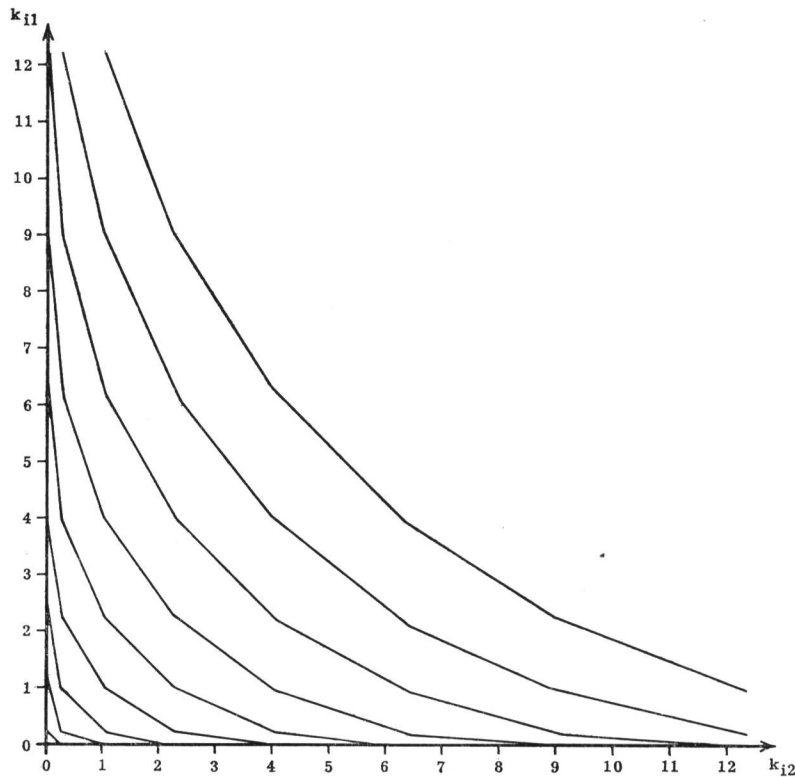


Abb. 3: Indifferenzkurven bei Nutzenunabhängigkeit und abnehmenden Grenznutzen bei beiden Gütern

nächst höhere Indifferenzkurve zu gelangen, unabhängig davon, ob k_{i1} in der Ausgangssituation gleich 0 oder 1 oder 2 usw. ist¹². Die Nutzenfunktion des Teilziels K_2 ist

$$N_{i2} = 2 k_{i2}^{1/2}$$

und der Grenznutzen ist

$$\frac{\partial N_{i2}}{\partial k_{i2}} = k_{i2}^{-1/2} = \frac{1}{k_{i2}^{1/2}}$$

Man sieht sofort, daß der Grenznutzen mit zunehmendem k_{i2} abnimmt. Die zweite Ableitung ist negativ.

Der Gesamtnutzen einer Alternative A_i ergibt sich aus der Addition der unabhängigen Teilnutzen

$$N_i = N_{i1} + N_{i2} = k_{i1} + 2 k_{i2}^{1/2}$$

und die Gleichungen der Indifferenzkurven bei beliebigen Nutzenniveaus N_i ergeben sich als

$$k_{i1} = N_i - 2 k_{i2}^{1/2}$$

Wenn man für beide Güter abnehmende Grenznutzen unterstellt, so sind die Indifferenzkurven noch stärker gekrümmt. In Abb. 3 wurde beispielsweise auch für k_{i1} die Nutzenfunktion $N_{i1} = 2 k_{i1}^{1/2}$ gewählt.

Damit ist gezeigt, daß die Nutzenunabhängigkeit zwischen den Zielen nicht ausreicht, um lineare Indifferenz-

kurven zu erhalten. Dafür müssen außerdem die Grenznutzen konstant sein oder die Skalen geändert werden.

4.2 Skalierung nichtlinearer Nutzenfunktionen

Bei der Multiplikation von Zielerträgen mit konstanten Gewichten wird unterstellt, daß der Grenznutzen konstant ist. In nichtlinearen Nutzenfunktionen ist aber definitionsgemäß der Nutzen pro Einheit (Grenznutzen) nicht konstant. Deshalb bietet sich die Möglichkeit an, die ursprünglichen Meßwerte k_{ij} umzuskalieren: Den „Einheiten“ auf der neuen Skala werden variable Mengen von k_{ij} zugeordnet, so daß diese neuen Einheiten konstante Grenznutzen haben.

Steigt beispielsweise der Nutzen proportional zur prozentualen Zunahme des Zielertrages k_{i1} (Abb. 4), so läßt sich durch die logarithmische Transformation

$$k_{i1}^* = \log k_{i1}$$

die Skala so verändern, daß der Grenznutzen (pro logarithmischer Einheit) überall gleich wird (Abb. 5)¹³.

13 Wendet man das gleiche Prinzip auf Abb. 2 an, so muß man die k_{i2} -Skala in folgender Weise transformieren:

$$k_{i2}^* = k_{i2}^{1/2}$$

Auf der neuen k_{i2}^* -Skala (Abszisse) sind die Abstände zwischen den Indifferenzkurven konstant, und die Indifferenzkurven wer-

12 Die Indifferenzkurven in Abb. 2 und 3 müßten genau genommen ohne Ecken gezeichnet werden.

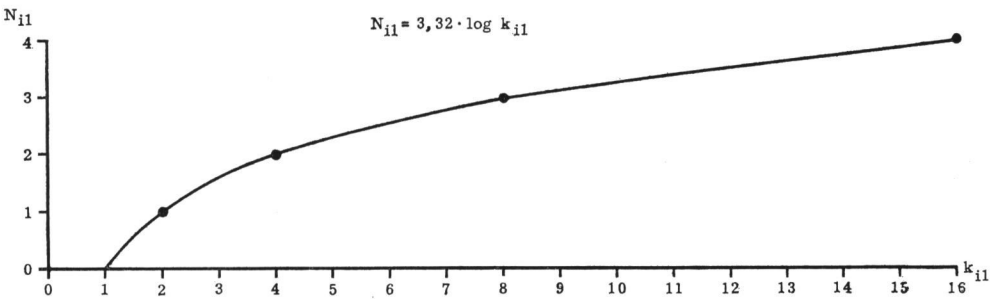


Abb. 4: Logarithmische Nutzenfunktion

Durch die Umskalierung der ursprünglichen Meßwerte wurde erreicht, daß sich die Zielgewichte für diese Einheiten entsprechend der Krümmung der ursprünglichen Indifferenzkurve ändern und entsprechend der transformierten Indifferenzkurve konstant bleiben. Wird beispielsweise für eine Zunahme des Zielertrages um 1 v. H. (= 1 Einheit k_{ij}^*) jeweils ein Zielgewicht von 0,1 benutzt, dann ist das Zielgewicht pro Einheit k_{ij} abhängig vom Ausgangsniveau, wie man in Spalte 4 der Tabelle 3 sieht.

Das Problem der Situationsabhängigkeit der Bewertung (Gewichtung), wie es in der vierten Spalte deutlich wird, besteht nicht mehr, wenn eine logarithmische Skala benutzt wird (vgl. Spalte 5). Allerdings stellt sich als neues Problem die Wahl der richtigen Maßeinheit.

den zu Geraden: Aus der neuen Gleichung für den Gesamtnutzen

$$N_i = k_{i1} + 2 k_{i2}^*$$

erhält man die Bestimmungsgleichungen für (lineare) Indifferenzkurven bei beliebigen Nutzenniveaus N_i

$$k_{i1} = N_i - 2 k_{i2}^*$$

Da die Grenznutzen einer Einheit k_{i1} annahmegemäß und einer neuen Einheit k_{i2}^* auf Grund der Umskalierung konstant sind, ergeben sich lineare und parallele Indifferenzkurven mit konstanten Abständen. Die Zielgewichte (Preise) – 1 für k_{i1} und 2 für k_{i2}^* – dürfen ohne Einschränkungen für die Bewertung der Alternativen benutzt werden.

Theoretisch ist es möglich, gekrümmte Indifferenzkurven durch Umskalierung zu linearisieren. Das Verfahren setzt jedoch genaue Informationen über die Nutzenfunktionen voraus. In der Praxis – und dafür ist die NWA konzipiert – dürfte sich die Anwendung auf einfache Transformationen, wie z. B. die Messung der Zielerträge in prozentualen Veränderungen, beschränken. Daneben besteht die Möglichkeit, die Zielgewichte zu korrigieren, wenn die Wirkungen der Alternativen geschätzt sind. Das kann auch deshalb notwendig werden, weil die Zielgewichte sich im Zeitverlauf ändern.

Neben der Umskalierung und der Zielgewichtskorrektur besteht die Möglichkeit, Minimalerträge und Sättigungsgrenzen festzulegen.

4.3 Minimalanforderungen und Sättigungsgrenzen

Für manche Ziele kann der Entscheidungsträger angeben, welche Zielerträge eine Alternative mindestens aufweisen soll und bei welchen Zielerträgen eine Sättigungsgrenze erreicht wird. In der NWA werden die ursprünglichen Maßeinheiten k_{ij} häufig in lineare Punktskalen transformiert, die von 0 bis 1 oder von 0 bis 10 reichen¹⁴.

14 Vgl. Zangemeister, a.a.O., S. 217, und Turowski/Strassert, a.a.O., S. 30.

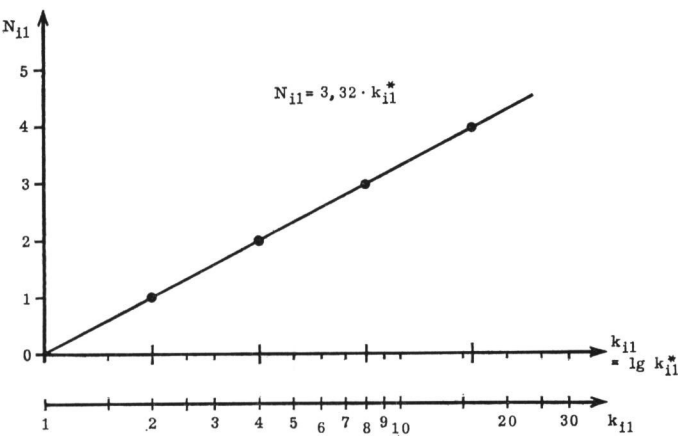


Abb. 5: Umskalierte logarithmische Nutzenfunktion

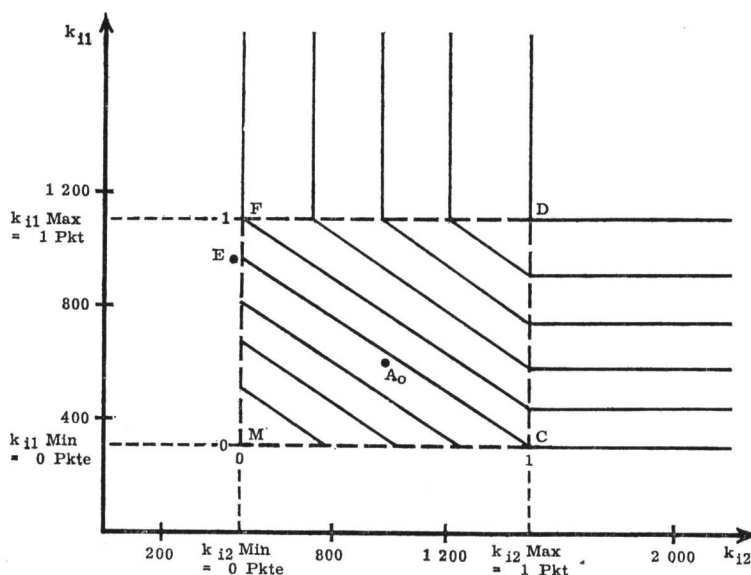


Abb. 6: Mindest- und Höchstgrenzen

Dabei werden die Sollgrenzen¹⁵ oder Minima und alle Zielerträge, die darunter liegen, gleich Null gesetzt. Alle Zielerträge, die den Sättigungspunkt (Obergrenze) erreichen oder übersteigen, erhalten die Höchstpunktzahl. Die Implikationen eines solchen Vorgehens können an Abb. 6 veranschaulicht werden. Die Werte sind dem oben angeführten Beispiel entnommen (vgl. Abb. 1).

a) Es wird ein willkürlicher Nullpunkt gewählt (Punkt M), der nur zufällig mit den Zielerträgen des Status quo A_0 übereinstimmt (s. oben). Weder die Nullpunktwahl noch die lineare Transformation (Umskalierung) der Zielerträge in Punktwerte sind notwendig. Wie oben dargelegt, kann man auch den Status quo als Nullpunkt wählen, was sich hier in negativen und positiven Punkten (umskalierte Zielerträge) ausdrücken würde.

Eine lineare Transformation der Zielerträge bringt keine Änderungen der Rangfolge der Alternativen, weil dann auch die Zielgewichte (Austauschrelationen) „umgerechnet“ werden. Waren die relativen Zielgewichte vorher für Zielertragseinheiten festgelegt, so müssen sie jetzt auf Punkte bezogen werden. An der Bewertung ändert sich nichts. Das soll an den Zahlenwerten in Abb. 6 demonstriert werden.

Auf der ursprünglichen Skala beträgt das Zielgewicht einer Einheit k_{11} das 1,5fache des Gewichts einer Einheit k_{12} . Das ergibt sich aus der angenommenen Nutzenfunktion

$$N_i = 1,5 k_{11} + 1 k_{12}$$

Die Relation der Zielgewichte ist also

$$\frac{g_1}{g_2} = \frac{1,5}{1} = \frac{3}{2}$$

Will man die ursprünglichen Werte von k_{ij} auf eine

Punktskala von 0 bis 1 umrechnen, so ergeben sich die Punktwerte k_{ij}^* wie folgt

$$k_{ij}^* = \frac{k_{ij} - k_{ij\text{Min}}}{k_{ij\text{Max}} - k_{ij\text{Min}}}$$

Setzt man die Minimumgrenze für k_{11} mit 300 und für k_{12} mit 500 sowie die Maximumgrenzen mit 1100 bzw. 1500 an, so erhält man die Formeln für die Umskalierung

$$(1) \quad k_{11}^* = -\frac{300}{800} + \frac{k_{11}}{800}$$

$$(2) \quad k_{12}^* = -\frac{500}{1000} + \frac{k_{12}}{1000}$$

Da die Konstanten nur einen Einfluß auf die Lage des Nullpunktes haben, kann man sie vernachlässigen. Man sieht, daß die Einheiten von k_{11} (Multiplikation mit 1/800) weniger stark „komprimiert“ werden als die Einheiten von k_{12} (Multiplikation mit 1/1000). Um das auszugleichen, muß das relative Zielgewicht g_1^*/g_2 kleiner werden als 3/2.

Mathematischer Beweis:

Die Gleichungen (1) und (2) können wie folgt geschrieben werden:

$$(1') \quad k_{11} = 300 + 800 k_{11}^*$$

$$(2') \quad k_{12} = 500 + 1000 k_{12}^*$$

Setzt man die Gleichungen in die ursprüngliche Nutzenfunktion

$$N_i = 1,5 k_{11} + 1 k_{12}$$

ein, so erhält man

$$N_i = 450 + 1200 k_{11}^* + 500 + 1000 k_{12}^*$$

15 Vgl. Zangemeister, a.a.O., S. 80/81.

Tabelle 3: Zielgewichte für Zielerträge k_{ij} und umskalierte Zielerträge k_{ij}^*

Unterschiedliche Ausgangsniveaus beim Ziel K_1 im Status quo	Absolute Höhe der Zielerträge k_{ij}	Umskalierte Zielerträge (gemessen in v. H. der Ausgangsniveaus) k_{ij}^*	Zielgewicht je Einheit k_{ij}	Zielgewicht je Einheit k_{ij}^*	Teilnutzen = Sp. 2 $\times$ Sp. 4 oder Sp. 3 $\times$ Sp. 5
1	2	3	4	5	6
1	0,1	10	10	0,1	1
10	1	10	1	0,1	1
50	5	10	0,2	0,1	1
100	10	10	0,1	0,1	1

Die Relation der Zielgewichte ist jetzt

$$\frac{g_1^*}{g_2^*} = \frac{1200}{1000} = \frac{3}{2} \cdot \frac{4}{5} = \frac{6}{5}$$

Nach der Umskalierung enthält eine Einheit k_{i1}^* eine relativ geringere Zielertragsmenge als eine Einheit k_{i2}^* . Deshalb muß das relative Zielgewicht g_1^*/g_2^* kleiner sein als die ursprüngliche Relation.

Graphisch läßt sich das wie folgt veranschaulichen: Setzt man die Strecke MC in Abb. 6 gleich 1, dann muß die Strecke MF „gestreckt“ werden, damit sie auf der gleichen Skala gleich 1 wird. Das bedeutet, daß die Steigung der Indifferenzkurven größer wird und das relative Zielgewicht der neuen Einheit k_{i1}^* abnimmt. An der Rangfolge von Alternativen, die in diesem Diagramm durch Punkte dargestellt werden, ändert sich nichts.

b) Minimum- und Maximumgrenzen kann man auch ohne lineare Transformation einführen, indem man

$$\begin{aligned} k_{ij} &= k_{ijMin} \text{ setzt für alle } k_{ij} \leq k_{ijMin} \text{ und} \\ k_{ij} &= k_{ijMax} \text{ setzt für alle } k_{ij} \geq k_{ijMax} \end{aligned}$$

In dem Beispiel (Abb. 6) heißt das vom absoluten Nullpunkt gemessen: Alle k_{i1} , die kleiner oder gleich 300 sind, werden gleich 300 gesetzt, und alle k_{i1} , die größer oder gleich 1100 sind, werden gleich 1100 gesetzt. Das Analoge gilt für k_{i2} .

Vom Status quo ($k_{i1} = 600$, $k_{i2} = 1000$) aus gemessen lauten die Regeln

$$\begin{aligned} k_{i1} &= -300 \text{ für alle } k_{i1} \leq -300 \\ k_{i1} &= 500 \text{ für alle } k_{i1} \geq 500 \text{ und} \\ k_{i2} &= -500 \text{ für alle } k_{i2} \leq -500 \\ k_{i2} &= 500 \text{ für alle } k_{i2} \geq 500 \end{aligned}$$

Im letzteren Fall werden ohne lineare Transformation und damit auch ohne Änderung der relativen Zielgewichte Minimum- und Maximumgrenzen eingebaut, die die gleiche Wirkung haben wie bei der Transformierung auf eine Punktskala. Damit bleibt die Vergleichbarkeit mit der NKA erhalten.

c) Die Einführung von Sättigungsgrenzen erlaubt eine grobe Annäherung an gekrümmte Indifferenzkurven, weil die unterstellten Indifferenzgeraden jeweils an diesen Grenzen abknicken (vgl. Abb. 6). Trotz der abrupten

Übergänge ist das bei manchen Zielen ein vertretbares Verfahren, sich der „wahren Indifferenzkurve“ anzunähern.

Die Minimum- oder Sollgrenzen haben weitergehende Implikationen. In der Formulierung dieser Minima unter b) wird deutlich, daß die Kosten von Alternativen, bei denen einzelne Zielerfüllungsgrade diese Minima nicht erreichen, stark unterschätzt werden, weil eine Zielertrags-einheit in diesem Bereich ein besonders hohes Gewicht hat. Deshalb wäre es methodisch unzulässig, Alternativen zu untersuchen, bei denen auch nur ein Zielertrag kleiner als das gesetzte Minimum ist. Die Sollgrenzen können also nur entsprechend dem Dominanzprinzip dazu dienen, Alternativen auszuschließen, deren Zielerträge eine dieser Sollgrenzen nicht erreichen. Die Anwendung des Dominanzprinzips ist wirkungslos, wenn die Minima zu niedrig festgesetzt werden, weil keine Alternativen eliminiert werden, und problematisch, wenn es wirkungsvoll ist, weil es an der kritischen Grenze zu abrupten Sprüngen in den Wertrelationen (Zielgewichten) kommt. Beispielsweise wird eine Alternative, deren Zielerträge durch den Punkt E in Abb. 6 angegeben werden, ausgeschlossen und einer Alternative mit den durch M angegebenen Zielerträgen nachgeordnet, obwohl der Zielertrag k_{E2} sehr viel höher als k_{M2} und der Zielertrag k_{E1} kaum geringer als k_{M1} ist. Über solche Möglichkeiten muß man sich im klaren sein, wenn man Entscheidungsprobleme mit Hilfe der Dominanzregel eingrenzen will.

Das methodische Vorgehen, sich an gekrümmte Indifferenzkurven anzunähern, setzt keine lineare Transformation der Zielerträge voraus. Im Gegenteil entsteht durch die Umskalierung lediglich ein zusätzlicher Aufwand, und es gehen Informationen über die tatsächliche Höhe der Zielerträge verloren.

5. Erweiterung der NKA

Der Anspruch der NKA besteht darin, eine „objektive“ Bewertungsgrundlage aus der Sicht der Gesamtbevölkerung einer Nation zu sein. Über die Ergebnisse solcher Analysen kommt es immer wieder zu Meinungsverschiedenheiten, weil einzelne Gruppen oder Individuen – explizit oder implizit – unterschiedliche Zielgewichte verwenden oder, was die gleiche Wirkung hat, die Bedeutung der nicht bewerteten Wirkungen (intangibles) unterschiedlich

beurteilen. Aus der Erkenntnis, daß Bewertungen subjektiv erfolgen, ergibt sich, daß solche Konflikte unvermeidbar sind und nicht durch eine bestimmte Methode beseitigt werden können.

Für einen einzelnen Entscheidungsträger kann die NKA jedoch zu einem vollständigen Entscheidungsmodell ausgebaut werden, indem man dem Entscheidungsträger erlaubt, mit seinen subjektiven Zielgewichten von den „Marktpreisen“ abzuweichen und auch die „intangibles“ zu gewichten und damit systematisch in seiner Entscheidung mitzubetrachten. Diese erweiterte NKA¹⁶ und die NWA mit den hier erläuterten Modifikationen sind weitgehend identische Entscheidungsmodelle.

6. Zusammenfassung

Sowohl der jüngere methodische Ansatz der NWA als auch die NKA lassen sich für die Lösung von Entscheidungsproblemen erweitern und verbessern:

- Die NWA kann zu einem vollständigen Entscheidungsmodell ausgebaut werden, indem man die Opportunitätskosten einbezieht.
- Die verschiedenen methodischen Wege, den Fehlerbereich einzugrenzen, der durch die Verwendung konstanter Zielgewichte bzw. Preise entsteht, können in beiden Modellen beschritten werden.

- Die Umskalierung durch lineare Transformation in der NWA ist ein redundanter Schritt, durch den Informationen verlorengehen.
- Die Vorteile der NWA – Bewertung aller Wirkungen, subjektive Zielgewichte – können für die NKA nutzbar gemacht werden. Dadurch kann ein einzelner Entscheidungsträger alle entscheidungsrelevanten Überlegungen innerhalb der NKA anstellen.

Literatur

- Eekhoff, Johann*: Nutzen-Kosten-Analyse der Stadtsanierung. – Frankfurt 1972.
- Fischer, Leopold*: Spezielle Aspekte der Anwendung von Nutzwertanalysen in der Raumordnung. In: Raumforschung und Raumordnung. 29. Jg. (1971) H. 2, S. 57–64.
- Nutzen-Kosten-Analyse und Programmbudget. Hrsg.: H. C. Recktenwald. – Tübingen 1970.
- Strassert, Günter*: Nutzwertanalyse. In: Empirische Methoden der Regionalforschung. = Forschungs- und Sitzungsberichte der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. (Erscheint im Frühjahr 1973.)
- Strassert, Günter; Gerd Turowski*: Nutzwertanalyse: Ein Verfahren zur Beurteilung regionalpolitischer Projekte. In: Institut für Raumordnung. Informationen. 21. Jg. (1971) Nr. 2, S. 29–42.
- Turowski, Gerd; Günter Strassert*: Ein nutzwertanalytischer Ansatz für die Freizeit- und Fremdenverkehrsplanung. In: Raumforschung und Raumordnung. 30. Jg. (1972) H. 1, S. 27–31.
- Zangemeister, Christof*: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. – München 1970.

¹⁶ Das Verfahren ist genauer beschrieben in *Eekhoff, a.a.O.*, S. 29–38.