

Die Bewertungsmethodik der Nationalstrassenüberprüfung (NUP)

Autor(en): **Meier, Eugen**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **100 (1982)**

Heft 29

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74835>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Bewertungsmethodik der Nationalstrassenüberprüfung (NUP)

Von Eugen Meier, Zürich

Die Empfehlungen der Kommission zur Überprüfung von Nationalstrassenstrecken (NUP) wurden in der Presse ausgiebig diskutiert. Weniger Beachtung fanden die angewandten Bewertungsverfahren, die der Kommission als Entscheidungsunterlagen dienen. Ihre Resultate müssen deshalb nicht unbedingt mit den Kommissionsempfehlungen übereinstimmen. Für die Überprüfung der umstrittenen Nationalstrassenstrecken kamen die Nutzwertanalyse (NWA) und die Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) zur Anwendung. Neben diesen Verfahren wurden die Projektwirkungen beschrieben. NWA, KNA und Beschreibung haben neben Vor- auch Nachteile. Letztere mussten bei der Anwendung beachtet werden. Ebenso musste die Stabilität der Bewertungsergebnisse geprüft werden. Die drei Bewertungsverfahren führten zur sogenannten fachtechnischen Gesamtbewertung. NWA und KNA haben sich bei der NUP bewährt. Die Ergänzung der beiden durch die Beschreibung der Vor- und Nachteile der untersuchten Varianten erwies sich als Vorteil, konnten doch damit methodenbedingte Nachteile von NWA und KNA umgangen werden.

Ausgangslage

Im Zusammenhang mit der Behandlung der Volksinitiative «Demokratie im Nationalstrassenbau» beauftragten die Eidg. Räte den Bundesrat mit einer Motion vom 23. März / 22. Juni 1977, die Notwendigkeit oder Klassierung von sechs umstrittenen Nationalstrassenstrecken zu überprüfen. Das Eidg. Departement des Innern übertrug die eigentlichen Überprüfungsarbeiten einer eigens hierfür geschaffenen, ausserparlamentarischen Kommission. Der Auftrag an diese lautete:

«Zur Überprüfung des Nationalstrassen-netzes gemäss der Motion der eidgenössischen Räte wird eine Kommission eingesetzt. Ihr obliegt die Aufgabe, die Notwendigkeit oder Klassierung folgender Nationalstrassenabschnitte zu überprüfen:

- N-1: Yverdon - Avenches
- SN-1/ Zürich: Hardturm -
- SN-3: Verkehrsdreieck Letten - Sihlhölzli
- N-4: Wettswil - Knonau
- N-6: Wimmis - Zweisimmen - Lenk - Rawiltunnel - Uvrier (N-9 Rhonetal)
- N-7: Müllheim - Kreuzlingen
- N-9: Lausanne Ost: Corsy - Perraudettaz

Die Überprüfung dieser Strecken soll umfassend nach verkehrspolitischen, verkehrstechnischen, land- und forstwirtschaftlichen, ökologischen und umweltschützerischen Kriterien sowie nach den Gesichtspunkten des Gesamtverkehrs, der Volkswirtschaft und der Finanzpolitik durchgeführt werden.»

Die Überprüfung der Notwendigkeit bedeutete die Beantwortung der Frage, ob die betreffende Teilstrecke im Nationalstrassennetz belassen oder aus dem Netz gestrichen werden soll (Grundsatzentscheid). Die Überprüfung der Klassierung bezog sich auf den Ausbaustandard (Variantenwahl) und war theoretisch erst notwendig, wenn die Kommission den Grundsatzentscheid bejahete. Im praktischen Ablauf der Überprüfung waren die beiden Fragen jedoch nicht voneinander zu trennen. Nur anhand einer konkreten Variante mit festgelegtem Ausbaustandard und Linienführung konnten die tatsächlichen Vor- und Nachteile einer Strecke ermittelt werden.

Durchführung der Überprüfung

Damit die umfangreichen Überprüfungsarbeiten termingerecht abgewickelt werden konnten, setzte die Kommission einen *Leitenden Ausschuss*, bestehend aus fünf Kommissionsmitgliedern, sowie eine *Projektleitung* ein. Für die Projektleitung konnte das *Institut für Verkehrsplanung und Transporttechnik (IVT)* an der *ETH Zürich* gewonnen werden. Ein Grossteil der Untersuchungen wurde über Einzelaufträge auswärts vergeben. Die Projektleitung koordinierte und überwachte zusammen mit dem Leitenden Ausschuss diese externen Arbeiten.

Die Durchführung der Überprüfung gliederte sich zeitlich und sachlich in

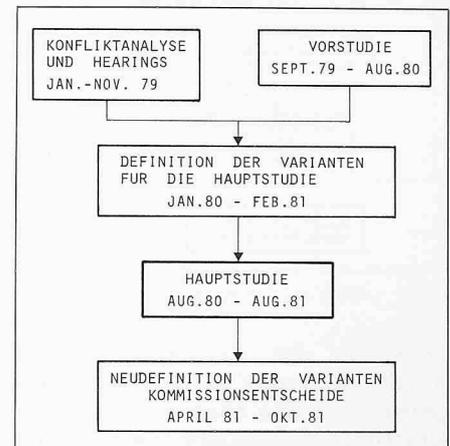


Bild 1. Arbeitsschritte bei der NUP

fünf Arbeitsschritte, die sich teilweise überlagerten (Bild 1). Neu am gewählten Vorgehen war, dass den fachtechnischen Untersuchungen eine *Konfliktanalyse*, verbunden mit *Hearings* mit allen an den Teilstrecken Beteiligten vorausging, um die zentralen Konfliktpunkte festzustellen und mögliche Alternativen und Abänderungsvorschläge an den offiziellen Projekten kennenzulernen. Die Vorstudie hatte den Zweck, das zum Einsatz gelangende Bewertungsinstrumentarium am praktischen Beispiel auszutesten. Den offiziellen Projekten der Kantone stand dabei die sogenannte *Nullvariante*, d.h. ein Planungszustand ohne die umstrittenen Teilstrecken, gegenüber. Die Anregungen in der *Hearings* und die Ergebnisse der Vorstudie führten in mehreren Fällen zu neuen Projektstudien. Die «beste» Bauvariante und die «beste» Nullvariante mussten projektiert und kostenmässig abgeschätzt werden. In der Hauptstudie wurden diese mit Hilfe von Bewertungsverfahren beurteilt. Das resultierende, sogenannte *fachtechnische Bewertungsergebnis* stellte für die Kommission neben der *Konfliktanalyse* und den *Hearings* eine Entscheidungsgrundlage für ihre Empfehlungen dar. Die Letzten müssen deshalb nicht unbedingt mit den Bewertungsergebnissen übereinstimmen. Der vorliegende Aufsatz geht nur auf die fachtechnische Bewertung und einige, damit verbundene, methodische Probleme ein. Die Empfehlungen der Kommission werden nicht behandelt, sie wurden in dieser Zeitschrift früher erläutert [1].

Zu den wichtigsten ersten Arbeitsschritten im systemanalytischen Arbeitsablauf gehören die *Aufnahme der Umwelt und Landschaft* sowie die klare

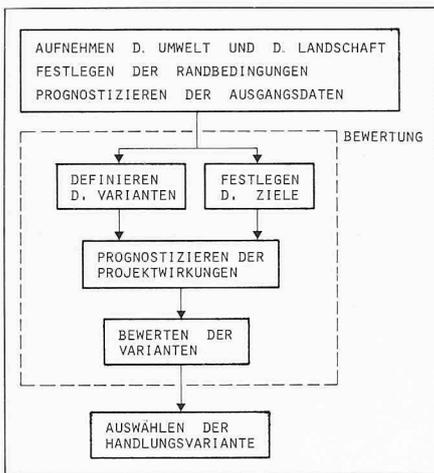


Bild 2. Ablauf des Entscheidungsprozesses

Festlegung der Ausgangsdaten und Randbedingungen (Bild 2). Die beigezogenen Fachleute (Agronomen, Landschaftsplaner, Ökologen, usw.) erhoben die heutige Nutzung und die Eignung der Landschaft (z.B. für Landwirtschaft, Erholung) im Bereich der zu untersuchenden Varianten. Neben Feldbegehungen verwendeten sie bestehende Karten und Inventare (z.B. KLN-Inventar). Die erhobenen Nutzungen und Eignungen sind in speziellen Plänen dargestellt (Bodeneignungskarte, Erholungseignungskarte, Karte der Natur- und Landschaftsschutzobjekte usw.).

Die wichtigste Randbedingung liess sich aus dem Kommissionsauftrag selbst ableiten. Sie besagt, dass zukünftige

Varianten mit fertiggestelltem Nationalstrassennetz (mit bzw. ohne die zu überprüfenden Strecken) einander gegenüberzustellen seien. Der Entscheid erfolgte also nicht anhand eines Vergleichs mit dem heutigen Zustand. Da das Nationalstrassennetz gemäss dem Bauprogramm gegen Ende des Jahrhunderts vollendet sein dürfte, wählte die Kommission das Jahr 2000 als Planungshorizont. Die Ausgangsdaten wurden für diesen Zeitpunkt prognostiziert. Die Kommission ging dabei von zwei verschiedenen Entwicklungen aus. Beim Szenario «2000» nahm sie an, dass sich die demographische und wirtschaftliche Entwicklung der letzten Jahre leicht abgeschwächt bis ins Jahr 2000 fortsetzt. Das Szenario «1985» dagegen geht von einer stark abgeschwächten Entwicklung bis zum Planungshorizont aus. Die wichtigsten Ausgangsdaten sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Das Strassennetz umfasst auftragsgemäss die fertiggestellten Nationalstrassen mit Ausnahme der zu überprüfenden Strecken. Diese sind nur bei den sogenannten Bauvarianten Bestandteil des Netzes. Grundsätzlich ging die Kommission von den offiziellen Projektvarianten aus. Allerdings berücksichtigte sie die in den Hearings von den Betroffenen vorgebrachten Verbesserungsvorschläge weitgehend. Bei mehreren Strecken untersuchte sie deshalb auch mehrere Bauvarianten. Die Definition der Varianten stützt sich somit auf eine breite Basis ab.

Der Zielkatalog gibt an, in welcher Hinsicht die Varianten zu überprüfen waren. Das Zielsystem wird in einem folgenden Abschnitt näher beschrieben. Alle Projektwirkungen hinsichtlich des Zielsystems wurden prognostiziert und beurteilt. Bewertungsverfahren erleichterten diese Schritte. Methodische Probleme bei der Anwendung dieser Verfahren und die Vorgehensweise bei der NUP werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

Theorie der Bewertungsverfahren

Für die Bewertung von Verkehrsinvestitionsmassnahmen stehen heute mehrere Verfahren zur Verfügung. Diese sind jedoch nur Hilfsmittel bei der Entscheidung. Für die Überprüfung der umstrittenen Nationalstrassenstrecken kamen die Nutzwertanalyse (NWA) und die Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) zur Anwendung. Neben diesen beiden Verfahren, die als Ergebnis eine Variantenreihenfolge liefern, wurden zudem die Projektwirkungen gegliedert nach dem Zielsystem beschrieben.

Nutzwertanalyse (NWA)

Die NWA ist ein Verfahren zur systematischen Entscheidungsfindung bei der Auswahl von verschiedenen Varianten. Zangemeister definierte sie wie folgt: «Nutzwertanalyse ist die Analyse einer Menge komplexer Handlungsvarianten mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen. Die Abbildung dieser Ordnung erfolgt durch die Angabe der Nutzwerte (Gesamtwerte) der Varianten» [2]. Bei der Anwendung der NWA sind die folgenden Arbeitsschritte notwendig (Bild 3):

- **Aufstellen eines Zielsystems:** Das Aufstellen eines Zielsystems besteht im Sammeln aller für die Entscheidungsfindung wesentlichen Ziele und in ihrer hierarchischen Ordnung.
- **Definieren der Varianten:** Die zu bewertenden Varianten müssen genau bekannt sein, damit ihre positiven und negativen Auswirkungen bestimmt werden können.
- **Bestimmen der Indikatoren:** Die Indikatoren dienen der Bewertung der Varianten und müssen die Ziele so gut wie möglich beschreiben sowie nach einer eindeutigen Messregel bestimmbar sein.
- **Gewichten des Zielsystems:** Der Entscheidungsträger ordnet den einzelnen Zielen, entsprechend ihrer Bedeutung (Präferenz) Gewichte zu.
- **Messen der Indikatorwerte:** Für jeden Indikator werden mittels einer objektiven Messregel die Indikatorwerte bestimmt.
- **Berechnen der Zielwerte:** Damit die Indikatorwerte miteinander verglichen werden können, müssen sie mit den sogenannten Nutzenfunktionen in dimensionslose Zielwerte (Indexpunkte von 0 bis 100) umgerechnet werden. Dabei wird jedem Indikatorwert ein Zielwert zugeordnet, dass dieser die relative Stellung einer Variante im Vergleich zu den übrigen Varianten angibt.
- **Berechnen der Nutzwerte:** Aus den Zielwerten wird unter Verwendung der Gewichte der Gesamtnutzwert einer Variante berechnet.
- **Durchführen von Sensitivitätstests:** Sensitivitätstests, bei denen Annahmen, Messverfahren, Umrechnungsverfahren (Nutzenfunktionen) oder die Gewichte geändert werden, zeigen, ob das Resultat der NWA stabil und eindeutig ist.

Der Vorteil der NWA besteht darin, dass Auswirkungen verschiedenster Art miteinander verglichen und zu einem

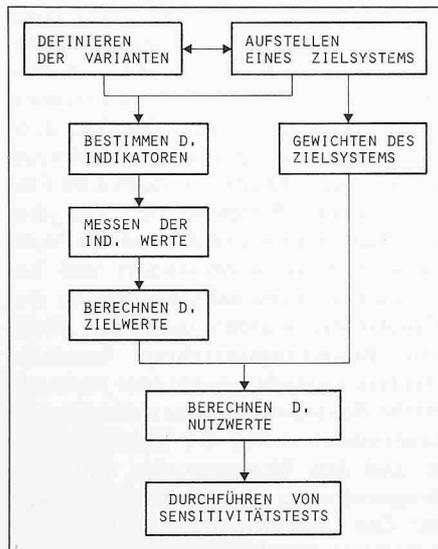


Bild 3. Arbeitsschritte in der Nutzwertanalyse

Tabelle 1. Die wichtigsten Ausgangsdaten bei der NUP

ZUSTAND/SZENARIO	1978	2000	1985
BEVÖLKERUNG (Mio)	6.4	6.7	6.5
ARBEITSPLÄTZE (Mio)	3.2	3.4	3.4
VOLKSEINKOMMEN/KOPF ZU PREISEN 1970 (Fr.)	13'600	21'500	16'000
PERSONENWAGEN PRO 1000 EINWOHNER	324	418	378

Gesamtwert je Variante vereint werden können. Die NWA kann alle Auswirkungen einer Variante berücksichtigen. Die Umrechnung der Indikatorwerte in die Zielwerte bedeutet jedoch bereits eine erste Beurteilung, da festgelegt werden muss, welche Indikatorwerte als gut (100 Punkte) bzw. schlecht (0 Punkte) angesehen werden. Das Einfließen von subjektiven aber nicht willkürlichen Erwägungen kann dabei nicht ganz verhindert werden. Eine transparente und nachvollziehbare Darstellung der Annahmen und Rechengänge ist darum notwendig. Die getroffenen Annahmen müssen jederzeit überprüft und im Rahmen von Sensitivitätstests geändert werden können. Die Gewichtung stellt einen gewollt subjektiven und politischen Schritt in der NWA dar, da das Entscheidungsgremium hier bewusst Präferenzen bzw. politische Gewichte setzen soll. Dadurch können die verschiedenen Auswirkungen erst in ihrer relativen Bedeutung miteinander verglichen werden. Das Resultat der NWA gibt nur die Präferenzen des Entscheidungsträgers wieder. Ein anderer Entscheidungsträger kann andere Schwerpunkte setzen und ein anderes Resultat erhalten. Das Verfahren erlaubt volle Transparenz und Nachvollziehbarkeit.

Kosten-Nutzen-Analyse (KNA)

Die KNA ist eine rein ökonomische Methode zur Ermittlung des «sozialen Wertes» einer Investitionsmassnahme. Der soziale Wert ist dabei als die Summe der individuellen Wertschätzungen, welche die Gesellschaft als Ganzes der Investitionsmassnahme beimisst, zu verstehen. Die theoretischen Grundlagen der KNA stammen aus der *Wohlfahrtsökonomie*. Das Grundprinzip jeder KNA lässt sich auf das Kriterium der potentiellen Verbesserungen nach Pareto [3] zurückführen. Entsprechend diesem Kriterium ist ein ökonomischer Zustand 1 dann einem Zustand 2 vorzuziehen, wenn die Gewinner die Verlierer vollständig entschädigen können und trotzdem noch besser dastehen als im Zustand 2 [4]. Bei einer KNA sind folgende Arbeitsschritte notwendig, von denen die ersten vier gleich wie bei der NWA sind (vgl. Bild 4):

- Aufstellen eines Zielsystems.
- Definieren der Varianten.
- Bestimmen der Indikatoren.
- Messen der Indikatorwerte.
- Monetarisieren der Indikatorwerte: Die Indikatorwerte werden mit Hilfe der Marktpreise, d.h. denjenigen Preisen, die auf dem Markt für eine bestimmte Gütermenge bezahlt werden, in Geld umgerechnet. Wenn der Marktpreis eines Gutes vom sozialen Wert abweicht oder wenn für bestimmte Güter (z.B. Umweltgüter)

keine Marktpreise existieren, müssen sogenannte Schattenpreise (Wert, den die Gesellschaft dem Gut beimisst) bestimmt werden.

- Berechnen des Gegenwartswertes (*diskontieren*): Die Kosten und Nutzen fallen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und in wechselnder Stärke an. Sie werden auf einen gemeinsamen Bezugszeitpunkt diskontiert, d.h. abgezinst, um vergleichbar zu sein. Der Gegenwartswert entspricht der Differenz zwischen den abgezinsten Nutzen- und Kostenströmen.
- Durchführen von Sensitivitätstests: Sensitivitätstests, bei denen Annahmen, Messverfahren, Schattenpreise oder die soziale Diskontrate geändert werden, geben an, ob das Resultat der KNA stabil und eindeutig ist.

Die Wahl der sozialen *Diskontrate* verlangt einen politischen Entscheid. Die Diskontrate der KNA darf nicht mit dem Diskontsatz der Nationalbank verwechselt werden. Der letzte ist der Zinssatz, mit dem die Notenbank den Wert der Handelswechsel der Geschäftsbanken beim Ankauf diskontiert. Die Diskontrate der KNA ist dagegen der Zinssatz, zu dem die Gesellschaft als Ganzes bereit wäre, heutige Kosten und Nutzen gegen zukünftige einzutauschen. Eine hohe Diskontrate bewertet Kosten und Nutzen, die früh anfallen, stärker als solche, die erst gegen Ende der Nutzungsdauer auftreten. Mit Sensitivitätstests muss deshalb der Einfluss der Diskontrate auf das Resultat der KNA überprüft werden. Die Ermittlung der *Schattenpreise* ist oft schwierig (z.B. Höhe der Zeitwertansätze). Ihr Einfluss auf das Resultat der KNA ist deshalb abzuschätzen. In bestimmten Fällen können keine Schattenpreise berechnet werden, weshalb die KNA oft nicht alle Vor- und Nachteile berücksichtigen kann. Das Resultat muss immer in Verbindung mit den nicht bewerteten Auswirkungen beurteilt werden.

Beschreibung der Projektwirkungen

Die Beschreibung der Vor- und Nachteile ist kein Bewertungsverfahren in dem Sinn, dass am Schluss ein Bewertungsergebnis in Form einer Rangfolge der Varianten vorliegt. Die verschiedenen Varianten werden hinsichtlich der einzelnen Auswirkungen untersucht, beschrieben und beurteilt. In Bild 5 sind die bei der Beschreibung der Vor- und Nachteile notwendigen Arbeitsschritte dargestellt, wobei die ersten vier Schritte gleich wie bei der NWA und der KNA sind. Folgende Schritte werden unterschieden:

- Aufstellen eines Zielsystems.
- Definieren der Varianten.

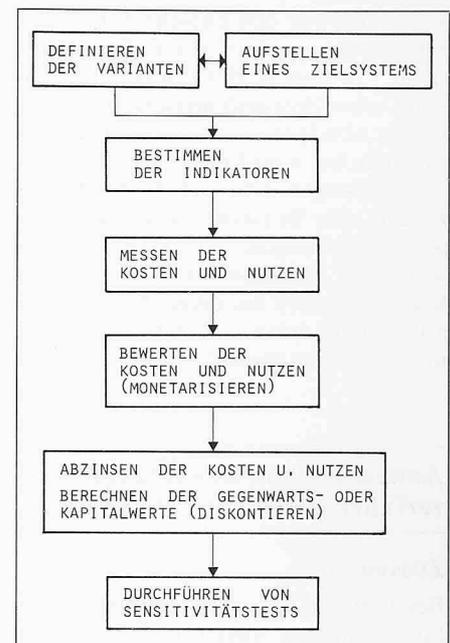


Bild 4. Arbeitsschritte in der Kosten-Nutzen-Analyse

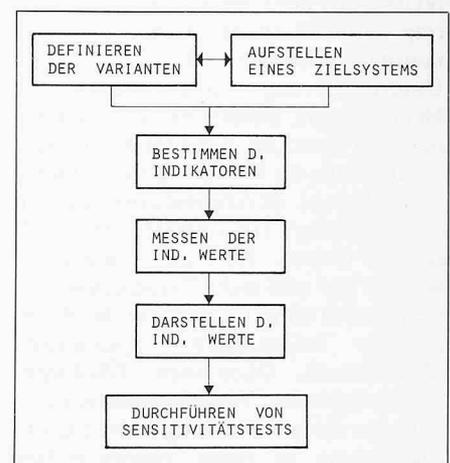


Bild 5. Arbeitsschritte bei der Beschreibung der Projektwirkungen

- Bestimmen der Indikatoren.
- Messen der Indikatorwerte.
- Darstellen der Indikatorwerte: Die prognostizierten Indikatorwerte werden geordnet nach dem Zielsystem in ihren eigenen Masseinheiten beschrieben und dargestellt.
- Durchführen von Sensitivitätstests: Der Einfluss von ändern Annahmen und von Messfehlern bei der Bestimmung der Indikatorwerte kann durch Sensitivitätstests abgeschätzt und beschrieben werden.

Der Nachteil der Beschreibung liegt darin, dass sie kein Gesamtergebnis liefert, was vor allem bei komplexen und divergierenden Projektwirkungen verwirrend sein kann. Die Varianten werden bezüglich ihrer Einzelwirkungen miteinander verglichen und beurteilt. Dies gestattet dafür einen von verfahrensmethodischen Problemen ungetrübten Blick auf die Auswirkungen der

Varianten. Für den Entscheid muss der Entscheidungsträger diese Teilbewertungen gegeneinander abwägen und danach seine Schlussfolgerungen ziehen. Dieses Abwägen stellt eine Art Gewichtung dar, bei allerdings bekannten Projektwirkungen. Die Gefahr der Bevorzugung oder Benachteiligung bestimmter Auswirkungen, um eine intuitiv gewünschte Variantenwahl treffen zu können, besteht bei dieser Bewertungsart. Zudem kann das Abwägen nicht nachvollzogen werden.

Anwendung der Bewertungsverfahren bei der NUP

Zielsystem

Bei allen angewandten Bewertungsverfahren musste zuerst ein *Zielsystem* festgelegt werden. Dieses bildet einen möglichst umfassenden und praktisch einsetzbaren Beurteilungsrahmen. Das NUP-Zielsystem enthält alle im Auftrag des EDI an die Kommission genannten Kriterien. Bei der weiteren Untergliederung wurden die in den Hearings von Befürwortern und Gegnern der Strecken vorgebrachten Argumente sowie die Erfahrungen aus ähnlichen, bereits durchgeführten Studien berücksichtigt. Die obersten drei Zielebenen (Ober-, Teil- und Unterziele) wurden für alle sechs Teilstrecken fest vorgegeben (Bild 6). Die von der Kommission beigezogenen Spezialisten (Agronomen, Ökonomen, Ökologen, Siedlungsplaner, Verkehrsplaner, usw.) nahmen die weitere Aufgliederung des Zielsystems in ihren Fachbereichen vor. Dabei achteten sie auf weitgehende Vergleichbarkeit zwischen den sechs Teilstrecken, wobei sie jedoch den Besonderheiten der einzelnen Strecken Rechnung trugen. Auf der untersten Ebene des Zielsystems, der Ebene der Indikatoren, sind je nach Strecke zwischen 80 und 100 Indikatoren vorhanden.

Mit der Berücksichtigung der an den Hearings vorgebrachten Argumente wurde erreicht, dass das Zielsystem so objektiv und aktuell wie möglich aufgebaut ist. Durch den Bezug von interdisziplinären Gruppen bei der Feinaufgliederung ergab sich zudem eine umfassende Liste aller Projektwirkungen.

Sensitivitätstests

Im Ablauf der Bewertung mussten Annahmen getroffen sowie bestimmte Daten und die Auswirkungen der Varianten prognostiziert werden. Mit Hilfe der Bewertungsverfahren wurden die Einzelauswirkungen entsprechend einer vorgegebenen Methodik weiter verarbeitet. Folgende Punkte können

somit das Resultat der Bewertung beeinflussen:

- Die Ausgangsdaten mussten für das Prognosejahr berechnet werden. Ihr Eintreffen ist nicht sicher.
- Bei der Aufnahme der Umwelt und Landschaft können Messfehler auftreten.
- Die Varianten können anders definiert werden (Linienführung, Ausbaustandard).
- Bei der Bestimmung der Auswirkungen können Ungenauigkeiten und Schätzfehler vorkommen.
- Die Methodik der Bewertungsverfahren verlangt bestimmte subjektive und politische Entscheide (z.B. Gewichtung bei der NWA) oder gewisse ebenfalls politische Annahmen (z.B. Diskontrate bei der KNA).

Der Einfluss dieser Punkte auf das Bewertungsergebnis wurde in den Sensitivitätstests abgeschätzt. Dabei wurde die Bewertung mit systematisch geänderten Werten oder Annahmen neu durchgespielt. Ergaben die Tests und die ursprüngliche Bewertung die gleiche Variantenreihenfolge, so hat der geänderte Wert bzw. die Annahme keinen entscheidenden Einfluss auf das Bewertungsergebnis.

Beschreibung der Vor- und Nachteile

Die Beschreibung der Vor- und Nachteile der einzelnen Varianten nimmt bei der NUP einen grossen Platz ein. Im Schlussbericht sind die Projektwirkungen geordnet nach dem Zielsystem mit Worten und Zahlen erläutert und teilweise in Plänen dargestellt. Dabei wurden wenn nötig auch Verteilwirkungen angegeben. Zusammenfassungen für einzelne Teilbereiche (z.B. Wirkungen auf die Landwirtschaft) erleichtern die Übersicht. Als Beispiel sei aus dem Schlussbericht die Beschreibung der Projektwirkung bezüglich der Landwirtschaft der verschiedenen Varianten der N-4 (V1: N-4 im Knonaueramt, V2: N-4 durch den Zimmerberg) zitiert [5]:

«Der Landwirtschaft des Knonaueramtes gehen mit dem Bau der noch fehlenden Teilstrecke der N-4 und der Wettswiler-Schleife der N-20 unmittelbar rund 94 ha Boden, davon 9/10 der Güteklassen gut bis sehr gut, verloren. Bei Variante 2 werden rund 18 ha, ebenfalls weitgehend gutes bis sehr gutes Land, direkt für den Strassenbau beansprucht. Weitere 8 ha bei Variante 1 und 2 ha bei Variante 2 sind durch Zerschneidung bzw. Aufteilung tangiert. Das benötigte Land im Raume der N-4 ist grösstenteils aufgekauft, und die Güterzusammenlegungen sind unter Berücksichtigung des Nationalstrassenprojektes in den meisten Gemeinden abgeschlossen. Der Verlust an kultivierbaren Flächen trifft aber insbesondere die verbleibenden Landwirte, welche auf die-

ses Land zwecks Aufstockung in gewissem Ausmass angewiesen sind.»

Im Schlussbericht der Kommission musste die Beschreibung der Wirkungen aus Gründen der Übersichtlichkeit gerafft wiedergegeben werden. Die Berichte der beigezogenen Spezialisten enthalten eine ausführliche Darstellung, die auf Wunsch eingesehen werden kann. Der Einfluss von geänderten Annahmen und von andern Variantendefinitionen wurde ebenfalls angegeben. Die Beschreibung ergibt keine Gesamtbewertung. Sie sagt nur aus, dass etwa im zitierten Beispiel der N-4 Variante 2, bezüglich der Landwirtschaft im Knonaueramt, besser als Variante 1 zu beurteilen ist.

Nutzwertanalyse

Die Wahl der Nutzenfunktionen und die Gewichtung des Zielsystems können das Resultat der NWA beeinflussen. Nachfolgend werden deshalb diese beiden Arbeitsschritte, wie sie bei der NUP angewandt wurden, näher beschrieben. Zusätzlich folgt eine kurze Beschreibung der durchgeführten allgemeinen Sensitivitätstests.

Die einzelnen Projektwirkungen müssen in dimensionslose Nutzenpunkte umgerechnet werden, damit sie miteinander vergleichbar sind und zu einem Gesamtwert zusammengefasst werden können. Die Umrechnungsfunktionen, die sogenannten *Nutzenfunktionen*, können bereits subjektive Wertungen enthalten. Deshalb wird manchmal vorgeschlagen, dass das Entscheidungsgremium bzw. seine Mitglieder diese Funktionen definieren soll [6]. Dieser Vorschlag scheidet jedoch bei der praktischen Anwendung. Die Wahl der Nutzenfunktionen verlangt eine grosse Sachkenntnis in allen betroffenen Bereichen, über die das Entscheidungsgremium in den meisten Fällen nicht verfügt. Die beigezogenen Spezialisten definierten deshalb die Funktionen aus der sachbezogenen Sicht ihrer Disziplin. Die interdisziplinären Gruppen stimmten danach die Funktionen der einzelnen Bereiche aufeinander ab. So wurde eine weitgehende Objektivität und eine Gleichbehandlung aller Zielbereiche erreicht. Der Kommission stand es frei, von sich aus die Nutzenfunktionen zu ändern, was sie jedoch nur in Ausnahmefällen für nötig erachtete. Im Rahmen von Sensitivitätstests wurden zudem die Nutzenfunktionen von besonders wichtigen Indikatoren oder von solchen, bei denen kein Konsens über die Funktion zustande kam, geändert. Der Einfluss dieser Funktionen auf das Bewertungsergebnis wurde so sichtbar gemacht.

Zudem rechnete die Kommission eine NWA mit *Rangsummenbewertung*

Bild 6. Übergeordnetes Zielsystem NUP

	<u>Oberziele</u>	<u>Teilziele</u>	<u>Unterziele</u>	
BEITRAG DES VERKEHRSSYSTEMS ZUR VERBESSERUNG DER LEBENSQUALITÄT	Bestmögliche Befriedigung aller Verkehrsbedürfnisse	Bestmögliche Befriedigung der Verkehrsbedürfnisse der Haushalte	Ersparnis von Reisezeit	
			Ersparnis von Fahrzeugbetriebskosten	
			Nettonutzen des Neverkehrs	
			Erhöhung der Verkehrsqualität	
		Bestmögliche Befriedigung der Verkehrsbedürfnisse der Wirtschaft	Ersparnis von Reisezeit	
			Ersparnis von Fahrzeugbetriebskosten	
	Herbeiführen eines wirtschaftlichen Mitteleinsatzes	Minimierung der Investitionskosten in Infrastruktur	Minimierung der projektbezogenen Investitionskosten	
			Minimierung der Investitionskosten im übrigen Netz	
		Minimierung der Betriebs- und Unterhaltskosten für das Gesamtsystem	Minimierung der Betriebskosten im öffentlichen Verkehr	
			Minimierung der Unterhaltskosten Strasse	
		Verbesserung der Auswirkungen	Erhöhung der Verkehrssicherheit	Reduktion der Anzahl Verunfallten
				Reduktion der Anzahl Unfälle
	Minimierung der Beeinträchtigung der Wohn- und Arbeitsumwelt		Minimierung der Beeinträchtigung der Wohnumwelt	
			Minimierung der Beeinträchtigung der Arbeitsumwelt	
	Verringerung negativer Einflüsse auf die Landwirtschaft		Verringerung negativer Einflüsse auf die Produktionsfunktion	
			Verringerung negativer Einflüsse auf die Erholungsfunktion	
			Verringerung negativer Einflüsse auf die Schutzfunktion	
	Geordnete Besiedlung des Landes		Gute Gestaltung des Lebensraumes (unmittelbare Verbesserung für ansässige Bewohner)*	
			Verbesserung der Siedlungsstruktur (unmittelbare Verbesserungen für die Bevölkerung der Region)*	
	Ausgleich der Regionalwirtschaft		Schaffung von Arbeitsplätzen und Konsummöglichkeiten in der Region (unmittelbare Verbesserungen für ansässige Betriebe)*	
Verminderung der räumlichen Einkommensdisparitäten (unmittelbare Verbesserungen für die Wirtschaft der Region)*				

* Die Ziele in Klammern gelten nur für städtische Strecken, die Ziele ausserhalb der Klammern für die übrigen Strecken.

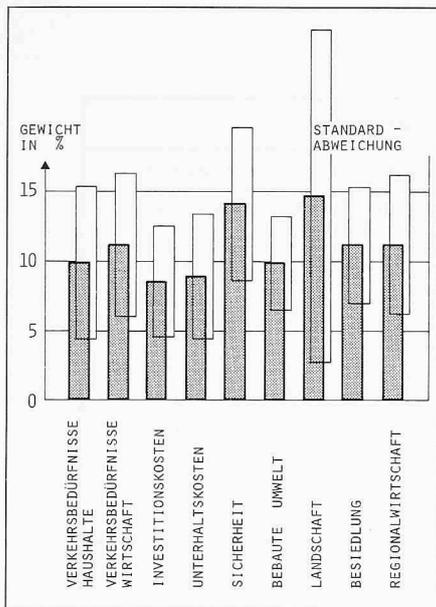


Bild 7. Gewichte der neun Teilziele des bereinigten Zielsystems für ländliche Strecken

für ihn ein Zielelement im Vergleich mit den andern Elementen der gleichen Ebene ist. Die sogenannte *Kommissionsgewichtung* wurde durch Bilden des arithmetischen Mittels aus den Einzelgewichtungen berechnet. Die Mittelbildung entspricht dem bei uns üblichen Eingehen von Kompromissen. Bei der Mittelbildung werden nicht verschiedene Einstellungen miteinander vermischt, sondern jeder Einzelne muss von seiner Meinung etwas abrücken zugunsten eines andern. Ausserdem akzeptierte die Kommission die Mittelwerte als repräsentative Grundlage für die NWA ausdrücklich. Der in [6] erwähnte Nachteil der Gewichtung trifft somit im Fall der NUP nicht zu.

In Bild 7 sind die Gewichte der neun Teilziele für Strecken in ländlichem Gebiet graphisch dargestellt. Bei diesen Strecken (N-1, N-4, N-7) sind die Teilziele «Landschaft» und «Sicherheit» für die Kommission am wichtigsten. Ein schwaches Gewicht erhielten dagegen die Teilziele «Investitionskosten» und «Unterhaltskosten».

Um den Einfluss der Gewichtung auf das Gesamtergebn der NWA feststellen zu können, wurde die sogenannte *Gewichtungsstabilität* berechnet. Die Gewichte der einzelnen Kommissionsmitglieder streuen um den Mittelwert. Die Standardabweichung ist ein Mass für die Streuung. Die Abhängigkeit der Gesamtbewertung von der Gewichtung wurde mit der Standardabweichung getestet. Dabei wurde das Gewicht eines Teilzieles um die Standardabweichung erhöht bzw. verringert unter gleichzeitiger neuer Normierung der Summe aller Gewichte. In Tabelle 2 sind die Resultate dieses Tests für die Strecke Yverdon-Avenches der N-1 zusammengestellt. Bei allen vorgenommenen Gewichtungen bleibt das Resultat der NWA gleich. Es ist somit bezüglich der Kommissionsgewichtung stabil und eindeutig.

durch. Bei dieser Bewertung konnte auf Nutzenfunktionen verzichtet werden. Für jedes Unterziel wurde anhand der Beschreibung der Projektwirkungen der Rang der Variante festgelegt. Die bessere Variante erhielt Rang 1, die schlechtere Rang 2. War die Beschreibung der beiden Varianten bei einem Unterziel ungefähr gleich, so wurde das betreffende Ziel weggelassen. Die NWA wurde mit diesen Rängen anstelle der Nutzwerte durchgerechnet. Als Resultat ergab sich eine gewichtete Rangsumme, wobei die Variante mit dem kleineren Wert im Vordergrund steht. Die Rangsummenbewertung bestätigte bei allen Strecken das Resultat der Hauptberechnung mit einer Ausnahme.

Bei der NWA muss bekannt sein, wie der Entscheidungsträger die einzelnen Ziele des Zielsystems *gewichtet*. Beim Gewichtungsvorgang gab jedes Kommissionsmitglied für die obersten drei Ebenen des Zielsystems an, wie wichtig

Als weiterer Test ausserhalb des veröffentlichten Schlussberichtes führte die Projektleitung auch eine NWA je Kommissionsmitglied durch, indem die persönliche Gewichtung jedes Mitgliedes in die NWA eingesetzt wurde. Als Resultat liegen je Teilstrecke 21 Gesamtbewertungen vor. Bei der N-1 sehen 19 Gesamtbewertungen V0 vor V1. Der Vorsprung der Nullvariante schwankt dabei zwischen 0,8 und 9,6 Punkten. Bei zwei Gewichtungen schneidet V1 um 2,6 bzw. 2,9 Punkte besser als V0 ab. Die Einzelbewertungen bestätigen somit voll das Resultat der NWA mit der gemittelten Gewichtung (V0 liegt 2,5 Punkte vor V1), was auch für die andern Teilstrecken gilt. Die Verwendung des Mittelwertes ist also durchaus repräsentativ.

Für jede Strecke wurden noch *zusätzliche Sensitivitätstests* durchgerechnet, bei denen die Ausgangsdaten oder die Variantendefinition verändert wurden. Daneben wurde auch der Einfluss von Mess- oder Schätzungsfehlern bei der Bestimmung der Indikatorwerte abgeschätzt. Für jeden Indikatorwert gaben die Sacharbeiter eine Fehlermarge an. Dieser Fehlerbereich wurde in Nutzenpunkte umgesetzt und mit dem Fehlerfortpflanzungsgesetz unter Berücksichtigung der Gewichtung hochgerechnet. Für den Gesamtnutzwert ergab sich somit ein Streubereich, in dem dieser wegen Messfehlern schwanken kann. Wenn sich die Streubereiche von verschiedenen Varianten nicht überlappen, so haben Messfehler keinen Einfluss auf das Resultat.

Die Nutzwertanalyse bei der Nationalstrassenüberprüfung führte bei allen Strecken zu *relativ kleinen Unterschieden zwischen den Varianten*, die auf folgende Punkte zurückzuführen sind:

- a) In der Hauptstudie standen sich die «beste» Bauvariante und die «beste» Nullvariante gegenüber. Grosse und vermeidbare Nachteile einer Variante wurden schon früher (Vorstudie) behoben (z.B. durch eine andere Linienführung, eine Überdeckung). Deshalb müssen die Bewertungen näher zusammenrücken.
- b) Das verwendete Zielsystem ist relativ umfassend und ausgewogen. Der Einfluss eines einzelnen Indikators auf die Gesamtbewertung ist deshalb nicht sehr gross. Zudem können sich Vor- und Nachteile kompensieren.
- c) Durch die Mittelbildung bei der Gewichtung werden extreme Gewichtungen ausgeglichen, wenn die Kommission ausgewogen zusammengesetzt ist. Dadurch hat keines der neun Teilziele einen überragenden Einfluss in der Gesamtbewertung. Die erwähnten Beispiele mit Einzelge-

Tabelle 2. Gewichtungsstabilität N-1, Yverdon-Avenches

TEILZIEL	GEWICHT	GEWICHT + STANDARDABWEICHUNG				GEWICHT - STANDARDABWEICHUNG			
		GEWICHT NEU	NW V0	NW V1	GEWICHT NEU	NW V0	NW V1		
VERKEHRSBED. HAUSHALTE	0,098	0,145	66,5	64,3	0,046	68,2	65,3		
VERKEHRSBED. WIRTSCHAFT	0,112	0,156	66,5	64,3	0,063	68,3	65,3		
INVESTITIONEN	0,086	0,120	67,5	64,5	0,049	67,1	65,1		
UNTERHALTSKOSTEN	0,090	0,129	66,7	63,9	0,047	68,0	65,8		
SICHERHEIT	0,143	0,188	68,0	65,8	0,092	66,6	63,6		
BEBAUTE UMWELT	0,100	0,130	68,0	65,5	0,068	66,6	64,0		
LANDSCHAFT	0,147	0,238	69,7	65,5	0,032	64,3	63,9		
BESIEDLUNG	0,112	0,148	66,8	64,5	0,073	67,9	65,1		
REGIONALWIRTSCHAFT	0,112	0,155	66,8	64,5	0,064	67,9	65,1		
HAUPTBERECHNUNG			67,3	64,8		67,3	64,8		

NW: GESAMTNUTZWERT V0: NULLVARIANTE
V1: BAUVARIANTE

wichtungen zeigen dagegen bedeutende Unterschiede zwischen den Varianten.

Trotz kleinen Differenzen kann die NWA ein klares und stabiles Resultat liefern. Ein solches liegt vor, wenn alle durchgeführten Tests in die gleiche Richtung weisen, also immer eine bestimmte Variante bevorzugen. Die Resultate der durchgeführten NWA sagen jedoch nichts aus über den absoluten Wert einer Variante. Dazu wäre eine absolute Verankerung aller Nutzenfunktionen notwendig (100 Punkte = absolut bester Fall), was jedoch bei der NUP nicht möglich war. Das Resultat der NWA sagt nur aus, ob eine bestimmte Variante 1 bei gegebenen Voraussetzungen eindeutig besser als eine Variante 2 zu beurteilen ist. Die NWA ergibt demnach für eine bestimmte Strecke eine Rangfolge der untersuchten Varianten. Labile Bewertungen ohne eindeutige Rangfolge können auch vorkommen und stellen auch ein Resultat dar.

Kosten-Nutzen-Analyse

Die Projektwirkungen wurden soweit möglich in Geld umgerechnet. Dabei wurden auch die sozialen Kosten, d.h. die Projektwirkungen, die der Allgemeinheit anfallen, berücksichtigt. Probleme ergaben sich bei den Auswirkungen, für die keine Marktpreise existieren (z.B. Bewertung von Zeiteinsparungen). In diesen Fällen wurden sogenannte *Schattenpreise* abgeleitet. Von besonderer Bedeutung sind in der KNA die Reisezeitgewinne.

Für die Ermittlung des *Nutzens von Zeitgewinnen* wurde das sogenannte «willingness to pay»-Prinzip (Zahlungsbereitschaft) angewendet. Die Kommission musste feststellen, wieviel jeder für die jeweiligen Zeiterparnisse maximal zu zahlen bereit ist. Da dieses Verfahren indessen kaum durchführbar ist, wurde mit indirekten Methoden gearbeitet. Einige dieser Methoden basieren auf der Idee, dass aus dem effektiven Verhalten der Verkehrsteilnehmer zuverlässigere Schlüsse gezogen werden können als aus einer Befragung derselben. In gewissen Fällen haben Reisende die Wahl, billig und langsam oder schnell und teuer zu reisen. Aus der statistischen Beobachtung der tatsächlichen Entscheidungen der Verkehrsteilnehmer kann dann unter bestimmten Voraussetzungen auf ihre mittlere Zeitwertung geschlossen werden. Aufgrund solcher Überlegungen wurden die heutigen Zeitwertansätze für Pendler-, Einkaufs- und Tourismusfahrten bestimmt. Für die Fahrzwecke Nutz- und Geschäftsverkehr wurde der mittlere Bruttostundenlohn für Arbeiter und Angestellte sowie der für Last-

wagenchauffeure verwendet. Diese Werte wurden für das Jahr 2000 prognostiziert und nachher regional angepasst, da in städtischen Agglomerationen Zeitgewinne höher als in wirtschaftlich schwächeren Regionen bewertet werden dürften. Tabelle 3 zeigt die für den Zustand 2000 verwendeten Ansätze.

Da die *Monetarisierung von Zeitgewinnen* nicht unumstritten ist, wurden in speziellen Sensitivitätsrechnungen bestimmte Änderungen vorgenommen:

- Es wurden einmal nur die Zeitgewinne von Pendler- und Nutzverkehrsfahrten monetarisiert, da der Wert der gewonnenen Zeit im Einkaufs- und Tourismusverkehr nicht auf einfache Weise in Geld ausgedrückt werden kann.
- Bewertet wird bei der Monetarisierung der Zeitgewinne nicht die Zeit an sich, sondern die in ihr ausgeübten Tätigkeiten. Sinnvolle alternative Verwendungen der Zeit sind bei kleinen Zeitgewinnen kaum möglich. In einem speziellen Test wurden deshalb kleine Zeitgewinne nicht bewertet. Der Schwellenwert schwankte dabei je nach Strecke und Fahrzweck zwischen drei und zehn Minuten.

Je nach Streckentyp ergaben sich bei diesen Sensitivitätsrechnungen grosse Änderungen beim Gegenwartwert. Bei der N-6 zum Beispiel nahm der Kostenüberschuss von 70 Mio. Franken auf rund 270 Mio. Franken zu, wenn Einkaufs- und Tourismusfahrten nicht monetarisiert wurden. Dagegen hatte die Einführung einer Zeitlimite im Falle der N-6 keinen grossen Einfluss auf den Gegenwartwert. Bei einem Schwellenwert von fünf Minuten beträgt der Kostenüberschuss rund 120 Mio. Franken. Die Einführung der Zeitgrenze veränderte dagegen bei den beiden städtischen Strecken den Gegenwartwert stark. So weist die Bauvariante der SN-1/SN-3 einen Nutzenüberschuss von 155 Mio. Franken bei der Monetarisierung aller Zeitgewinne auf (Diskontrate 4%). Bei einem Schwellenwert von drei Minuten ergab sich ein Kostenüberschuss von rund 140 Mio. Franken. Aus diesen beiden Beispielen liess sich die erste Schlussfolgerung ziehen: Das Resultat der KNA der N-6 ist bezüglich den untersuchten Einflüssen stabil; das der SN-1/SN-3 dagegen nicht, es ändert je nach den getroffenen Annahmen.

Die Bedeutung der *sozialen Diskontrate* ist bei langfristigen Projekten erheblich. Vereinfachend kann gesagt werden, dass eine niedrige Rate Grosszügigkeit gegenüber der zukünftigen Generation, eine hohe, eine stärkere Gegenwartbezogenheit verrät. Um den Einfluss der Diskontrate auf das Resultat

FAHRZWECK	ZEITWERTANSÄTZE FÜR					
	N-1	SN-1/3	N-4	N-6	N-7	N-9
PENDLER	18	19	19	16	16	19
EINKAUF	12	13	13	11	11	13
FREIZEIT	10	11	11	9.5	9.5	11
NUTZ	19	19	19	19	19	19
LKW	17	17	17	17	17	17

Tabelle 3. Zeitwertansätze für das Jahr 2000 in Franken

der KNA abschätzen zu können, beschloss die Kommission, zwei Diskontraten - 4% und 6% - anzuwenden.

Neben dem Überprüfen des Einflusses dieser beiden durch die KNA-Theorie bedingten Annahmen wurden auch bei diesem Bewertungsverfahren Tests durchgeführt, bei denen die Ausgangsgrössen verändert, die Varianten anders definiert und der Einfluss von Messfehlern berücksichtigt wurden. Erst wenn alle Tests zum gleichen Gesamtergebnis führten, konnte diese als eindeutig und stabil bezeichnet werden.

Bei den KNA gelang es nicht, alle Projektwirkungen vollständig zu monetarisieren. Insbesondere die Einflüsse auf die Umwelt und die Landschaft konnten nicht vollständig in Geld umgesetzt werden. Bei der Beurteilung des KNA-Resultates ist dies immer zu beachten. Das kann durch die Einbeziehung der NWA-Teilbewertungen für diese beiden Teilziele geschehen. Bei der N-6 ergab die KNA einen eindeutigen Kostenüberschuss für beide Bauvarianten. Die NWA-Teilbewertungen bebaute Umwelt und Landschaft (Bild 8) sehen die Nullvariante im Vordergrund. KNA und Teilbewertungen der nicht monetarisierten Teilziele weisen in die gleiche Richtung. Probleme bei dieser Betrachtungsweise stellten sich dort ein, wo die beiden nicht das gleiche Resultat ergaben. Eine eigentliche Konfliktsituation trat aber hinsichtlich der Gesamtbeurteilung bei den sechs untersuchten Teilstrecken nicht auf.

Fachtechnische Gesamtbewertung

NWA und KNA ergaben je ein Bewertungsergebnis, das in einer Reihenfolge der untersuchten Varianten bestand. Sensitivitätstests zeigten, ob die beiden Resultate stabil sind. In der Gesamtbewertung wurden die beiden Resultate miteinander verglichen. Sahen beide Verfahren die gleiche Variante im Vordergrund, und erwies sich diese Rangfolge als stabil, so wurde das Ergebnis der fachtechnischen Gesamtbewertung als eindeutig bezeichnet. Als Beispiel sei aus dem Schlussbericht NUP die fachtechnische Gesamtbewertung der N-7 zitiert (Seite 236):

«In den Hauptberechnungen ergeben sich bei beiden als Entscheidungshilfen verwendeten Bewertungsverfahren die glei-

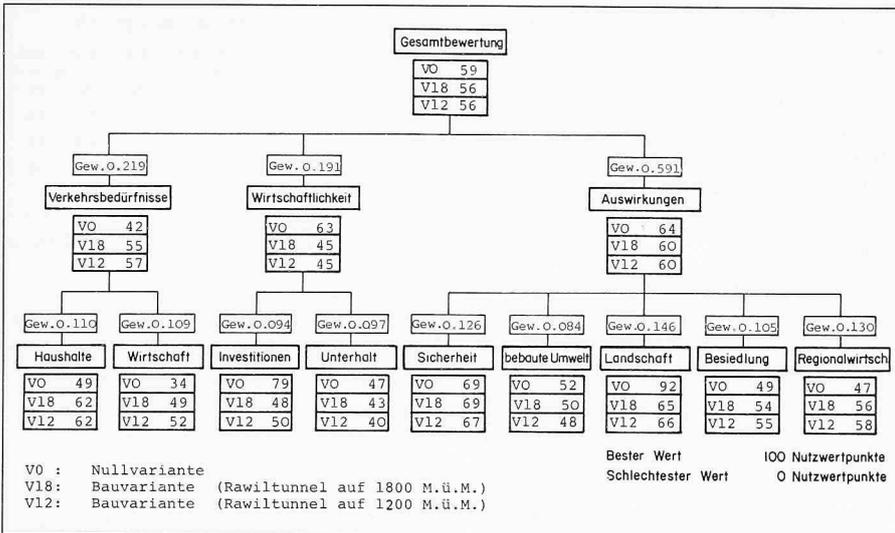


Bild 8. Resultat der Nutzwertanalyse für die N-6 Wimmis-Rawil-Uvrier

chen Resultate. Die Bauvarianten schneiden besser ab als die Nullvariante. Das Ergebnis der Nutzwertanalyse ist in allen durchgerechneten Fällen stabil. Bei der Kosten-Nutzen-Analyse trifft dies nicht zu. Das KNA-Ergebnis zugunsten der Bauvarianten kann also nicht als abgesichert betrachtet werden. Da die NWA aber als die umfassendere Bewertungsmethode anzusehen ist und die KNA nicht zu einer völlig anderen Aussage führt, sind in einer fachtechnischen Gesamtbeurteilung die Bauvarianten V1 und V2 der Minimalvariante VO vorzuziehen.»

Solche Ergebnisse dienen der Kommission nebst der Beschreibung der Vor- und Nachteile als Entscheidungsunterlage. Jedes Kommissionsmitglied zog daraus in eigener Verantwortung seine

Schlüsse, in die auch andere Gewichtungen der Projektwirkungen und weitere Überlegungen einbezogen wurden. Die abschliessenden Empfehlungen der Kommission an den Bundesrat wurden in dieser Zeitschrift bereits früher dargestellt [1].

Epilog

Die NWA und KNA haben sich bei der Nationalstrassenüberprüfung bewährt. Allerdings mussten die Grenzen der beiden Verfahren immer beachtet und der Einfluss der getroffenen Ausgangsdaten und der verfahrensbedingten Annahmen abgeschätzt und klar dargelegt

werden. Die Verfahren, so wie sie angewendet wurden, lieferten eine Rangfolge der beurteilten Varianten. Die Rangfolge wurde erst als klar und stabil bezeichnet, wenn die durchgeführten Tests diese bestätigten. Die Ergänzung der beiden Verfahren durch die Beschreibung der Projektwirkungen erwies sich als Vorteil, konnten doch damit methodenbedingte Nachteile von NWA und KNA umgangen werden.

Anmerkungen

- [1] «Schweizer Ingenieur und Architekt», 1982, Heft 7: 95-97.
- [2] Zangemeister, C. (1976): «Nutzwertanalyse in der Systemtechnik», 4. Auflage, München, Seite 45
- [3] Vilfredo Pareto (1848 - 1923), Professor für politische Ökonomie an der Universität Lausanne
- [4] Vgl. zur KNA-Theorie auch Mishan, E.J.: «Cost-Benefit-Analysis», (new and expanded edition), New York, 1976
- [5] Schlussbericht der Kommission zur Überprüfung von Nationalstrassenstrecken (NUP), Dezember 1981, Seiten 146 ff. (erhältlich bei der EDMZ in Bern)
- [6] Keller, D.A. (1982): «Zur Beurteilung von Grossprojekten der öffentlichen Hand», Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 8: 108-113.

Adresse des Verfassers: E. Meier, dipl. Ing. ETH/SIA, stellvertretender Projektleiter NUP, Institut für Verkehrsplanung und Transporttechnik, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.