

# **Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr**

**Analyses coûts/avantages du trafic routier**

**Cost benefit analysis for road projects**

**Ecoplan, Forschung und Beratung in Wirtschaft und Politik, Bern und Altdorf  
Heini Sommer, Dr. rer. pol.  
Christoph Lieb, Dr. rer. pol.**

**Metron Verkehrsplanung AG, Brugg  
Peter Marti, Dr. oec.publ., Volkswirtschaftler/SVI  
Samuel Waldvogel, lic.oec.publ., Volkswirtschaftler  
René Helg, Dipl. Ing. ETH/SVI, Informatiker NDSFH**

**Forschungsauftrag VSS 2000/342 auf Antrag des  
Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

# Impressum

Autoren: Ecoplan, Metron  
Titel: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr  
Untertitel: Kommentar zur VSS-Grundnorm  
Ort: Bern  
Jahr: 2005

## Begleitung seitens des Auftraggebers

VSS-Expertenkommission 2.02 Verkehrsplanung

Kay W. Axhausen, Prof. für Verkehrsplanung, Zürich (Präsident)

Georg Abay, Rapp Trans

Walter Berg, Ingenieur und Planungsbüro Walter Berg

Ralf Chaumet, Ernst Basler und Partner

Alain Cuche, Bundesamt für Strassen

Kurt Infanger, Bundesamt für Raumentwicklung

Jost Lüking, R+R Burger und Partner

Rico Maggi, Prof. für Verkehrsökonomie, Lugano

Kai Nagel, Prof. am Institut für wissenschaftliches Rechnen

François Reber, Neuenburg

Paul Widmer, Ingenieur und Planungsbüro Paul Widmer

## Projektteam Ecoplan

Heini Sommer (Gesamtprojektleitung)

Christoph Lieb (Hauptsachbearbeitung)

## Projektteam Metron

Peter Marti (Projektleitung Metron)

Samuel Waldvogel

René Helg

Der Bericht gibt die Auffassung der Autoren wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen des Auftraggebers oder der Begleitorgane übereinstimmen muss.

## Ecoplan

Forschung und Beratung  
in Wirtschaft und Politik

[www.ecoplan.ch](http://www.ecoplan.ch)

Thunstrasse 22

CH - 3005 Bern

Tel +41 31 356 61 61

Fax +41 31 356 61 60

[bern@ecoplan.ch](mailto:bern@ecoplan.ch)

Postfach

CH - 6460 Altdorf

Tel +41 41 870 90 60

Fax +41 41 872 10 63

[altdorf@ecoplan.ch](mailto:altdorf@ecoplan.ch)

## metron

Metron Verkehrsplanung AG

[www.metron.ch](http://www.metron.ch)

Stahlrain 2, Postfach 253

CH - 5201 Brugg

Tel +41 56 460 91 11

Fax +41 56 460 91 00

[info@metron.ch](mailto:info@metron.ch)

## Inhaltsverzeichnis

	<b>Impressum</b> .....	<b>2</b>
	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>7</b>
	<b>Résumé</b> .....	<b>9</b>
	<b>Summary</b> .....	<b>11</b>
<b>A</b>	<b>Allgemeines</b> .....	<b>13</b>
1	Geltungsbereich .....	13
2	Gegenstand .....	13
3	Zweck .....	13
4	Begriffe .....	13
5	Grenzen der Aussagekraft der KNA .....	14
5.1	Bewertung monetarisierbarer Auswirkungen .....	14
5.2	Bewertung nicht-monetarisierbarer Auswirkungen .....	19
5.3	Abgrenzung zur Umweltverträglichkeitsprüfung .....	21
6	Kommentar zur Norm .....	22
7	Stellung im Normenwerk des VSS .....	23
8	Liste der Detailnormen .....	23
<b>B</b>	<b>Typisierung der Projekte</b> .....	<b>23</b>
9	Typisierung der Projekte .....	23
<b>C</b>	<b>Ablauf einer Kosten-Nutzen-Analyse</b> .....	<b>27</b>
10	Ablauf einer Kosten-Nutzen-Analyse .....	27
<b>D</b>	<b>Projektdefinition</b> .....	<b>30</b>
11	Variantenbildung .....	30
11.1	Anforderungen an die Variantenbildung .....	30
11.2	Die Rolle der KNA in mehrstufigen Verfahren für eine Variantenwahl .....	31
11.3	Der Einfluss des Realisierungszeitpunkts auf die Variantenbildung .....	31
11.4	Behandlung von Reserveinvestitionen .....	32
11.5	Behandlung von provisorischen Massnahmen .....	33
12	Referenzfall .....	34
13	Betrachtungszeitraum .....	34
13.1	Übersicht über die Literatur .....	36
13.2	Anforderungen an die Wahl des Betrachtungszeitraums .....	38
13.3	Kriterien bei der Wahl des Betrachtungszeitraums .....	38
13.4	Festlegung .....	44

14	Abgrenzung des Untersuchungsraums.....	45
14.1	Literaturüberblick.....	46
14.2	Kriterien bei der Abgrenzung des Untersuchungsraums .....	47
14.3	Territorialprinzip vs. Wohnsitzprinzip .....	48
14.4	Festlegungen.....	49
15	Rahmenbedingungen.....	50
15.1	Sozioökonomische Rahmendaten .....	50
15.2	Raumentwicklung.....	50
15.3	Verkehrsentwicklung.....	50
15.4	Die Rolle der Politik.....	50
15.5	Vergleichbarkeit der Rahmenbedingungen in verschiedenen KNA.....	51
<b>E</b>	<b>Indikatorensystem .....</b>	<b>51</b>
16	Grundsatz.....	51
17	Kosten- und Nutzenindikatoren in einer KNA .....	51
17.1	Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr.....	56
17.2	Nettonutzen des Mehrverkehrs .....	63
17.3	Veränderung der MWST-Einnahmen im öffentlichen Verkehr.....	63
17.4	Auswirkungen auf den öffentlichen Strassen- und Schienenverkehr .....	64
17.5	Üblicherweise in der KNA nicht berücksichtigte Indikatoren.....	67
<b>F</b>	<b>Die Bildung von Teilbilanzen .....</b>	<b>70</b>
18	Grundsätzliches .....	70
18.1	Literaturüberblick.....	72
18.2	Festlegungen.....	72
19	Teilbilanzen nach sozioökonomischen Gruppen .....	73
19.1	Teilbilanz Staat („Staat als Betreiber“ und „übriger Staat“).....	73
19.2	Teilbilanz Benutzer.....	75
19.3	Teilbilanz Allgemeinheit .....	75
20	Räumliche Teilbilanzen.....	77
<b>G</b>	<b>Mengengerüst: Verkehrliche Auswirkungen.....</b>	<b>80</b>
21	Benötigte Verkehrsdaten in einer KNA .....	80
21.1	Modelltechnischer Ansatz .....	83
22	Zeithorizonte.....	85
23	Fahrzeugkategorien .....	87
24	Strassentypen .....	88
25	Zeitabschnitte.....	88
26	Ermittlung von Auswirkungen auf andere Verkehrsträger und Verkehrsmittel .....	90
27	Ermittlung der Auswirkungen auf die Verkehrsleistung .....	91

28	Ermittlung der Auswirkungen auf die Reisezeiten .....	91
29	Vereinfachte Abschätzung von Verkehrswirkungen .....	91
<b>H</b>	<b>Mengengerüst der übrigen Auswirkungen .....</b>	<b>92</b>
30	Baukosten .....	92
30.1	Reserven bzw. optimism bias .....	93
30.2	Aufteilung der Baukosten .....	99
30.3	Restwerte .....	102
31	Ersatzinvestitionen .....	102
32	Landkosten .....	103
33	Betriebs- und Unterhaltskosten der Strassen .....	104
34	Auswirkungen auf den öffentlichen Strassenverkehr .....	105
35	Reisezeitveränderungen .....	105
36	Nettonutzen des Mehrverkehrs .....	109
37	Betriebskosten Fahrzeuge .....	111
38	Veränderung der Zuverlässigkeit .....	112
39	Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr .....	112
40	Veränderung der MWST-Einnahmen im öffentlichen Verkehr .....	113
41	Unfälle .....	113
42	Lärm .....	114
43	Luftverschmutzung .....	114
44	Klima .....	114
45	Externe Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur .....	114
46	Bodenversiegelung .....	114
47	Landschafts- und Ortsbild .....	115
48	Nur in Teilbilanzen relevante Indikatoren .....	115
48.1	Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Stammverkehr .....	115
48.2	Finanzierungskosten .....	115
<b>I</b>	<b>Bestimmung des Wertgerüsts .....</b>	<b>116</b>
49	Grundregeln .....	116
49.1	Bewertungsmethode .....	116
49.2	Reale Preise und Preisstand .....	121
49.3	Faktorpreise .....	121
49.4	Örtliche Differenzierung .....	122
49.5	Durchschnitts- versus Grenzkostensätze .....	122
49.6	Entwicklung des Wertgerüsts über die Zeit .....	123

50	Reisezeitveränderungen .....	123
50.1	Reisezeitveränderungen im Personenverkehr .....	123
50.2	Reisezeitveränderungen im Güterverkehr .....	126
51	Betriebskosten Fahrzeuge .....	127
52	Veränderung der Zuverlässigkeit .....	128
53	Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr .....	128
54	Unfälle .....	129
55	Lärm .....	130
56	Luftverschmutzung .....	130
57	Klima .....	131
58	Externe Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur .....	131
59	Bodenversiegelung .....	131
60	Landschafts- und Ortsbild .....	131
<b>J</b>	<b>Bilanzierung von Kosten und Nutzen .....</b>	<b>132</b>
61	Vergleichszeitpunkt .....	133
62	Diskontsatz .....	133
63	Entscheidungskriterien .....	133
<b>K</b>	<b>Sensitivitätsanalysen .....</b>	<b>141</b>
64	Sensitivitätsanalysen .....	141
<b>L</b>	<b>Darstellung und Interpretation der Ergebnisse .....</b>	<b>146</b>
65	Darstellung der Resultate eines Projektes .....	146
66	Interpretation der Ergebnisse .....	148
66.1	Wahl der auszuführenden Projekte .....	148
66.2	Weiterentwicklung der auszuführenden Projekte .....	154
67	Entscheid unter Einbezug der Sensitivitätsanalysen .....	156
67.1	Bestimmung der Vorteilhaftigkeit eines Projektes .....	156
67.2	Bestimmung der Rangliste verschiedener Projekte .....	157
68	Darstellung und Interpretation der Teilbilanzen .....	159
68.1	Darstellung der Teilbilanzen .....	159
68.2	Interpretation der Teilbilanzen .....	162
69	Grenzen der Aussagekraft der KNA .....	163
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>164</b>
	<b>Anhang: Entwurf der Norm 641 820 .....</b>	<b>177</b>

## Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Forschungsarbeit ist es, die Grundlagen für die Norm SN 641 820 „Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr“ zu erarbeiten. Die Norm dient der Bewertung der volkswirtschaftlichen Effizienz von Infrastrukturprojekten, aber auch von verkehrspolitischen Massnahmen und Vorschriften.

Die Norm erlaubt eine einheitliche und nachvollziehbare Anwendung einer dynamischen Kosten-Nutzen-Analyse. Sie mindert den Aufwand der Erstellung einer Kosten-Nutzen-Analyse für ein bestimmtes Projekt, da alle grundsätzlichen Fragen bereits gelöst sind und für verschiedene Indikatoren die zu verwendenden Kostensätze in den Detailnormen gegeben sind.

Das Ergebnis einer Kosten-Nutzen-Analyse gibt Auskunft, ob sich die Realisierung eines Projektes im Vergleich zum Referenzfall aus Sicht der ökonomischen Effizienz lohnt, d.h. ob die volkswirtschaftlichen Nutzen des Projekts höher sind als dessen volkswirtschaftliche Kosten. Zusätzlich können mit der Kosten-Nutzen-Analyse verschiedene Projekte oder Projektvarianten miteinander verglichen werden und bezüglich ihrer Vorteilhaftigkeit in eine Rangfolge gebracht werden. Dies erlaubt es, die knappen finanziellen Mittel dort einzusetzen, wo der Nutzen am grössten ist.

Der vorliegende Forschungsbericht enthält den Kommentar zur Norm. Der Kommentar erläutert und belegt die Überlegungen, die zur Norm geführt haben. In gewissen Fällen erklärt der Kommentar, warum andere, denkbare Methoden nicht gewählt wurden. Falls notwendig, beschreibt der Kommentar gewisse Verfahren im Detail. Der Kommentar gibt auch Auskunft, wie einzelne wesentliche Fragen in ausländischen Bewertungssystemen geregelt sind.

In Norm und Kommentar werden zu folgenden wesentlichen Fragestellungen Festlegungen getroffen:

- verschiedene Typen von Projekten für Kosten-Nutzen-Analysen
- genereller Ablauf einer Kosten-Nutzen-Analyse
- Referenzfall, mit dem eine Projekt verglichen wird
- räumliche und zeitliche Abgrenzung des Projektes
- zu berücksichtigenden Indikatoren
- Bildung von Teilbilanzen
- Anforderungen an das Verkehrsmodell
- Anforderungen an die Wahl von Wertansätzen für die einzelnen Indikatoren (die konkreten Wertansätze werden in den Detailnormen SN 641 821 bis SN 641 828 gegeben)
- zeitliche und sachliche Aggregation der einzelnen Nutzen- und Kostenkomponenten und die Wahl des Entscheidungskriteriums als Resultat der Kosten-Nutzen-Analyse
- notwendige Sensitivitätsanalysen
- Rangliste verschiedener Projekte und Projektvarianten aus Sicht der Kosten-Nutzen-Analyse.

Bei der Erarbeitung der Norm wurde auf nationale und internationale Literatur abgestellt und diese teilweise selbstständig erweitert. Besonderes Gewicht wurde dabei auf folgende Fragestellungen gelegt (im Vergleich zu bisher in der Schweiz angewendeten Kosten-Nutzen-Analysen):

- Typisierung von Projekten: Je nach Projekttyp gilt eine unterschiedliche Bearbeitungstiefe.
- Betrachtungszeitraum: Die Nutzungsphase wird im Normalfall auf 40 Jahre festgelegt. Eine Normierung ist hier insofern wichtig, als in bisherigen Kosten-Nutzen-Analysen meist unterschiedliche Betrachtungszeiträume verwendet wurden.
- Festlegung der in einer Kosten-Nutzen-Analyse zu berücksichtigenden Indikatoren: Dabei gilt es zu bestimmen, welche Auswirkungen eines Projektes monetarisiert werden können. Dabei wurden auch die Grenzen der Kosten-Nutzen-Analyse aufgezeigt. Ausserdem wurde auch festgelegt, dass bestimmte Effekte, die bisher oft vernachlässigt wurden, zu berücksichtigen sind (Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr, Veränderung der MWST-Einnahmen im öffentlichen Verkehr und Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr).
- Bildung von Teilbilanzen: Teilbilanzen für Staat, Benutzer und Allgemeinheit oder räumliche Teilbilanzen zeigen auf, wie sich die Effekte eines Projektes verteilen.
- Verkehrliches Mengengerüst: Die Anforderungen an ein Verkehrsmodell, das wichtige Inputs in die Kosten-Nutzen-Analyse liefert, wurden erstmals festgeschrieben.
- Bei den Reserven auf die Baukosten wird neu berücksichtigt, dass international oft beobachtet wird, dass die wahren Kosten höher sind als die ursprünglich geplanten Kosten.
- Der Wahl des Entscheidungskriteriums und der Bildung einer Rangliste verschiedener Projekte – auch unter Einbezug der Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse – wurde besonders viel Aufmerksamkeit geschenkt, da diese Wahl von zentraler Bedeutung ist. Je nach Entscheidungssituation (Bauentscheid, Variantenwahl, Wahl Bauprogramm) wird der Nettobarwert, das Nutzen-Kosten-Verhältnis oder die Infrastrukturbudgeteffizienz (Verhältnis aus Nettobarwert und Belastung des Infrastrukturbudgets) empfohlen.

## Résumé

L'objectif du présent travail de recherche est d'élaborer les bases de la norme SN 641 820 "Analyses coûts / avantages dans le trafic routier". La norme sert à évaluer l'efficacité économique des projets d'infrastructures ainsi que des mesures ou prescriptions en matière de politique des transports.

Cette norme permet une utilisation uniforme et compréhensible d'une analyse coûts / avantages dynamique. Elle diminue l'effort nécessaire pour mener à bien l'analyse coûts/avantages d'un projet déterminé, car toutes les questions fondamentales sont déjà résolues et les coûts unitaires à utiliser sont donnés dans les normes de détail.

Le résultat d'une analyse coûts/avantages détermine si la réalisation d'un projet vaut la peine du point de vue de l'efficacité économique par rapport à un cas de référence, c'est-à-dire si les avantages économiques du projet sont plus importants que ses coûts. On peut de plus comparer divers projets ou variantes de projet entre eux grâce à l'analyse coûts / avantages et les classer en fonction de leur rentabilité. Cela permet d'utiliser les moyens financiers limités là où l'avantage est le plus grand.

Le présent rapport de recherche contient le commentaire sur la norme. Ce dernier explicite et justifie les raisonnements qui ont conduit à la norme. Dans certains cas, le commentaire explique pourquoi d'autres modèles imaginables n'ont pas été retenus. Si nécessaire, il décrit certains processus en détail. Il indique aussi la manière de traiter les diverses questions essentielles dans les systèmes d'évaluation étrangers.

On trouve dans la norme et dans le commentaire des prises de position sur les questions fondamentales suivantes :

- divers types de projets pour les analyses coûts / avantages
- déroulement général d'une analyse coûts / avantages
- cas de référence auquel on compare un projet
- délimitation spatio-temporelle du projet
- indicateurs à prendre en compte
- création de bilans partiels
- exigences en matière de modèle de trafic
- exigences quant au choix des valeurs pour les divers indicateurs (les valeurs concrètes sont données dans les normes de détail SN 641 821 à SN 641 828)
- agrégation temporelle et matérielle des diverses composantes des coûts / avantages et choix du critère de décision en tant que résultat de l'analyse coûts / avantages
- analyses de la sensibilité nécessaires
- classement des divers projets et variantes de projet du point de vue de l'analyse coûts / avantages.

Lors de l'élaboration de la norme, on s'est basé sur la littérature nationale et internationale, l'élargissant partiellement de manière autonome. Une attention particulière a été accordée ce faisant aux problèmes suivants (par rapport aux analyses coûts / avantages employées jusqu'ici en Suisse) :

- Normalisation des projets : un niveau de traitement différent existe selon le type de projet.
- Période considérée : la phase d'utilisation comprend normalement 40 ans. Il est important de la définir ici dans la norme car, jusqu'à présent, on prenait en considération des périodes diverses dans les analyses coûts / avantages.
- Détermination des indicateurs à utiliser dans une analyse coûts / avantages : il s'agit de déterminer quels effets d'un projet peuvent être monétarisés. Les limites de l'analyse coûts / avantages sont aussi indiquées ici. En outre, il est également constaté que certains effets, jusqu'alors souvent négligés, doivent être pris en compte (recettes des impôts sur les carburants et péages pour le surplus de trafic, modification des recettes de la TVA des transports publics et effets sur ces derniers).
- Création de bilans partiels : les bilans partiels pour l'Etat, les utilisateurs et la collectivité ou les bilans partiels spatiaux indiquent comment les effets d'un projet se répartissent.
- Tableau des performances du trafic : les exigences quant à un modèle de trafic fournissant des "inputs" importants d'une analyse coûts / avantages sont fixées pour la première fois.
- En ce qui concerne les réserves en matière de coûts de construction, on tient compte du fait que les coûts réels sont plus élevés que ceux planifiés à l'origine, ainsi qu'observé souvent sur le plan international.
- Une attention toute particulière a été portée au choix des critères de décision et au classement des divers projets - également en faisant appel aux résultats d'une analyse de la sensibilité - ce choix ayant une importance déterminante. Selon la situation en matière de choix (décision de construire, choix de variantes, choix d'un programme de construction), on recommande d'employer la valeur actuelle nette, le rapport avantages/coûts ou l'efficacité du budget d'infrastructure (le rapport entre la valeur actuelle nette et les charges du budget d'infrastructure).

## Summary

The aim of the present research is to lay the foundations for the Swiss norm SN 641 820 “Cost-benefit analysis in road traffic”. The norm serves to evaluate the economic efficiency of infrastructure projects as well as that of measures and regulations of traffic policy.

The norm allows a standardized and transparent application of a dynamic cost-benefit analysis. It reduces the effort to build a cost-benefit analysis for a certain project since all basic questions are already solved and since for several indicators the monetary values to be used are given in the detail norms.

The result of a cost-benefit analysis shows whether or not the realization of a certain project – as opposed to the reference case – is worthwhile from the point of view of economic efficiency, i.e. whether or not the economic benefits of the project are larger than its economic costs. Furthermore, with the help of the cost-benefit analysis several projects or projects schemes can be compared with each other and can be brought in a ranking list. This allows to invest the scarce financial resources where their benefit is largest.

The present report contains the commentary to the norm. The commentary explains and gives references to the considerations which have led to the norm. In some cases the commentary makes clear why other conceivable methods have not been chosen. If necessary the commentary describes certain procedures in detail. The commentary also shows how certain important questions are answered in the evaluation methods of foreign countries.

In the norm and the commentary the following important questions are settled:

- different types of projects in cost-benefit analysis
- the general course of different steps in a cost-benefit analysis
- the reference case with which a project is compared
- spatial and temporal demarcation of a project
- indicators to be included
- the formation of incidences (or partial balances)
- demands for the traffic model
- demands for the choice of the valuation method for the different indicators (the actual monetary values are given in the detail norms SN 641 821 to SN 641 828)
- temporal and functional aggregation of the single cost and benefit components and choice of decision criteria giving the result of the cost-benefit analysis
- necessary sensitivity analyses
- ranking list of different projects and project schemes from the point of view of cost-benefit analysis

In developing the norm national and international literature has been used and has partly been enlarged independently. Special emphasis has been put on the following questions (in comparison to cost-benefit analyses used so far in Switzerland):

- definition of different project types with different depth of treatment
- evaluation period: the phase of exploitation in normally 40 years. The standardization is important because in cost-benefit analyses so far different evaluation periods have been chosen.
- definition of the indicators to be included in a cost-benefit analysis: It must be decided, which effects of a project can be monetized. In doing so the boundaries of cost-benefit analyses are shown. Furthermore, it has been prescribed that certain effects, which have often been neglected so far, must be included (receipts from fuel tax and road tolls from newly generated traffic, change in receipts from value-added tax from public transport, and effects on public transport)
- formation of incidences: partial balances for government, users and general public or spatial partial balances allow to see, how the effects of a project are distributed.
- traffic outcomes: the demands for the traffic model, which generates important inputs for the cost-benefit analysis, are written down for the first time.
- When determining the contingencies on the construction costs it is taken into account that it is internationally often observed that the true costs are higher than the initially expected costs.
- Special attention has been given to the choice of the decision criteria and the formation of the ranking list of different projects – also taking into account the results of the sensitivity analyses – since this is of crucial importance. Depending on the situation of the decision maker (decision to build or not, choice of the best project scheme, choice of a construction program) the net present values, the benefit-cost ratio or the infrastructure budget efficiency (ratio of the net present value and the burden to the infrastructure budget) is recommended.

## A Allgemeines

Der vorliegende Kommentar erläutert und belegt die Überlegungen, die zur Norm SN 641 820: Kosten-Nutzen-Analysen (KNA) im Strassenverkehr geführt haben (Eine Entwurf der Norm befindet sich im Anhang). In gewissen Fällen erklärt der Kommentar, warum andere, denkbare Methoden nicht gewählt wurden. Falls notwendig, beschreibt der Kommentar gewisse Verfahren im Detail. Der Kommentar gibt auch Auskunft, wie einzelne wesentliche Fragen in ausländischen Bewertungssystemen geregelt sind.

Der Kommentar ist analog der Grundnorm aufgebaut, so dass jederzeit eine benutzerfreundliche Anwendung von Norm und Kommentar gewährleistet ist. Zu einigen Abschnitten in der Norm ist kein Kommentar notwendig. Trotzdem werden die entsprechenden Überschriften hier aufgeführt, damit die Abschnittsnummern in Norm und Kommentar identisch sind.

### 1 Geltungsbereich

In Europa gibt es meistens lediglich Vorschriften zur Bewertung von Bauprojekten, nicht aber für verkehrspolitische Massnahmen, Gebote oder Verbote. Die einzige uns bekannte Ausnahme ist Norwegen: Mit den norwegischen KNA-Leitlinien können Massnahmen, welche die generalisierten Transportkosten<sup>1</sup> verändern, ebenfalls bewertet werden.<sup>2</sup>

### 2 Gegenstand

Keine Ergänzungen zu den Ausführungen in der Norm.

### 3 Zweck

Mit Norm SN 641 820: Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr wird eine einheitliche und nachvollziehbare Anwendung der KNA im Strassenverkehr angestrebt. Ebenso führt die Norm zu einer Aufwandminderung und zu Erleichterungen bei der Durchführung von Kosten-Nutzen-Analysen während der Planung von Infrastrukturinvestitionen im Strassenverkehr.

### 4 Begriffe

Keine Ergänzungen zu den Ausführungen in der Norm.

---

<sup>1</sup> Unter den generalisierten Transportkosten versteht man die gewichtete Summe der entscheidungsrelevanten Ressourcenverbräuche (Zeiten, monetäre Kosten und Komforterlebnis).

<sup>2</sup> Minken et al. (2001), Cost benefit analysis of public transport.

## 5 Grenzen der Aussagekraft der KNA

### 5.1 Bewertung monetarisierbarer Auswirkungen

Die KNA ist die meistbenutzte Methode, um die direkt monetär anfallenden und die monetarisierbaren Effekte eines Projektes zu messen und um die wirtschaftliche Effizienz des Projekts zu bestimmen.<sup>3</sup> Die KNA ist jedoch nicht die einzige Methode, die eine Bewertung zulässt. Im Folgenden werden deshalb die in der heutigen Praxis gebräuchlichsten Bewertungsmethoden sowie ihre Vor- und Nachteile kurz vorgestellt.<sup>4</sup> Diese Bewertungsmethoden unterscheiden sich durch das Ausmass der Aggregation: Die Aggregation erlaubt es, die vorliegenden Informationen zu verdichten, so dass am Schluss nur noch eine oder wenige Kennziffern für den Entscheid relevant sind. Durch jede Aggregation geht Detailinformation und damit Transparenz verloren, dafür wird das System übersichtlicher und besser handhabbar. Die folgenden Ausführungen folgen im Wesentlichen ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte.

#### Wirkungsanalyse und Kosten-Wirksamkeits-Analyse

Die einfachste Bewertungsmethode ist die **Wirkungsanalyse**. Sie umfasst lediglich das Mengengerüst, indem sie die Indikatorenwerte in den ursprünglichen Einheiten belässt. Die Indikatoren verschiedener Projekte werden in einem Entscheid-Tableau einander systematisch gegenübergestellt.

Einen Schritt weiter geht die **Kosten-Wirksamkeits-Analyse (KWA)**. Um grössere und kleinere Projekte vergleichbar zu machen, werden zumindest die quantifizierten Wirkungen mit den Gesamtkosten des Projekts in ein Verhältnis gesetzt. Damit wird die Wirkung pro eingesetzten Franken berechnet, ohne die Wirkung monetär zu bewerten. Ein wichtiger Anwendungsbereich der KWA liegt bei Umweltschutzmassnahmen im Verkehr: Mit dieser Methode können die Schwierigkeiten der Monetarisierung der Wirkungen umgangen werden.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Hayashi und Morisugi (2000), International comparison of background concept and methodology of transportation project appraisal, S. 87.

<sup>4</sup> Einen guten Überblick über die verschiedenen Bewertungsmethoden in der Schweiz geben u.a. ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, Ecoplan (2000), ERKOS. Handbuch zur Erfolgskontrolle von Staatsbeiträgen des Kanton Bern, Cuche (2001), Prozessablauf zur Förderung nachhaltiger Strasseninfrastrukturprojekte und Jenni + Gottardi AG (1997), Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen. Für einen aktuellen Überblick aus europäischer Perspektive verweisen wir auf Giorgi und Tandon (2000), The Theory and Practice of Evaluation. Zu den Vor- und Nachteilen der unterschiedlichen Bewertungs- und Aggregationsmethoden äussern sich u.a. Grant-Muller et al. (1999), Economic Appraisal of European Transport Projects - the State of the Art revisited, Turro (2000), Evaluation of transport projects in the European Investment Bank und Beuthe (2000), Methods of transport projects evaluation.

<sup>5</sup> Für diesen Anwendungsbereich wurde im Auftrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure (SVI) von Infrac (1998) ein ausführlicher Forschungsbericht zum Vorgehen bei KWA für Umweltschutzmassnahmen im Verkehrsbereich erstellt.

Die KWA ist eine Bewertungsmethode, welche keine Aggregation der Daten vornimmt. Die Gesamtbeurteilung, bzw. die Gewichtung der verschiedenen Wirkungen bleibt voll und ganz den politischen Entscheidungsträgern überlassen.

Die KWA hat einige **Vorteile** gegenüber anderen Bewertungsmethoden: So können mit ihr alle Wirkungen erfasst werden, unabhängig davon ob sie monetarisierbar oder quantifizierbar sind oder nicht. In ihrer Anwendung ist die KWA sehr einfach; sie setzt neben der Erfassung der Indikatoren (Mengengerüst) keine weiteren Informationen oder Kenntnisse voraus. Diese Einfachheit bedeutet auch den Verzicht auf komplizierte Umrechnungs- und Gewichtungsmechanismen. Die einzelnen Teilwirkungen werden unverzerrt präsentiert.

Der Verzicht auf eine wie auch immer vorgenommene Aggregation hat aber gewichtige **Nachteile** zur Folge: Erstens lässt sich nur in Ausnahmefällen eine konsistente Rangierung der Projekte vornehmen, denn es ist sehr unwahrscheinlich, dass eine Variante bezüglich aller gemessenen Wirkungen allen anderen überlegen ist. Zweitens erlaubt die KWA keine Aussage über die Effizienz (Nutzen-Kosten-Verhältnis) eines Projektes.

Daraus ergibt sich, dass die KWA in der Regel weder einen konsistenten Vergleich verschiedener Projekte noch einen Bauentscheid (Ja/Nein) über ein einzelnes Projekt zulässt. Sie liefert dem Entscheidungsträger zwar eine grosse Informationsmenge zu einzelnen Wirkungen, aber sie bietet keine weiteren Grundlagen zur Gesamtbewertung eines Projekts.

### Vergleichswert-Analyse

Einen Schritt weiter als die Kosten-Wirksamkeits-Analyse geht die Vergleichswert-Analyse (VWA), indem sie die Indikatoren (Wirkungen) benotet. Dafür muss zunächst eine Notenskala festgelegt werden, die es erlaubt, ein Projekt mit einem Referenzfall (projektierter Zustand im Beobachtungszeitraum ohne bauliche Massnahmen) zu vergleichen. Häufig wird beispielsweise eine Skala von -3 (starke Verschlechterung) bis +3 (starke Verbesserung) gewählt. In einem zweiten Schritt wird nun jedem Indikator eine Note gemäss der gewählten Skala zugewiesen. Die VWA bringt also alle Indikatoren auf einen einheitlichen Nenner (Noten), verzichtet aber nach wie vor darauf, diese untereinander zu gewichten und zu aggregieren.

Es ist positiv, dass bei dieser Methode wiederum sämtliche Indikatoren in das Bewertungsverfahren einfließen können. Der zentrale **Vorteil** im Vergleich zur KWA ist aber die Vergleichbarkeit der Teilwirkungen dank der einheitlichen Notenskala. Die Datenvielfalt wird somit reduziert; die Vor- und Nachteile eines Projektes sind für den Entscheidungsträger klarer erkennbar.

Ebenso wie die KWA ist auch die Vergleichswert-Analyse nicht in der Lage, eine klare Rangfolge zwischen mehreren Projekten festzulegen. Die Frage, ob aus Effizienzüberlegungen ein Projekt umgesetzt werden soll oder nicht, kann ebenfalls nicht geklärt werden. Die bessere Vergleichbarkeit der Indikatoren wird zudem durch einen gewichtigen **Nachteil** erkauft: Die Beurteilung der Indikatoren durch Noten ist sehr anfällig für Verzerrungen: Ist eine Verbesse-

rung nun "stark" oder "sehr stark"? Es fehlt ein einheitlicher, allgemein akzeptierter Bewertungsmaassstab. Zudem versagt die VWA beim Vergleich von grossen und kleinen Projekten.

### Nutzwert-Analyse

Die **Nutzwert-Analyse** (NWA) funktioniert ähnlich wie die Vergleichswert-Analyse: Wiederum wird auf das Datengerüst der Kosten-Wirksamkeits-Analyse zurückgegriffen. Die NWA wird in einem Drei-Schritt-Verfahren durchgeführt:

- In einem ersten Schritt werden die Indikatorwerte (Wirkungen) in eine einheitliche Skala transformiert. Häufig in Punktzahlen zwischen -50 und +50, wobei 0 bedeutet, dass gegenüber dem Referenzfall keine Veränderung eintritt.<sup>6</sup> Dies geschieht anhand einer sogenannten Nutzwertfunktion. Auch die Kosten werden in Punkte umgewandelt.
- Im zweiten Schritt werden die Wirkungen untereinander gewichtet. Damit wird festgelegt, mit welchem Gewicht jeder Indikator in die Gesamtbeurteilung eingehen soll.
- Im dritten Schritt werden dann die Punktzahlen und Gewichtungen zu einem einzigen Nutzwert zusammengefasst (Aggregation).

Dieses Verfahren hat den **Vorteil**, dass der ermittelte Nutzwert eine eindeutige Rangierung von Projekten oder Projektvarianten anhand mehrdimensionaler Auswirkungen ermöglicht. Zudem kann die Nutzwert-Analyse auch Aussagen über die Effizienz eines Projektes machen: Ist der Nutzwert der Massnahme grösser als der Wert der Nullvariante, so überwiegen die Vorteile des Projektes und es soll realisiert werden. Mit der NWA ist weiterhin eine umfassende Bewertung möglich: Auch qualitative und nicht monetarisierbare Indikatoren können durch die entsprechende Gestaltung der Nutzwertfunktionen einbezogen werden.

Diese heute in der Praxis recht verbreitete Bewertungsmethode weist hingegen auch bedeutende **Schwächen** auf: Der subjektiven Einflussnahme auf das Endergebnis der Nutzwert-Analyse sind kaum Grenzen gesetzt. Erstens ist die Festlegung der Nutzwertfunktionen weitgehend ein Akt der Willkür, denn die Eckwerte (Maximum/Minimum) lassen sich nicht aus den zugrundeliegenden Zielen der Indikatoren herleiten, sondern werden arbiträr festgelegt.<sup>7</sup> Auch der meist gewählte lineare Verlauf der Nutzwertfunktion selbst entspricht wohl in den wenigsten Fällen der Realität. Zweitens gibt die NWA vor, dass eine Trennung zwischen der Bewertung durch den Experten und der Gewichtung durch die Politik machbar ist und damit

---

<sup>6</sup> Des öfteren schwankt die Punktzahl auch zwischen 0 und 100 Punkten, wobei 50 Punkte den Referenzfall darstellen. Diese Punktezuordnung ist jedoch weniger einleuchtend und kann zu Problemen führen, z.B. wenn die Punktzahl zu etwas anderem (z.B. den Investitionskosten) in Relation gesetzt wird (z.B. kann ein negativ zu bewertendes Projekt mit einem Nutzwert-Kosten-Verhältnis von 2 (40 Punkte und Investitionskosten von 20 Mio. CHF) besser dastehen als ein positiv zu bewertendes Projekt mit einem Nutzwert-Kosten-Verhältnis von 1.5 (60 Punkte und Investitionskosten von 40 Mio. CHF – mit Punkten zwischen -50 und +50 ergibt sich hingegen  $-0.5 = -10/20$  und  $+0.25 = 10/40$ ).

<sup>7</sup> Besonders kritisch ist der verbreitete Ansatz, Eckwerte durch Zuteilen des maximalen Nutzwerts an die in einer Dimension beste Variante und des minimalen Nutzwerts an die schlechteste Variante. Denn durch dieses Vorgehen können bei gewissen Indikatoren geringfügige Unterschiede im Auswirkungsspektrum zu ebenso grossen Nutzwert-Unterschieden führen wie riesige Auswirkungsunterschiede bei anderen Indikatoren.

einen Objektivitätsgewinn erreicht. Dabei wird oft übersehen, dass durch die Wahl der Eckwerte der Nutzenfunktion implizit bereits eine Gewichtung vorgenommen wurde, welche die ihrerseits subjektive Gewichtung der Indikatoren durch die Politik zusätzlich verfälscht.<sup>8</sup>

In letzter Zeit ist bei der NWA das Verfahren der monetären Äquivalenz aufgekommen.<sup>9</sup> Bei diesem Verfahren werden die Nutzwertfunktionen so gewählt, dass bei allen monetarisierbaren Indikatoren ein Franken gleich vielen Nutzenpunkten entspricht. Mit diesem Verfahren, das sehr stark auf der KNA beruht, gelten die oben erwähnten Schwächen bei den nicht monetarisierbaren Indikatoren weiterhin, bei den monetarisierbaren werden sie jedoch z.T. eliminiert. Durch die nachträgliche Gewichtung der Nutzenpunkte in der NWA ergibt sich jedoch bei einer NWA nicht dasselbe Ergebnis wie bei einer KNA, selbst wenn in beiden Methoden dieselben Indikatoren berücksichtigt werden. Die Gewichtung in der NWA ist für die monetarisierbaren Indikatoren abzulehnen, weil die volkswirtschaftlich korrekte Gewichtung bereits in den Monetarisierungssätzen enthalten ist.

Die NWA hat noch einen weiteren Nachteil: Dass die NWA auch den Kosten Nutzenpunkte zuweist, hat gleichzeitig eine implizite Monetarisierung aller übrigen Wirkungen zur Folge: Wenn Franken zu Punkten werden, werden auch Punkte zu Franken. Damit werden auch Wirkungen monetarisiert, welche als nicht monetarisierbar betrachtet werden.

Weiter ist der Vergleich von grossen und kleinen Projekten anhand der Nutzwertpunkte problematisch.<sup>10</sup> Eine Möglichkeit, diese Schwierigkeiten zu überwinden, besteht darin, die Indikatoren konsequent so zu gestalten, dass sich für grössere Projekte resp. grossflächigere Auswirkungen auch grössere Indikatorenwerte ergeben. Dazu müssten über alle Projekte hinweg identische Nutzwertfunktionen mit identischen Eckwerten verwendet werden.

Die Reduktion vielfältiger Teilwirkungen eines Projektes auf einen Nutzwert mag verlockend wirken. Dieser intellektuelle Erfolg gereicht der NWA in der politischen Auseinandersetzung jedoch zum Nachteil: Mit abstrakten Nutzwerten, unter denen man sich nichts vorstellen kann, lässt sich in der politischen Auseinandersetzung kaum argumentieren. Ausserdem vermittelt die NWA die Illusion, einen komplexen, mit vielfältigen Zielkonflikten behafteten Entscheidungsprozess durch eine wie auch immer errechnete Punktzahl ersetzen zu können.

### **Kosten-Nutzen-Analyse: Möglichkeiten und Grenzen**

Ebenfalls auf das Mengengerüst der Kosten-Wirksamkeits-Analyse greift die **Kosten-Nutzen-Analyse** (KNA) zurück. Das Ziel jeder KNA ist die ökonomische Bewertung: Die Effi-

---

<sup>8</sup> Ausserdem weigern sich Politiker oft, die Ziele zu gewichten oder es gibt endlose Debatten über die Zielgewichtung. Deshalb wird die Zielgewichtung oft vom Gutachter vorgenommen (Scholles (2001), Die Nutzwertanalyse und ihre Weiterentwicklung, S. 10).

<sup>9</sup> Vgl. z.B. Gottardi (2003), Nachhaltiger Verkehr.

<sup>10</sup> Üblicherweise wird dem Referenzfall 0 Nutzwertpunkte zugewiesen, während 50 Nutzwertpunkte das Maximum darstellt, das ein Projekt erreichen kann. Ein Ergebnis von z.B. 20 Punkten zeigt nun aber nicht auf, ob es sich dabei um eine relative Verbesserung im kleinen oder grossen Rahmen handelt.

zienz soll optimiert bzw. überprüft werden, d.h. ein Ziel soll mit möglichst geringem Mitteleinsatz erreicht werden.<sup>11</sup> Die KNA versucht, möglichst alle anfallenden Wirkungen zu monetarisieren, d.h. sie in Geldeinheiten auszudrücken. Das bedingt die Festlegung von monetären Werten für die in quantitativer oder qualitativer Form vorliegenden Indikatoren. Ein bekanntes und umstrittenes Beispiel ist die Bewertung eines Todesfalls bzw. eines verminderten Todesfallsrisiko bei der Berechnung von Unfallkosten. Zur abschliessenden Bewertung der Projekte bzw. Projektvarianten werden die Kosten und Nutzen in einer Kennzahl saldiert (vgl. Abschnitt J63)

Der wichtigste **Vorteil** der KNA ist die direkte Vergleichbarkeit unterschiedlicher Wirkungen durch die Transformation in Geldeinheiten, ohne aber - wie bei der Nutzwert-Analyse - eine arbiträre Gewichtung vornehmen zu müssen. Die Gewichtung ergibt sich bei der KNA implizit aus der Grösse der Beträge. Mit der KNA lassen sich über die Effizienz einer Massnahme (Ja/Nein-Entscheid) klare Aussagen treffen. Zudem bringt sie verschiedene Bauprojekte in eine eindeutige Reihenfolge.

Doch auch diese Methode ist nicht frei von **Schwächen**. Durch den Zwang der Monetarisierung aller Wirkungen werden bei der KNA auch Wirkungen geldmässig bewertet, für die keine Marktpreise zur Verfügung stehen. In diesen Fällen werden meist Bewertungssätze über Hilfskonstruktionen hergeleitet. Diese Ansätze sind aber stets nur grobe Annäherungen, die innerhalb einer mehr oder weniger grossen Bandbreite anderer Schätzungen zu liegen kommen. Auch hier besteht die Gefahr von Verzerrungen bzw. bewussten Manipulationen. Aber auch der Verzicht auf eine Bewertung stellt keine Lösung dar, da die Vernachlässigung eines Effekts mindestens so willkürlich ist wie seine Bewertung.

### Mischsysteme

Bei der Wahl einer Bewertungsmethode stehen nicht nur die beschriebenen vier "klassischen" Varianten offen. Durch die Kombination von zwei oder mehr Bewertungsmethoden erweitert sich das Spektrum von möglichen Bewertungsmethoden. So wird in den meisten Ländern eine "gemischte" Bewertungsmethode verwendet, bei welcher ein Teil der Auswirkungen monetarisiert, ein anderer Teil nur quantitativ oder qualitativ gemessen wird.<sup>12</sup> In den meisten Fällen kommt somit eine Mischform von Kosten-Nutzen- und Nutzwert-Analyse zur Anwendung, wenn auch in unterschiedlichen Ausprägungen. Manchmal wird auch eine KNA und eine NWA durchgeführt wie z.B. beim Zürcher Seetunnelprojekt oder bei der Bewertung der Bahn 2000, 2. Etappe.<sup>13</sup> Dies kann jedoch zu Problemen führen, wenn die beiden Methoden unterschiedliche Resultate ergeben und unklar ist, welches Ergebnis dann massgebend ist.

---

<sup>11</sup> Scholles (2001), Die Kosten-Nutzen-Analyse, S.1-2.

<sup>12</sup> Siehe z.B. Bristow und Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union, S. 54.

<sup>13</sup> ARGE Zürring (2002), ZMB Seetunnel / Stadttunnel Zürich und EBP (2001), 2. Etappe BAHN 2000. Bewertung der Angebotskonzepte.

Ein Beispiel für ein solches Mischsystem stellt NISTRA (Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte) dar (siehe auch [www.nistra.ch](http://www.nistra.ch)):

- In NISTRA fließen alle (relativ unbestritten) monetarisierbaren Effekte (rund 45% aller Indikatoren<sup>14</sup>, diese Indikatoren decken jedoch viele der wichtigsten Auswirkungen eines Projektes ab) in die KNA ein.
- Alle nicht monetarisierbaren Indikatoren, für die aber eine Nutzwertfunktion definiert werden kann, gehen in eine NWA ein. Dabei werden drei NWA durchgeführt, je eine für die drei Nachhaltigkeitsbereiche Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft.
- Einige zusätzliche, nicht quantifizierbare Auswirkungen des Projekts werden deskriptiv ausgewertet.

Mit der KNA werden lediglich die quantifizierbaren und gleichzeitig monetarisierbaren Indikatoren berücksichtigt. NISTRA dagegen stellt einen umfassenden Ansatz dar, in dem alle Indikatoren – auch nicht monetarisierbare und deskriptive Indikatoren – miteinbezogen werden.

### **Rolle der KNA**

Weltweit ist der Kern der meisten nationalen Bewertungsmethoden eine Kosten-Nutzen-Analyse. Dies dürfte auf den wesentlichen Vorzügen der KNA beruhen: Die KNA erlaubt die Gegenüberstellung verschiedener Auswirkungen eines Projektes, ohne dass dabei eine willkürliche Gewichtung nötig ist: Geld ist der „eingängigste Vergleichsmaßstab bei mehrdimensionalen Zielsystemen“.<sup>15</sup> Ausserdem ermöglicht die KNA den Vergleich verschiedener Projekte. Insbesondere für die Bewertung monetarisierbarer Auswirkungen ist die KNA klar die beste Bewertungsmethode.

## **5.2 Bewertung nicht-monetarisierbarer Auswirkungen**

Das Hauptproblem der KNA ist wie bereits erwähnt, dass gewisse Auswirkungen nur schwer oder gar nicht monetarisiert werden können. Die KNA hat zwar in den letzten Jahren dank den verbesserten Grundlagen für die Monetarisierung von Umwelteffekten an Bedeutung gewonnen. Die Monetarisierung bleibt jedoch vor allem für qualitative Indikatoren schwierig oder ist bisher (z.B. für raumplanerische Kriterien) noch überhaupt nicht gelöst. Werden diese verbleibenden nicht monetarisierbaren Auswirkungen nicht in die KNA aufgenommen, so ist dies gleichbedeutend mit einer Bewertung mit Null CHF. Eine alleinige Abstützung auf die KNA würde aus diesen Gründen für die Projektbeurteilung nicht unbedingt zu einem befriedigenden Ergebnis führen.

Es muss vielmehr das Ziel sein, zusätzlich nicht-monetarisierbare Effekte ausserhalb der KNA in die Bewertung mit einfließen zu lassen. Nicht monetarisierte Auswirkungen können

---

<sup>14</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 99.

<sup>15</sup> Scholles (2001), Die Kosten-Nutzen-Analyse, S. 15.

in einer reinen Wirkungsanalyse, einer NWA oder in einer deskriptive Beschreibung berücksichtigt werden.

Neben der KNA können nicht monetarisierbare Indikatoren im Rahmen der Norm SN 641 800 Beurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele berücksichtigt werden. Diese Norm basiert auf dem Bewertungssystem NISTRA (vgl. Abschnitt 5.1).<sup>16</sup> Wir verzichten in der vorliegenden KNA-Norm bewusst auf Vorgaben zum Umgang mit nicht-monetarisierbaren Auswirkungen

Ein kurzer Blick auf bestehende Bewertungssysteme von Verkehrsprojekten zeigt, dass in den verschiedenen Staaten unterschiedliche Methoden zum Einsatz kommen: KNA, Multikriterienanalysen, in denen die verschiedenen Indikatoren gewichtet und zu einem Endresultat aggregiert werden, sowie deskriptive Analysen, in denen nicht aggregiert wird. Vier EU-Staaten (Belgien, Griechenland, Holland und Österreich) verwenden eine Multikriterienanalyse, in der jedoch immer eine KNA enthalten ist. Alle anderen EU-Staaten verwenden eine KNA, die jedoch durch zusätzliche Indikatoren ergänzt wird. In allen EU-Staaten beruht die Evaluation also auf einer KNA, die noch durch weitere Indikatoren ergänzt wird.<sup>17</sup> Einzig Luxemburg verfügt innerhalb der EU über keine formelle Methode zur Evaluation von Verkehrsprojekten.

In den USA dominiert die KNA andere Bewertungsmethoden. Vor allem auf Bundesebene wird die KNA meist angewendet, aber auch die Staaten akzeptieren die KNA als Evaluationsmethode. Es gibt in den USA jedoch keine Vorschriften zur KNA, nur einige wenig detaillierte Empfehlungen, die nicht befolgt werden müssen.<sup>18</sup> Das japanische System basiert auf einer Multikriterien-Analyse. Die KNA dient lediglich dazu, Projekte mit schlechter Effizienz (gemessen am Nutzen-Kosten-Verhältnis oder am Nettobarwert) auszuschneiden. Dies ist aufgrund der gespannten finanziellen Lage in den letzten Jahren nötig geworden. Die Reihenfolge der Implementierung wird jedoch mit einer Multikriterien-Analyse festgelegt.<sup>19</sup> Auch in der Schweiz beruht die Evaluation von Grossprojekten bisher meistens auf einer KNA, die durch weitere Indikatoren ergänzt wird, die nicht monetär gemessen werden können.<sup>20</sup>

---

<sup>16</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte.

<sup>17</sup> Bristow und Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union.

<sup>18</sup> Lee (2000), Methods for evaluation of transportation projects in the USA.

<sup>19</sup> Morisugi (2000), Evaluation methodologies of transportation projects in Japan.

<sup>20</sup> Siehe z.B. Kommission zur Überprüfung von Nationalstrassenstrecken (NUP). Dezember 1981, Arbeitsgemeinschaft Güller/Infras (1983), Zweckmässigkeitsprüfung der neuen Eisenbahn-Haupttransversalen (NHT), Infras (1988), Neue Eisenbahn-Alpentransversale durch die Schweiz, Zweckmässigkeitsprüfung, Jenni + Gottardi AG (1997), Zweckmässigkeitsbeurteilungen von Strassenverkehrsanlagen, ARGE Züriring (2002), ZMB Seetunnel / Stadttunnel. Teilbericht Kosten-Nutzen Analyse und ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte.

### 5.3 Abgrenzung zur Umweltverträglichkeitsprüfung

In einer KNA wird nicht geprüft, ob gesetzliche Vorgaben (z.B. Grenzwerte der Luftreinhaltung) eingehalten werden, wie dies im Rahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) geschieht.<sup>21</sup> Während es bei der KNA um den Vergleich von Kosten und Nutzen geht und prinzipiell alle Bereiche der Nachhaltigkeit (Umwelt, Wirtschaft, Gesellschaft) berücksichtigt werden, dient die UVP dem Vorsorgeprinzip und beschränkt sich nur auf den Bereich Umwelt, behandelt diesen jedoch wesentlich detaillierter als eine KNA.

Tabelle 1 zeigt die wesentlichen Unterschiede zwischen der KNA und der UVP auf. Während die projektbedingte Zunahme des Lärms oder der Luftverschmutzung in der KNA monetär bewertet wird, überprüft die UVP, ob die gesetzlichen Grenzwerte eingehalten sind.<sup>22</sup> Die Reisezeitgewinne, die reduzierten Fahrkosten und die Investitionskosten, die alle in der KNA eine bedeutende Rolle spielen, werden in der UVP nicht berücksichtigt. Dafür werden die Umwelteffekte in einer UVP umfassender analysiert als in einer KNA, in der nicht alle Umwelteffekte monetarisiert werden können: In der KNA werden in der Regel der Gewässer-, Natur-, und Heimatschutz, die Fischerei und die Walderhaltung nicht bewertet, während diese Bereiche in der UVP untersucht werden.

Mit der UVP wird jede Variante eines Projektes einzeln untersucht – und zwar unabhängig vom Referenzfall und von den anderen Varianten. In einer KNA werden dagegen meist mehrere Varianten mit dem Referenzfall und untereinander verglichen, um die Bestvariante zu finden. Das Überschreiten eines Grenz- oder Schwellenwertes in der UVP kann dazu führen, dass zusätzliche flankierende Massnahmen nötig werden (Bewilligung unter Auflagen) oder dass das Projekt gar abgelehnt wird. Mit einer UVP lässt sich also feststellen, welche Varianten aus einer Vielzahl möglicher Varianten die gesetzlichen Vorgaben einhalten. Folglich können möglicherweise eine oder mehrere Varianten ausgeschlossen werden, es lässt sich aber – im Gegensatz zur KNA – keine Bestvariante bestimmen. Da die UVP frühzeitig in der Projektplanung erfolgt, schützt sie vor Fehlinvestitionen, da nach dem Bau nur noch teurere Abhilfemassnahmen möglich wären.<sup>23</sup>

In der KNA können negative Auswirkungen eines Projektes durch andere positive Auswirkungen ausgeglichen werden. In der UVP dagegen genügt im Prinzip die Überschreitung eines Grenzwertes um das Projekt auszuschliessen<sup>24</sup> – eine Kompensation mit anderen Grenzwerten, die (deutlich) unterschritten werden, ist nicht möglich. Mit einer KNA können deshalb irreversible Schäden nicht ausgeschlossen werden.

---

<sup>21</sup> Kleinere Projekte sind jedoch nicht UVP-pflichtig.

<sup>22</sup> Im Prinzip wäre es möglich, Grenzwerte in die KNA einzubauen, indem Überschreitungen von Grenzwerten mit unendlich grossen Strafen belegt werden. Dies wurde unseres Wissens aber nie in die Praxis umgesetzt.

<sup>23</sup> EDI (1986), Bericht zum Entwurf für eine Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV).

<sup>24</sup> In der Praxis gilt jedoch das Verhältnismässigkeitsprinzip, so dass Überschreitungen unter gewissen Voraussetzungen doch möglich sind. Häufig muss ein Projekt auch angepasst werden, um Umweltauswirkungen zu vermindern.

**Tabelle 1: Vergleich zwischen Kosten-Nutzen-Analyse und Umweltverträglichkeitsprüfung**

	KNA	UVP
Zunahme Lärm	Bewertung der dadurch verursachten Mietzinsausfälle	Einhaltung Lärmschutzvorschriften (Grenzwerte)
Zunahme Luftverschmutzung	Bewertung der Gesundheitskosten, Gebäude- und Vegetationsschäden	Einhaltung Luftbelastungsgrenzwerte
Kürzere Distanz	Bewertung der Reisezeit- und Fahrzeugkostensparnisse	keine Berücksichtigung
Investitionskosten	berücksichtigt	keine Berücksichtigung
Gewässerschutz und Fischerei	meist keine Berücksichtigung	Beurteilung der Zulässigkeit des Eingriffs
Natur- und Heimatschutz sowie Walderhaltung	meist keine Berücksichtigung	Beurteilung der Zulässigkeit des Eingriffs
Varianten	Vergleich meist mehrerer Varianten mit dem Referenzfall, Bestimmung der Bestvariante	Jede Variante wird einzeln betrachtet, keine Beachtung des Referenzfalls, Ausschluss von Varianten möglich
Kompensation	positive Auswirkungen können negative kompensieren	keine Kompensation möglich
Endergebnis	Gegenüberstellung Kosten und Nutzen, welche in Geldeinheiten bewertbar sind (keine Beurteilung von Umweltvorschriften)	Beurteilung der Umweltverträglichkeit bzw. der (Nicht-) Einhaltung von Umweltschutzvorschriften (keine Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen)

Das Endergebnis der KNA besteht in der Gegenüberstellung der monetarisierten Kosten und Nutzen, während eine UVP Aussagen zur Einhaltung oder Überschreitung von Grenzwerten des Umweltschutzes macht. Die KNA und die UVP haben demzufolge unterschiedliche Ziele und können einander nicht ersetzen, sondern ergänzen sich gegenseitig.

Auch in der EU und der USA werden Umwelteffekte mit Umweltverträglichkeitsprüfungen untersucht, die in der EU für grössere Projekte obligatorisch sind (EC Directives 85/337 und 97/11).<sup>25</sup>

## 6 Kommentar zur Norm

Keine Ergänzungen zu den Ausführungen in der Norm.

<sup>25</sup> Bristow und Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union, S. 56 und Lee (2000), Methods for evaluation of transportation projects in the USA.

## 7 Stellung im Normenwerk des VSS

Keine Ergänzungen zu den Ausführungen in der Norm.

## 8 Liste der Detailnormen

In den Detailnormen werden einzelne Vorgaben der Grundnorm präzisiert und das zu verwendende Mengen- und Wertgerüst wird gegeben. Dieses Vorgehen erlaubt es, die Detailnormen beim Vorliegen neuer Forschungsergebnisse zu aktualisieren ohne die Grundnorm anpassen zu müssen.

# B Typisierung der Projekte

## 9 Typisierung der Projekte

Massnahmen im Verkehr müssen und dürfen von der Sache her gesehen nicht typisiert werden. Die tangierten Ressourcen bleiben unabhängig von der Art der Massnahme dieselben. Erhebungsmethoden und Bewertung der Auswirkungen müssen daher in jedem Falle gleich sein. Es geht somit nicht darum, unterschiedliche Kosten-Nutzen-Analysen für verschiedene Projekttypen zu definieren.

Dennoch unterscheiden sich verschiedene Typen von Projekten hinsichtlich Ausgestaltung der KNA:

- der wichtigste Unterschied betrifft die Bearbeitungstiefe und die damit verbundenen Anforderungen an die Bearbeitenden
- ferner entstehen auch Unterschiede in formeller Hinsicht wie z.B. bzgl. der Wahl des Betrachtungszeitraums

Ziel ist es daher, festzustellen, aufgrund welcher Merkmale eines Projekts **in einzelnen Schritten der KNA unterschiedliche Ausgestaltungen nötig oder möglich sind**, im Sinne eines pragmatischen und wirtschaftlichen Umgangs mit der Methode KNA.

Folgende mögliche Typisierungsmerkmale sind denkbar:

- **Typisierung nach Verkehrsträger**
  - Strasse
  - Schiene
  - Strasse und Schiene

- **Typisierung nach Art der Massnahme**
  - **verkehrslenkende (-politische) Massnahmen**
  - **bauliche Massnahmen**
    - Neubau
    - Umbau/ Ausbau/ Rückbau
    - Reserveinvestition
    - Ersatzinvestition
- **Typisierung nach KNA-Stadium**
  - Vorstudie: Grobevaluation zur Auswahl der genauer zu untersuchenden Varianten
  - Hauptstudie: Feinevaluation der ausgewählten Varianten (i.d.R. Stufe Vorprojekt)
- **Typisierung nach Umfang des Projekts**
  - finanzieller Umfang
  - Ausmass der Verkehrsauswirkungen (z.B. Anzahl betroffene Fahrten)
    - erwartete Verkehrsauswirkungen (nachfrageseitig)
    - bereitgestellte (neue) Kapazitäten (angebotsseitig)
  - Dauer
    - Realisierungsdauer
    - permanente oder vorübergehende Massnahme<sup>26</sup>
- **Typisierung nach Art des Netzelements resp. nach Strassen-/ Knotentyp**
  - Netzelement vs. Knoten
  - Strassentyp
  - Knotentyp
  - *Eine* Relation oder grossräumige Massnahme
- **Typisierung nach Zeitpunkt der KNA**
  - ex ante
  - ex post

Diese möglichen Typisierungsmerkmale werden im Folgenden auf ihre Tauglichkeit und Zweckmässigkeit untersucht. Abgeleitet aus dieser Einschätzung wird ein Vorschlag präsentiert, nach welchen Projektmerkmalen Unterschiede in der Ausgestaltung der KNA zugelassen werden sollen. Folgende Überlegungen sind dabei entscheidend:

- Es ist anzustreben, dass das Instrument KNA in möglichst allen Projekttypen mit einem einheitlichen Vorgehen eingesetzt werden kann.
- Eine Unterscheidung von Projekttypen ist nur dann nötig, wenn unterschiedliche Ausprägungen bzgl. eines Typisierungsmerkmals Unterschiede bei der KNA zur Folge haben.

---

<sup>26</sup> Theoretisch ist jedes Projekt vorübergehend, da seine Lebensdauer beschränkt ist. Bei dieser Unterscheidung geht es daher um Massnahmen, welche als echte Provisorien (zeitlich befristet) eingeführt werden.

Tabelle 2: Typisierung der Projekte und Einschätzung bzgl. der Zweckmässigkeit

Typisierungsmerkmal	Einschätzung	Merkmal führt zu Unterschieden in folgenden Elementen der KNA
<b>Typisierung nach Verkehrsträger</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Strasse</i></li> <li>• <i>Schiene</i></li> </ul>	<p>Der Anwendungsbereich der KNA umfasst sämtliche Verkehrsträger. Der Verkehrsträger hat auf die Grundstruktur der KNA keinen Einfluss.</p> <p>Die vorliegende Grundnorm beschränkt sich auf den Verkehrsträger Strasse, wobei die KNA so aufgebaut ist, dass eine Ausweitung des Anwendungsfeldes auf Schienenprojekte möglich bleibt.</p>	nicht relevant
<b>Typisierung nach Umfang des Projekts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>finanzieller Umfang</i></li> <li>• <i>Umfang der Verkehrsauswirkungen (Anzahl betroffene Fahrten)</i></li> </ul>	<p>Der Umfang eines Projekts bestimmt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ob eine KNA-Pflicht besteht oder lediglich eine KNA empfohlen wird (Minimalgrösse).</li> <li>• die Komplexität: Je grösser, desto mehr Ziele und Auswirkungen sind relevant und müssen detailliert betrachtet werden.</li> <li>• die Bearbeitungstiefe: z.B. die Frage, welche Anforderungen an die Verkehrsmodellierung zu stellen sind</li> </ul> <p>Die Grösse eines Projekts lässt sich bei baulichen Massnahmen in aller Regel gut durch die Investitionskosten abbilden. Vor allem bei verkehrsorganisatorischen Massnahmen können jedoch auch bei sehr geringen Investitionskosten sehr viele Personen und Fahrten betroffen sein. Daher werden zur Definition des Projekttyps beide Kriterien (Investitionskosten, Anzahl betroffene Fahrten) herangezogen. Ein Projekt gehört zur „grösseren“ Kategorie, wenn mindestens eines der Kriterien dafür erfüllt ist<sup>27</sup>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>kleine und mittlere Projekte</b> mit Investitionskosten bis 50 Mio. Fr. oder mit maximal 50'000 von einer Veränderung des Verkehrsregimes direkt betroffene Fahrzeuge pro Tag</li> <li>• <b>regionale Grossprojekte</b> mit Investitionskosten von 50 bis 500 Mio. Fr. oder bis 500'000 von einer Veränderung des Verkehrsregimes direkt betroffene Fahrzeuge pro Tag</li> <li>• <b>überregionale und nationale Grossprojekte</b> mit Investitionskosten über 500 Mio. Fr. oder mehr als 500'000 von einer Veränderung des Verkehrsregimes direkt betroffene Fahrzeugen pro Tag</li> </ul> <p>Bei mehreren Projektvarianten ist immer diejenige Variante mit den grössten Kosten bzw. Verkehrsauswirkungen für die Zuteilung massgebend.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KNA-Pflicht ja/nein</li> <li>• Generelle Bearbeitungstiefe (vgl. Detailnormen)</li> <li>• Anforderungen an Verkehrsmodellierung (vgl. Kapitel G)</li> </ul>

<sup>27</sup> Die Festlegung der Grenzen stützt sich neben Erfahrungswerten auch auf eine Auswertung der Strasseninfrastrukturprojekte, welche im Kanton Aargau im Jahr 2001 auf ihre Priorität überprüft wurden. Es zeigte sich, dass keines der in diesem Rahmen geprüften 23 kantonalen Projekte (davon 2 Projekte mit je 4 Untervarianten) eine Zuteilung zur grössten Projektklasse rechtfertigt, da es sich bei sämtlichen Projekten um Projekte mit lokaler oder maximal regionaler Dimension handelte. 5 Projekte können als regionale Grossprojekte bezeichnet werden (z.B. Staffeleggzubringer mit Verkehrsbefreiung der Altstadt von Aarau, Kernumfahrung Aarburg, Kernumfahrung Ennetbaden). Die Grenze von CHF 50 Mio. Investitionskosten kristallisierte sich als geeignete Trenngrösse zwischen regionalen Grossprojekten und der Gruppe der kleineren und mittleren Projekte heraus.

Typisierungsmerkmal	Einschätzung	Merkmal führt zu Unterschieden in folgenden Elementen der KNA
<b>Typisierung nach Stadium der Evaluation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Grobevaluation (Vorstudie)</b></li> <li>• <b>Feinevaluation (Hauptstudie)</b></li> </ul>	<p>Das <b>Projektstadium</b> stellt eine weitere Dimension dar, welche zu Unterschieden in der KNA führen kann. Dies betrifft vor allem die <b>Bearbeitungstiefe</b>: Es ist klar, dass bei einer KNA im Rahmen einer Grobevaluation zur Auswahl von weiter zu verfolgenden Varianten (Aufgabe: aus 20 Möglichkeiten die 5 besten auswählen) nicht in der gleichen Bearbeitungstiefe erfolgen kann wie bei der definitiven Variantenwahl<sup>28</sup>. Ferner ist zu berücksichtigen, wie mit Fragen, welche im Rahmen einer Vorstudie noch offen sind (z.B. Linienführung), umgegangen werden soll.</p> <p>Für die zu erarbeitende Grundnorm sollen folgende Massnahmentypen unterschieden werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Grobevaluation (Vorstudie)</b></li> <li>• <b>Feinevaluation (Hauptstudie)</b></li> </ul>	<p>Generelle Bearbeitungstiefe: Zahl und Detaillierung der Indikatoren, Erhebungsaufwand, Anforderungen an Verkehrsmodellierung etc.</p>
<b>Typisierung nach Art der Massnahme</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>bauliche Massnahmen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Neubau</li> <li>- Umbau/ Ausbau/ Rückbau</li> <li>- Reserveinvestition</li> <li>- Ersatzinvestition</li> </ul> </li> <li>• <b>verkehrsorganisatorische Massnahmen</b></li> </ul>	<p>Der Anwendungsbereich der KNA umfasst sämtliche Arten von Massnahmen im Strassenverkehr. Für die Grundnorm ist eine Unterscheidung nach folgenden Massnahmentypen relevant:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>bauliche Massnahmen (Infrastruktur)</b></li> <li>• <b>verkehrsorganisatorische Massnahmen</b></li> </ul> <p>Unterschiede entstehen in Bezug auf die Projekttypisierung nach Projektumfang (siehe oben) und vor allem in Bezug auf die Wahl des Betrachtungszeitraums:</p> <p>Der Betrachtungszeitraum muss bei verkehrsorganisatorischen Massnahmen in vielen Fällen viel kürzer gewählt werden als bei Infrastrukturmassnahmen, weil sich bei solchen Massnahmen innert kurzer Zeit neue Gleichgewichte im Verkehrsverhalten und sekundäre Effekte einstellen, die nicht mehr kausal der ursprünglichen Massnahme zugeordnet werden können.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definition des Projekttyps nach Projektumfang (vgl. oben)</li> <li>• Betrachtungszeitraum (vgl. Abschnitt D13)</li> </ul>
<b>Art der baulichen Massnahmen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Reserveinvestition</b></li> <li>• <b>Ersatzinvestition</b></li> </ul>	<p><b>Reserveinvestitionen</b> sind insofern speziell zu behandeln, als dass die erwarteten Nutzenströme mit einer Eintretenswahrscheinlichkeit kleiner 1 multipliziert werden müssen. Der Umgang mit Reserveinvestitionen muss jedoch im Rahmen der Variantenbildung und der Investitionskostenberechnung kommentiert werden. Reserveinvestitionen müssen separat ausgewiesen werden.</p> <p><b>Ersatzinvestitionen</b> sind als Kosten einer Massnahme in der KNA zu berücksichtigen.<sup>29</sup> Bei einem (späteren) einzelnen Entscheid über die Wirtschaftlichkeit einer Ersatzinvestition kann gleich vorgegangen werden wie bei jeder Investition. Es entstehen keine gesonderte Anforderungen an die KNA.</p>	<p>nicht relevant</p>

<sup>28</sup> Oft stellt sich auf dieser Stufe die Frage, welche Variante innerhalb einer „Variantenfamilie“ (z.B. unter allen offenen Linienführungen, allen Tunnelvarianten etc.) die beste ist. Hierfür reicht es aus, nur die diskriminierenden Indikatoren zu betrachten, z.B. „Kosten“ und „Landschaftseingriffe“, wenn sie sich bez. „Lärm“ und „Luftbelastungen“ nicht unterscheiden.

<sup>29</sup> Dasselbe gilt auch für **Unterhaltsarbeiten**. Auch diese müssen in einer sauberen KNA beim Bau einer Infrastruktur bereits berücksichtigt werden und sollten daher keine neuerliche KNA nach sich ziehen. Sie stellen somit ebenfalls keinen eigenständigen Projekttyp dar.

Typisierungsmerkmal	Einschätzung	Merkmal führt zu Unterschieden in folgenden Elementen der KNA
<b>Typisierung nach zeitlichem Umfang</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Realisierungsdauer</i></li> <li>• <i>permanente oder vorübergehende Massnahme</i></li> </ul>	<p>KNA sollen für Projekte jeglichen zeitlichen Umfangs zur Verfügung stehen. Auch vorübergehende Massnahmen oder Provisorien müssen nicht speziell behandelt werden (ausser dass bei Ihnen der Betrachtungszeitraum kürzer ist). Deren Behandlung wird jedoch bei der Variantenbildung speziell beleuchtet (vgl. Abschnitt D11.5)</p> <p>Für die Struktur und Tiefe einer KNA spielt der zeitliche Umfang keine Rolle, zumal dieser in der unterschiedlichen Berücksichtigung zeitlich divergierender Kosten- und Nutzenströme bereits abgebildet wird.</p>	nicht relevant
<b>Typisierung nach Art des Netzelements resp. nach Strassen-/ Knotentyp</b>	<p>Der Anwendungsbereich von KNA umfasst sämtliche Arten von Massnahmen, unabhängig von ihrer Stellung im Netz. Es gibt keinen Grund, bei verschiedenen Netzelementen eine unterschiedliche Struktur oder Tiefe einer KNA vorzusehen.</p>	nicht relevant
<b>Typisierung nach Zeitpunkt der KNA</b> (ex ante vs. ex post)	<p>KNA sollen sowohl ex ante als auch ex post angewendet werden können. Der Zeitpunkt hat auf die Struktur der KNA keinen Einfluss. Der einzige Unterschied betrifft die der KNA zugrunde liegenden Daten, welche ex ante aus Prognosen und ex post aus tatsächlichen Messungen bestehen.</p>	nicht relevant

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es im Zusammenhang mit der vorliegenden Grundnorm ausreichend ist, sich auf die **Unterscheidung zwischen baulichen und verkehrsorganisatorischen Massnahmen, nach Projektstadium sowie nach Projektumfang (finanziell resp. nach Anzahl betroffener Fahrten)** zu beschränken. Anleitungen für die KNA werden dort, wo dies nötig ist, nach diesen Projekttypen unterschieden.

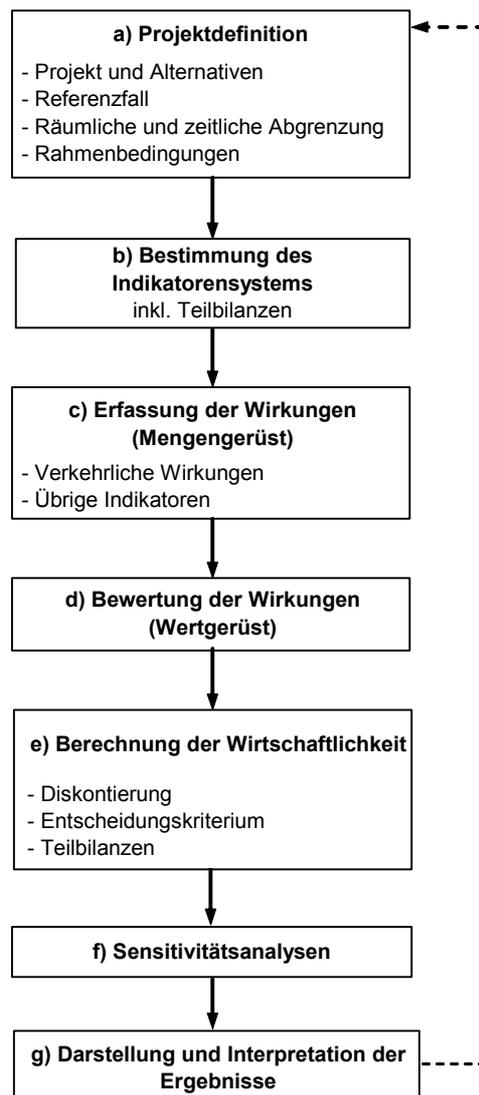
## C Ablauf einer Kosten-Nutzen-Analyse

### 10 Ablauf einer Kosten-Nutzen-Analyse

Im Folgenden wird das in der Norm festgeschriebene Ablaufdiagramm – das in Grafik 1 nochmals abgebildet ist – kurz mit Vorschlägen aus der internationalen Literatur verglichen. Im Allgemeinen ist festzustellen, dass die meisten KNA mehr oder weniger nach dem in der Norm vorgeschriebenen Ablaufdiagramm erfolgen, da dies der logische Ablauf ist. Die Abweichungen vom Ablaufdiagramm sind meist klein.

In einigen Ablaufdiagrammen werden einzelne Schritte in zwei oder mehrere Teilschritte aufgeteilt (z.B. in Österreich,<sup>30</sup> vgl. auch Scholles<sup>31</sup>) oder mehrere Teilschritte werden zusammengefasst (z.B. USA<sup>32</sup>). Die Projektdefinition wird häufig weniger ausführlich besprochen (z.B. in Österreich, USA). Die mögliche Rückkopplung von der Interpretation der Ergebnisse zur Definition neuer Varianten wird in allen betrachteten Ablaufdiagrammen vernachlässigt.

**Grafik 1: Ablaufdiagramm einer KNA**



<sup>30</sup> Arbeitsgruppe Grundlagen des Verkehrswesen (2001), Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen. Entscheidungshilfen RVS 2.22, S. 15.

<sup>31</sup> Scholles (2001), Die Kosten-Nutzen-Analyse, S. 3-4 und Scholles (2001), Die Nutzwertanalyse und ihre Weiterentwicklung, S. 2-3.

<sup>32</sup> Lee (2000), Methods for evaluation of transportation projects in the USA, S. 42.

Abay (1984, S. 126-127) schlägt ein ähnliches Ablaufdiagramm vor. Er trennt nicht nach Mengen- und Wertgerüst, sondern nach verschiedenen Indikatorengruppen. Zudem sieht Abay als zweitletzten Schritt (vor der Interpretation der Ergebnisse) zusätzlich eine Berechnung der Verteilungswirkungen vor. In unserer Darstellung erfolgt die Berechnung der Teilbilanzen im Schritt Berechnung der Wirtschaftlichkeit.

Die EU hat für den Ausbau der Transportwege in Osteuropa (TINA) ein Ablaufdiagramm entwickelt, das etwas stärker von der vorliegenden Norm abweicht.<sup>33</sup> Das Mengen- und Wertgerüst werden hier nicht sauber getrennt. Es wird vielmehr zwischen Kosten und Nutzen unterschieden. Vor der Berechnung der Wirtschaftlichkeit gibt es noch einen weiteren Teilschritt Interpolation und Extrapolation, in dem das Mengen- und Wertgerüst, die möglicherweise nur für das Eröffnungsjahr und einzelne Prognosejahre vorliegen, für alle Jahre des Betrachtungszeitraumes berechnet (d.h. interpoliert bzw. extrapoliert) werden. In unserem System geschieht dies innerhalb der Schritte Mengen- und Wertgerüst.

Ein ähnliches Verfahren verwendet die EU bei der Analyse von Kosten und Nutzen bei Grossprojekten.<sup>34</sup> Es weicht von der Norm ebenfalls in einigen Punkten ab. Der erste Schritt der Projektdefinition wird bei EU-Grossprojekten aufgeteilt: Zuerst muss das Projekt bestimmt werden, dann müssen die Ziele, die mit dem Projekt verfolgt (oder vom Projekt tangiert) werden, festgelegt werden und schliesslich sind verschiedene Projektalternativen zu bilden und es ist zu klären, ob diese Alternativen – was die Bautechnik und die Umweltverträglichkeit anbelangt – durchführbar sind. Damit wird jedoch der Rahmen der eigentlichen KNA gesprengt. Anschliessend ist der Betrachtungszeitraum zu wählen. Anstatt die Aufteilung in Mengen- und Wertgerüst wird für EU-Grossprojekte eine Aufteilung in (volks- und betriebswirtschaftliche) Kosten und Nutzen verwendet.<sup>35</sup>

Aus diesem Literaturüberblick zeigt sich, dass die verwendeten Verfahren – mit Ausnahme der EU-Vorschläge – weitgehend mit dem Ablaufdiagramm der Norm übereinstimmen. Die Vorschläge der EU enthalten wichtige Elemente (Bautechnik, Umweltverträglichkeit), die aber nicht unmittelbar zu einer KNA gehören. Zusätzlich ist die in den EU-Vorschlägen enthaltene Zusammenlegung von Mengen- und Wertgerüst für ein möglichst nachvollziehbares Bewertungsverfahren wenig hilfreich. Insgesamt bestätigt also der Literaturüberblick das Ablaufdiagramm der Norm.

---

<sup>33</sup> European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 14.

<sup>34</sup> Europäische Kommission (1997), Anleitung zur Kosten-Nutzen-Analyse von Grossprojekten, S. 16-32.

<sup>35</sup> Bei den EU-Grossprojekten wird neben der KNA auch noch eine Finanzanalyse verlangt, in der gezeigt werden muss, dass die Finanzierung des Projektes gesichert ist. Ausserdem sind Auswirkungen, die nicht monetarisiert werden können, ebenfalls zu berücksichtigen.

## D Projektdefinition

### 11 Variantenbildung

Die Bildung und Definition von Vergleichsvarianten ist ein zentraler Aspekt einer rationalen Investitionsplanung. Die Suche nach der besten Variante eines Projekts im Rahmen einer KNA steht und fällt damit, dass diese Bestvariante überhaupt in die Evaluation mit einbezogen wird.

Je umfangreicher ein Projekt, desto komplexer ist die Variantenbildung. Varianten werden dann oft in zwei- oder mehrstufigen Verfahren bestimmt. Dieses Vorgehen stellt die Frage nach der Anwendung der KNA und deren Bearbeitungstiefe.

#### 11.1 Anforderungen an die Variantenbildung

Generell muss gelten, dass in die Endauswahl immer **eine überschaubare Anzahl möglichst unterschiedlicher Varianten** einbezogen werden. Die einzelnen Varianten müssen einem **lokalen Maximum** entsprechen sollten (vgl. diesbezüglich auch Abschnitt 11.3).

Die **Null- oder allenfalls Null-Plus-Variante** (Referenzfall) muss immer berücksichtigt werden (vgl. Abschnitt 12), da die positiven oder negativen Auswirkungen eines Projekts immer im Vergleich zum Referenzfall ermittelt werden.

Das **Auswirkungsspektrum** der in sich optimalen Varianten in der Endauswahl muss sich **grundsätzlich** unterscheiden. Es ist nicht zulässig, dem Referenzfall einzig mehrere in ihren Auswirkungen sehr ähnliche Varianten gegenüberzustellen, wenn auch weitere Varianten mit gänzlich anderen Auswirkungen in Frage kommen. D.h. es müssen **alle relevanten** Alternativen berücksichtigt sein. Dies betrifft insbesondere auch den Projektumfang. Wenn die Ausführung von bestimmten Etappen eines Projekts auch einzeln möglich ist, sollen diese **in sich geschlossenen Teiletappen** zusätzlich auch als eigenständige Varianten untersucht werden. Wenn immer möglich muss ein ausschliesslicher Alles- oder Nichts-Vergleich vermieden werden.

Im Sinne eines optimalen Mitteleinsatzes sollen auch **unterschiedliche Arten von Massnahmen** geprüft werden. Insbesondere sind bei Infrastrukturausbauprojekten auch verkehrspolitische oder -organisatorische Massnahmen oder Ausbauten eines alternativen Verkehrsträgers als Alternative zu prüfen.

Es sind auch nicht nur verschiedene Varianten einer neuen Strasse zu untersuchen, sondern es ist auch ein **Aus- oder Umbau der bestehenden Strassen** zu prüfen.<sup>36</sup>

---

<sup>36</sup> Lee (2000), Methods for evaluation of transportation projects in the USA, S. 43.

Alle **flankierenden Massnahmen**, ohne die das Projekt nicht durchführbar ist oder ohne die der Nutzen des Projekts massiv beeinträchtigt wird, müssen ebenfalls im Projekt enthalten sein.<sup>37</sup> Hingegen soll bei flankierenden Massnahmen, welche nicht zwingend nötig sind, zusätzlich eine Variante ohne diese als „nice-to-have“ zu bezeichnenden flankierenden Massnahmen gebildet werden.

## 11.2 Die Rolle der KNA in mehrstufigen Verfahren für eine Variantenwahl

Grundsätzlich sind an die Vorauswahl von Varianten dieselben Anforderungen zu stellen wie an die Hauptevaluation. Aufwandüberlegungen setzen einer gleichen Behandlungstiefe jedoch Grenzen und eine Gleichbehandlung ist oft sachlich auch nicht unbedingt notwendig. Eine Vorauswahl zur Bestimmung von Hauptvarianten umfasst oft Untervarianten einer gleichen Linienführung, z.B. zur Optimierung von Umwelteffekten. Von einem solchen Variantenfächer ist zu erwarten, dass er kaum etwas an den verkehrlichen Auswirkungen ändert. Die gesamte Nutzenseite ist deshalb gegenüber solchen Untervarianten nur geringen Unterschieden ausgesetzt.

Die Wahl einer optimalen Untervariante, die zur Hauptvariante wird, kann deshalb auf die Betrachtung der Kostenseite beschränkt werden. Was die Infrastrukturkosten anbetrifft ist oft nicht einmal eine dynamische Betrachtung notwendig, weil mit einer vergleichbaren Verteilung der Kostenströme in der Zeit gerechnet werden kann.

Schwieriger ist der Fall, in dem in einer Vorauswahl auch zwischen unterschiedlichen Linienführungen (dazu gehören auch gleiche Linienführungen aber mit unterschiedlichen Verknüpfungen mit dem bestehenden Netz) unterschieden wird. Für diesen Fall wären Verkehrsmodellergebnisse notwendig. Dieser Aufwand wird kaum je geleistet. Es bleibt nichts anderes übrig, als mittels Plausibilitätsüberlegungen die wichtigsten Kosten- und Nutzenströme abzuschätzen und allenfalls auf einfache Art zu bilanzieren.

## 11.3 Der Einfluss des Realisierungszeitpunkts auf die Variantenbildung

Der Nutzen eines Projekts ist in vielen Fällen abhängig vom Zeitpunkt der Realisierung.

Fall i: Der Ausbau einer Strasse, auf der heute noch keine Staus bestehen, bringt heute noch keine Reisezeiteinsparungen. Der Ausbau derselben Strasse kann jedoch 10 Jahre später durchaus grosse Reisezeiteinsparungen bringen, da dannzumal aufgrund des (exogenen) Verkehrswachstums Staus entstehen werden. Es ist möglich, dass diese erst in Zukunft anfallenden Reisezeit-Einsparungen so gross sind, dass sich bereits heute die Realisierung des Projekts bei einem Vergleich mit dem Referenzfall lohnt.

Fall ii: Eventuell reicht für die nächsten 10 Jahre eine kleine, günstige Massnahme (z.B. der Ausbau von Standspuren zu weiteren Fahrspuren) aus, um die Verkehrsprobleme in diesem

---

<sup>37</sup> European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 4.

Zeitraum zu lösen. Weil für alle Varianten jedoch dieselben Zeiträume betrachtet werden, kann es durchaus sein, dass diese für die nächsten 10 Jahre genügende Massnahme schlechter abschneidet als eine Grossinvestition (z.B. eine Umfahrungsstrasse), welche das Problem für den ganzen Betrachtungszeitraum löst.

In beiden Fällen wird die kurzfristig optimale Wahl (in Fall i „vorläufig nichts tun“, in Fall ii: „die kleine Massnahme“) dadurch bestraft, dass sie längerfristig ungenügend ist. Optimal könnte eine Variante sein, in welcher das umfangreichere Projekt zu einem späteren Zeitpunkt realisiert wird und in der während der ersten Jahre noch keine Massnahme oder eine kleine (Übergangs-) Massnahme getroffen wird.

Für jede Variante gilt, dass ihr Barwert und ihr Nutzen-Kosten-Verhältnis eine Funktion der Zeit der Inbetriebnahme sind. Zu unterschiedlichen Zeitpunkten der Inbetriebnahme kann immer eine andere Variante Bestvariante sein. Das Problem ist nicht einfach zu lösen. Lösungsansätze sind:

- Wenn der heutige Verkehrszustand erst mittelfristig grosse Nutzen einer Investition erwarten lässt: Es werden in der KNA mehrere eigenständige Varianten der gleichen Variante bearbeitet, die sich nur durch den Zeitpunkt der Inbetriebnahme unterscheiden.
- Wenn ersichtlich ist, dass zwar heute bereits Massnahmen nötig sind, mit einer Maximallösung jedoch noch zugewartet werden kann: Es können kombinierte Varianten eingeschlossen werden, welche zuerst kleine Massnahmen und erst später eine grössere Investition vorsehen.
- Oder die Bestvariante wird im Nachhinein bezüglich des Zeitpunkts der Inbetriebnahme optimiert – so wie für sie weitere flankierende Massnahmen zur Steigerung der Nutzen und/oder Senkung der Kosten gesucht werden.

Der Vorteil des letzten Vorgehens ist, dass die Variantenzahl in der KNA geringer gehalten werden kann. Sein Nachteil besteht aber darin, dass andere, möglicherweise bessere Varianten ausgeschlossen bleiben (vgl. aber Abschnitt L66.2).

Welcher Lösungsansatz letztlich gewählt wird, kann nicht allgemein festgelegt werden. Unter Umständen muss das Risiko beim letztgenannten Vorgehen in Kauf genommen werden. Die Optimierung im Nachhinein dürfte dadurch erleichtert werden, als sowohl die Verkehrsmo- dellergebnisse wie die Kosten- und Nutzenströme der Bestvariante Hinweise auf einen möglicherweise besseren Zeitpunkt der Inbetriebnahme liefern. Aus diesem Punkt resultieren demzufolge keine Verpflichtungen an die Erstellung der KNA, wohl aber an die Weiterbearbeitung der Bestvariante.

Dieser Fragenkomplex ist auch eng mit der Frage optimaler Investitionsprogramme („Verkehrswegepläne“) verbunden.

#### **11.4 Behandlung von Reserveinvestitionen**

Eine besondere Betrachtung bei der Variantenbildung benötigen Reserveinvestitionen. Reserveinvestitionen sind Vorinvestitionen im Rahmen eines Projektes A, die aber eigentlich

Teil eines anderen Projektes B sind, welches eventuell zu einem späteren Zeitpunkt gebaut wird. Kommt eine Reserveinvestition in Betracht, dann müssen **zwei Varianten mit und ohne Reserveinvestition** gebildet werden.

Dadurch wird sichergestellt, dass ein Vergleich der Varianten mit und ohne Reserveinvestitionen erfolgt und nicht optionale Reserveinvestitionen als unumgängliche Bestandteile eines Projekts eingeschlossen werden.

Grob gesagt muss der Nutzen einer solchen vorgezogenen Realisierung höher sein als die vorgezogenen Kosten. Der Nutzen der vorgezogenen Realisierung wird berechnet, indem die Kostenersparnis zum dannzumaligen (ev. fernen) Zeitpunkt mit der Wahrscheinlichkeit  $0 < p < 1$  der Realisierung multipliziert wird. Diese Grösse muss auf die Gegenwart (resp. den Vergleichszeitpunkt der KNA) abdiskontiert werden.

Andererseits kann, wenn die Wahl dieser Eintretenswahrscheinlichkeit entscheidend ist für die Auswahl der besten Variante, berechnet werden, mit welcher Wahrscheinlichkeit diese Reserveinvestitionen zur Nutzung gelangen muss, damit die Variante mit Reserveinvestitionen genauso gut abschneidet wie die Variante ohne Reserveinvestition.

## 11.5 Behandlung von provisorischen Massnahmen

Prinzipiell sind Provisorien gleich zu behandeln wie jede andere Massnahme. Ein Problem entsteht jedoch, wenn Unsicherheit darüber herrscht, ob ein Provisorium in der Tat zu einem späteren Zeitpunkt ersetzt oder abgebrochen wird, weil die theoretische Lebensdauer des Provisoriums die geplante Nutzungsdauer übertrifft. Es ist somit unklar, wie lange das Provisorium in der Tat genutzt werden wird.

Dieser Unsicherheit kann insofern begegnet werden, als dass bei der Variantenbildung mehrere Varianten mit unterschiedliche potentiellen Nutzungsdauern angenommen werden (inkl. Unterhalt- und Ersatzinvestitionen sowie eventuelle Abbruch- oder Rückbaukosten bei Erstellung des Folgeprojekts). Zu diesen Varianten muss auch diejenige gehören, in der das Provisorium nie ersetzt wird. Dieses Vorgehen hat verschiedene Vorteile:

- Im Vergleich mit der Referenzvariante wird ersichtlich, wie lange ein Provisorium genutzt werden muss, damit es sich lohnt, überhaupt ein Provisorium zu installieren und nicht auf jegliche Massnahmen zu verzichten.
- Ferner wird ersichtlich, welche Nutzungsdauer (resp. welcher Zeitpunkt für ein Folgeprojekt) am günstigsten ist.

Das Folgeprojekt selbst erscheint in der KNA für das Provisorium nur insofern, als dass eventuell Abbruch- oder Rückbaukosten für das Provisorium notwendig werden, wenn das Folgeprojekt erstellt wird.

Ob sich das Folgeprojekt lohnt, ist (evtl. zu einem späteren Zeitpunkt) in einer eigenständigen KNA zu prüfen. (Falls das Provisorium gebaut wird, wird dieses dann Teil des Referenzfalls.)

## 12 Referenzfall

Die positiven und negativen Auswirkungen eines Projekts werden immer im Vergleich zum Referenzfall ermittelt. Die KNA beruht also auf einem Mit-Ohne-Vergleich. Die Mit-Fälle sind ein „Zustand der Welt“ mit einem Projekt resp. Projektvarianten. Referenzfall und Projektfall müssen für den gesamten Betrachtungszeitraum bis zum gewählten Stichjahr definiert sein. Der Ohne-Fall wird als Referenzfall bezeichnet und muss in der KNA immer berücksichtigt werden.

Die Definition des Referenzfalles ist zentral bei einer KNA. Als Referenzfall ist diejenige Entwicklung zu wählen, die eintreffen würde, falls **die zu untersuchende Massnahme nicht** getroffen wird. Der Referenzfall ist ein „**Verzichtfall**“. Er darf auch keine Alternativen zur geplanten Massnahme enthalten. Dies wäre sofort eine Alternativ-Variante für die zu untersuchende Massnahme.

Die einzige mögliche Ausnahme zu dieser Definition des Referenzfalls stellen Situationen dar, in denen der Ist-Zustand (resp. dessen Fortschreibung in die Zukunft) **gesetzliche Bestimmungen verletzt** - eine Veränderung also **zwingend vorgeschrieben** ist. Dann muss diejenige Ausbauvariante als Referenzfall verwendet werden, welche eine Situation mit den **geringfügigsten Änderungen** (z.B. dem geringsten Aufwand) in eine gesetzeskonforme Situation überführt<sup>38</sup>.

Der Referenzfall ist selbst ebenfalls dynamisch und entwickelt sich über die Zeit: Der Referenzfall unterliegt den unabhängig vom Projekt eintreffenden Entwicklungen der Rahmenbedingungen (z.B. Wirtschaftswachstum, Verkehrswachstum etc.). Dies schliesst insbesondere die Vollendung bereits im Bau befindlicher (Strassen- oder Schienen-) Projekte ein. Ebenso sind bereits beschlossene, rechtlich und finanziell gesicherte Projekte, welche **unabhängig von der mit der KNA untersuchten Fragestellung** getätigt werden, ebenfalls einzubeziehen.<sup>39</sup> Diese Einschränkungen sind sehr wichtig: Bei der Finanzierung muss die Projektfinanzierung gesichert sein, eine Programmfinanzierung (bspw. FINÖV) reicht nicht aus.

## 13 Betrachtungszeitraum

Die Wahl des Betrachtungszeitraumes hat Einfluss auf verschiedene zentrale Aspekte einer KNA. Durch die Wahl des Betrachtungszeitraums wird definiert, welche zeitlich versetzten Kosten- und Nutzenströme in die Analyse einbezogen werden. Der gewählte Betrachtungszeitraum beeinflusst somit das Ergebnis einer KNA.

---

<sup>38</sup> Dieses Vorgehen ist oft entscheidend. Gelegentlich werden ein Referenzzustand und eine teure Ausbauvariante einander gegenübergestellt, wobei der Referenzzustand aus rechtlichen Gründen als nicht machbar erklärt wird, so dass die teure Ausbauvariante unumgänglich erscheint.

<sup>39</sup> Department of Transport(2002) Economic Concepts in COBA, S.2/1 f.

Neben diesem direkten Einfluss auf das Ergebnis hat die Wahl des Betrachtungszeitraums auch Einfluss auf weitere zentrale Aspekte einer KNA:

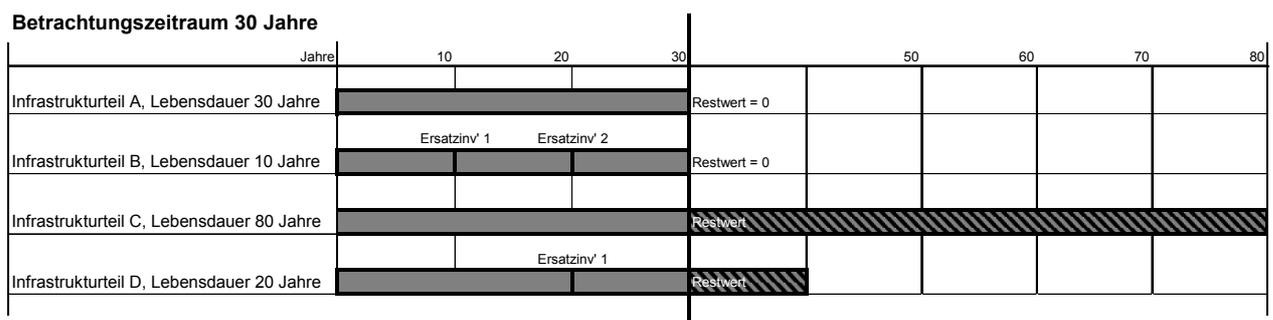
- **Auf die Anforderungen an die Modellbildung für die Bestimmung des Mengengerüsts**

Je länger der Betrachtungszeitraum, desto grösser ist der notwendige Prognosezeitraum und desto höher sind die qualitativen Anforderungen an die Modellbildung.

- **Auf die Frage von Ersatzinvestitionen und Restwerten**

Bei allen Teilen einer Infrastruktur, deren Lebensdauer nicht gleichzeitig mit dem Ende des Betrachtungszeitraums endet, sind Anpassungen nötig. Wenn die Lebensdauer eines Teiles der Infrastruktur kleiner als der Betrachtungszeitraum ist, sind Ersatzinvestitionen einzuplanen. Ist hingegen die Lebensdauer grösser als der Betrachtungszeitraum, ist der Restwert dieses Infrastrukturateiles zu berücksichtigen. Dies wird mit der folgenden Abbildung verdeutlicht.

**Grafik 2: Einfluss des Betrachtungszeitraums auf Restwerte und Ersatzinvestitionen**



Die Lebensdauer von Teil A entspricht genau dem Betrachtungszeitraum. Es sind weder Ersatzinvestitionen nötig, noch besteht ein Restwert. Für Teil B sind nach 10 und 20 Jahren Ersatzinvestitionen einzuplanen. Ein Restwert besteht hingegen nicht, da der Betrachtungszeitraum ein Vielfaches der Lebensdauer ist. Die Lebensdauer von Teil C ist länger als der Betrachtungszeitraum, daher sind keine Ersatzinvestitionen nötig und es besteht ein Restwert. Teil D muss nach 20 Jahren erneuert werden, weil der Betrachtungszeitraum jedoch kein Vielfaches der Lebensdauer ist, besitzt die Ersatzinvestition am Ende des Betrachtungszeitraums noch einen Restwert. Auf Ersatzinvestitionen und Restwerte wird in den Abschnitten H30.2 und H31 eingegangen.

Daneben besteht auch ein enger Zusammenhang zwischen **Diskontsatz** und Betrachtungszeitraum. Je tiefer der Diskontsatz, desto mehr fallen zukünftige Kosten und Nutzen ins Gewicht und desto eher sollte ein langer Betrachtungszeitraum gewählt werden.

### 13.1 Übersicht über die Literatur

Ein Blick in die Literatur zeigt, dass grosse Unterschiede in der Wahl des Betrachtungszeitraum bestehen. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über methodische Festlegungen in verschiedenen europäischen und aussereuropäischen Bewertungssystemen.

Der Betrachtungszeitraum schwankt zwischen 15 Jahren und unendlich, wobei ein Betrachtungszeitraum von z.B. 15 Jahren bedeutet, dass **zuzüglich zur Bauphase** 15 Jahre betrachtet werden. In Deutschland soll nach dem Bundesverkehrswegeplan<sup>40</sup> der Betrachtungszeitraum „dem gewogenen Durchschnitt der Lebensdauern der einzelnen Projektbestandteile“ entsprechen. Als Begründung dafür wird angegeben, dass sich „mit dieser Vorgehensweise der Ansatz von Re-Investitionen sowie von Restwerten am Ende des Betrachtungszeitraumes erübrige.“ Dies trifft zu, weil der gewichtete Durchschnitt der Lebensdauern als mit dem Umfang der einzelnen Projektbestandteile gewichtetes harmonisches Mittel berechnet wird. Hingegen wird in den Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen (EWS) ein Bewertungszeitraum von 20 Jahren festgelegt.

**Tabelle 3: Betrachtungszeitraum und Diskontsatz in internationalen Bewertungssystemen**

	Belgien	Deutschland (EWS)	Deutschland (BVWP)	England (COBA)	EU (Grossprojekte)	EU (TINA)	Frankreich	Japan	Österreich (RVS)	Schweden	USA
Betrachtungszeitraum (Jahre)	unendlich	20	gew. Ø Lebensdauer	30	25 – 30	30	30 – unendlich	30 – 50	15	40 – 60	20
Diskontsatz	4%	3%	3%	6%	5%	5% – 10%	8%	4%	3%	4%	3% – 10%

Quellen: ECMT (2001), Assessing the Benefits of Transport, S. 30 (Belgien, England, Frankreich, Schweden), EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 10 (Deutschland EWS), BVBW (2003), Bundesverkehrswegeplan 2003 (Deutschland BVWP), Department for Transport (2002), Economic Concepts in COBA, S. 5/1 und 4/1 (England), Europäische Kommission (1997), Anleitung zur Kosten-Nutzen-Analyse von Grossprojekten, S. 21, 28 und 40 (EU), European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 14 und 18, Quinet (2000), Evaluation methodologies of transportation projects in France, S. 29 (Frankreich), Morisugi (2000), Evaluation methodologies of transportation projects in Japan, Arbeitsgruppe Grundlagen des Verkehrswesen (2001), Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen (Österreich), Lee (2000), Methods for evaluation of transportation projects in the USA, S. 48-49 (USA), Litman (2002), Transportation Cost and Benefit Analysis, S. 4-4 (USA).

In der COBA (England und Wales) werden lediglich die Nutzenströme der dem Bau folgenden 30 Jahre berücksichtigt, weil spätere Perioden stark abgezinst werden (Diskontsatz 6%) und weil die Effekte nach diesen 30 Jahren unsicher sind.<sup>41</sup>

<sup>40</sup> BVBW (2003), Bundesverkehrswegeplan, S.20.

<sup>41</sup> Department for Transport (2002), Economic Concepts in COBA, S. 5/1.

In Belgien, als Land mit dem längsten Betrachtungszeitraum, wird davon ausgegangen, dass sich die Effekte in den ersten 30 Jahren verändern und dann konstant bleiben. Die Diskontierung erfolgt anschliessend über einen unendlichen Zeithorizont (Barwert der ewigen Rente der jährlichen Kosten und Erträge).

Ein Blick in die Schweizer KNA-Praxis zeigt, dass auch hierzulande die Betrachtungszeiträume z.T. beträchtlich divergieren. Einige Beispiele finden sich in der folgenden Tabelle:

**Tabelle 4: Betrachtungszeitraum und Diskontsatz in Schweizer Bewertungssystemen**

	NUP	NHT	SBB- Flughafenlinie	NEAT	Seetunnel	ZMB N1/N20	ZMB K10	NISTRA
Bearbeitungsjahr	1981	1983	1984	1988	2002	2002	2002	2003
Betrachtungszeitraum	gewichtete durchschnittl. Lebensdauer der versch. Varianten (42-50 J.)	56 Jahre (Betrieb: 50 Jahre)	45 Jahre	50 Jahre	70 Jahre	gewichtete durchschnittl. Lebensdauer der versch. Varianten	gewichtete durchschnittl. Lebensdauer der versch. Varianten (37-53 J.)	40 Jahre
Diskontsatz (inkl. Sensitivitätsanalysen)	4%, 6%	1.5%, 3%, 6%	4%, 5%, 6%	5%	2%, 3%, 4.5%	2%, 3%, 4%	3%	2.5%

Bei der ZMB Seetunnel/Stadttunnel (2002) entstand der Betrachtungszeitraum von 70 Jahren daraus, dass erwartet wurde, dass das Bauwerk 2025 eröffnet werden kann und danach eine Nutzungsdauer von 45 Jahren angenommen wurde.

Generell fällt auf, dass in der Schweiz im Vergleich zu den internationalen Festlegungen in der Tendenz relativ lange Betrachtungszeiträume gewählt wurden. Dieser Unterschied in der schweizerischen Praxis kann im Zusammenhang mit den im internationalen Vergleich niedrigeren Zinsen und einem dementsprechend niedriger angesetzten Diskontsatz hierzulande gesehen werden (vgl. dazu Abschnitt J62). Tiefere Zinssätze bedeuten, dass weiter in der Zukunft liegende Kosten und Nutzen stärker ins Gewicht fallen. Deshalb ist auch ein längerer Betrachtungszeitraum zu wählen.

Jenni + Gottardi (1997) empfehlen in „Zweckmässigkeitsbeurteilungen von Strassenverkehrsanlagen“ einen Betrachtungszeitraum von 25 - 30 Jahren. Sie begründen dies folgendermassen:

„Die Nutzungszeit von Verkehrsinvestitionen ist meistens relativ lang (40 - 80) Jahre. Eine Entwicklungsprognose über einen solchen Zeitraum ist weder möglich noch sinnvoll. Der Prognosezeitraum, welcher dem Beurteilungszeitraum entspricht, sollte 25 - 30 Jahre nicht überschreiten. (...) Ein zu kurzer Prognosezeitraum kann allerdings eventuell zu Ergebnisverzerrungen führen, so dass der Beurteilungszeitraum nicht unter 25 Jahre angesetzt werden sollte.“

Abay & Meier<sup>42</sup> folgen dem Vorgehen in BVWP und empfehlen, den Betrachtungszeitraum nach der gewichteten durchschnittlichen Lebensdauer zu bestimmen. In NISTRA wird nach der Bausphase eine Nutzungsphase von 40 Jahren berücksichtigt.<sup>43</sup>

### 13.2 Anforderungen an die Wahl des Betrachtungszeitraums

Ziel ist es, den Betrachtungszeitraum so festzulegen, dass die wesentlichen Kosten- und Nutzenströme erfasst werden. Weil die Investitionskosten vor, die Nutzen aber erst nach der Eröffnung anfallen, führt ein zu kurzer Betrachtungszeitraum dazu, dass die Nutzen zu gering ausfallen würden. Mit Erweiterung der Prognosehorizonts steigen jedoch die Anforderungen an die Modellbildung sowie die Unsicherheit über zukünftige Entwicklungen, so dass es nicht sinnvoll erscheint, die erwarteten Kosten- und Nutzenströme bis in alle Unendlichkeit einzu-beziehen.<sup>44</sup> Es ist somit eine Abwägung nötig.

Daneben muss es das Ziel sein, dass durch die Wahl des Betrachtungszeitraums keine Varianten entscheidend benachteiligt werden. Wird zum Beispiel ein sehr kurzer Betrachtungszeitraum gewählt, dann schneiden grosse Infrastrukturprojekte mit langer Bau- und Nutzungszeit schlechter ab.

Ferner soll auch ein Vergleich verschiedener sehr unterschiedlicher Projekte möglich sein. Dies muss dadurch sichergestellt werden, dass die Festlegung des Betrachtungszeitraums immer nach den gleichen Kriterien erfolgt.<sup>45</sup>

### 13.3 Kriterien bei der Wahl des Betrachtungszeitraums

Folgende Möglichkeiten sind für die Festlegung des Betrachtungszeitraums denkbar:

- Lebensdauer des langlebigsten Teiglieds einer Massnahme.
- Gewichtete durchschnittliche Lebensdauer der einzelnen Projektbestandteile.
- Ökonomischer Horizont, d.h. Zeitspanne, in welcher X% der Kosten- und Nutzenströme anfallen, die bei einer unendlichen Betrachtungsdauer anfallen würden.
- „Überblickbarer Rahmen“, d.h. eine Zeitspanne, für welche angenommen wird, dass eine ausreichende Sicherheit bei den Entwicklungsprognosen besteht.
- Arbiträre Festlegung eines fixen Betrachtungszeitraums.

---

<sup>42</sup> Abay & Meier (2001), Zweckmässigkeitskriterien für Infrastruktureinrichtungen von Strassenverkehrstelematik-Systemen.

<sup>43</sup> ASTRA (2003), Handbuch eNISTRA, S. 19.

<sup>44</sup> Eine mögliche Frage ist, ob ein Bauwerk in 70 Jahren nicht längst durch eine bessere, parallele Infrastruktur ersetzt worden sein wird, sodass es keine oder nur noch geringe Nutzen stiftet.

<sup>45</sup> Dies ist nicht automatisch gleichbedeutend damit, dass der Betrachtungszeitraum in KNA für unterschiedliche Projekte immer identisch gewählt werden muss. Verschiedene Projekte haben unterschiedliche Eigenschaften und Lebensdauern, so dass aus sachlichen Gründen eine unterschiedliche Betrachtungszeit gerechtfertigt sein kann.

Diese Möglichkeiten sollen im Folgenden einzeln diskutiert werden.

### **Lebensdauer des langlebigsten Teiglieds einer Massnahme**

Die Lebensdauer des langlebigsten Elements einer Massnahme stellt die Obergrenze für den Betrachtungszeitraum dar. Denn nach Ablauf dieser längsten Lebensdauer kann über sämtliche Ressourcen neu verfügt werden.

Diese maximale Lebensdauer eines Elements ist in vielen Fällen sehr lang (z.B. Tunnelbauwerk 100 Jahre). Die Lebensdauer des langlebigsten Elements als alleiniges Kriterium ist daher nur in Ausnahmefällen ein geeignetes Kriterium für die Begrenzung des Betrachtungszeitraums.<sup>46</sup>

### **Gewichtete durchschnittliche Lebensdauer der einzelnen Projektbestandteile**

Dieses Kriterium wird im deutschen Bundesverkehrswegeplan (2003) empfohlen. Es wurde auch in den beiden jüngsten Zweckmässigkeitsbeurteilungen des Kt. Zürich (K10, N1/N20) angewendet.

Die gewichtete durchschnittliche Lebensdauer berechnet sich als gewogener (harmonischer) Durchschnitt aus den Lebensdauern und Kosten der einzelnen Anlageteile. Sie ist auch vom verwendeten Diskontsatz abhängig. Eine Anleitung zur Berechnung der gewichteten durchschnittlichen Lebensdauer findet sich zum Beispiel in Abay & Meier (2001)<sup>47</sup>.

Ein Vorteil des Kriteriums der „gewichteten durchschnittlichen Lebensdauer“ liegt darin, dass der Betrachtungszeitraum nicht starr festgelegt wird, sondern in einem direkten Zusammenhang zum Projekt resp. zu den einzelnen Varianten und deren Lebensdauern steht. Denn die Festlegung des Betrachtungszeitraums mit der Methode der gewichteten durchschnittlichen Lebensdauer führt dazu, dass für verschiedene Projektvarianten unterschiedliche Betrachtungszeiträume verwendet werden können.<sup>48</sup>

Diese unterschiedlichen Betrachtungszeiträume können aus mehreren Gründen Sinn machen:

---

<sup>46</sup> Dabei bleibt das Land unberücksichtigt. Es steht am Ende jeder Nutzungsdauer wieder zur Verfügung. Insofern ist es als Restwert in jedem Fall in die Betrachtung einzubeziehen (vgl. Abschnitt H32).

<sup>47</sup> Abay & Meier (2001), Zweckmässigkeitskriterien für Infrastruktureinrichtungen von Strassenverkehrstelematik-Systemen, Anhang A, S.5ff

<sup>48</sup> Dies war z.B. in der KNA zur K10 der Fall, wo je nach Variante Zeiträume zwischen 37 Jahren (offene Streckenführungen) und 53 Jahren (Tunnelvarianten) berücksichtigt wurden.

- Da jedes Projekt resp. jede Variante über den ganzen Betrachtungszeitraum definiert werden muss, kann verhindert werden, dass für kurzlebige Varianten hypothetische Annahmen bzgl. zukünftiger Handlungen getroffen werden müssen.<sup>49</sup>
- Die unterschiedlichen Betrachtungszeiträume sind weiter ein Abbild der unterschiedlichen Zeiträume, während denen die investierten Ressourcen gebunden sind, d.h. nicht für andere Verwendungszwecke zur Verfügung stehen.<sup>50</sup>

Das Kriterium der gewichteten durchschnittlichen Lebensdauer hat aber einen entscheidenden Nachteil, welcher dazu führt, dass in der Norm auf die Berücksichtigung des Kriteriums verzichtet wird: Die Verwendung der gewichteten Nutzungsdauer je Projekt kann – im Gegensatz zu einer einheitlichen Betrachtungsperiode – beim Projektvergleich zu unvollständigen Resultaten führen. Dies wird mit dem folgenden einfachen Rechenbeispiel illustriert (vgl. folgende Tabelle).

Variante 1 des Beispiels ist eine kurzlebige Investition mit einer gewichteten durchschnittlichen Lebensdauer von 10 Jahren. Variante 2 hingegen löst das gleiche Problem langfristig und hat eine gewichtete durchschnittliche Lebensdauer von 40 Jahren. Die Nettonutzen pro Jahr sind abgesehen von den Investitionskosten in beiden Varianten identisch. Wird nach dem Kriterium der gewichteten durchschnittlichen Lebensdauer beurteilt, dann schneidet Variante 2 besser ab, Variante 1 führt nicht einmal zu einem positiven Ergebnis.

Wird hingegen für beide Investitionen ein Betrachtungszeitraum von 40 Jahren unterstellt und die Variante 1 demnach drei Mal erneuert, dann schneidet diese wiederholte Variante 1b deutlich besser ab als Variante 2.

Die Festlegung des Betrachtungszeitraums nach dem Kriterium der gewichteten durchschnittlichen Lebensdauer kann also dazu führen, dass eine suboptimale Variantenwahl getroffen wird, weil für kurzlebige, kleine Varianten nicht untersucht wird, ob durch weitere ergänzende Massnahmen nach Ablauf der kurzen Lebensdauer (im Extremfall einer simplen Wiederholung) ein besseres Resultat erzielt werden kann als mit einer Maximallösung zum jetzigen Zeitpunkt. Das Problem ist also, dass bei der Verwendung des Kriteriums der gewichteten durchschnittlichen Lebensdauer nur die Varianten 1 und 2 betrachtet werden, aber die Variante 1b nicht untersucht wird.

Der Grund für das falsche Resultat liegt in der Struktur der Nutzen. Diese fallen im Beispiel erst mit einer gewissen Verzögerung an und steigen danach mit dem Verkehrswachstum. Weil diese Struktur des Nutzenanfalls aber in der Realität durchaus vorkommt (z.B. wenn die Kapazitätsgrenze auf dem bestehenden Netz erst mittelfristig erreicht wird und ein Ausbau erst dann zu beträchtlichen Reisezeitgewinnen führt), muss das Problem ernst genommen

---

<sup>49</sup> Ist der Betrachtungszeitraum fix auf z.B. 40 Jahre festgelegt, muss angenommen werden, dass in einer Variante mit einer Lebensdauer von 10 Jahren nach 10, 20 und 30 Jahren dieselbe Massnahme wieder ergriffen wird, obschon sich die Voraussetzungen dafür erheblich geändert haben können. Der Nutzen von kurzlebigen Varianten wird gegenüber langlebigen somit eher unterschätzt, denn es kann mit jeder Optimierung des Vorgehensplans zu einem späteren Zeitpunkt mindestens der Nutzen des ursprünglichen Plans erreicht werden.

<sup>50</sup> Dies ist insbesondere beim Vergleich von baulichen und verkehrsorganisatorischen Massnahmen sehr wichtig, da dort die Lebensdauern besonders weit auseinanderliegen dürften.

werden. Daher muss trotz der oben beschriebenen Vorteile bei der Festlegung des Betrachtungszeitraums auf das Kriterium der gewichteten durchschnittlichen Lebensdauer verzichtet werden.

**Tabelle 5: Rechenbeispiel für die Problematik der Festlegung des Betrachtungszeitraums nach dem Kriterium 'durchschnittliche gewichtete Lebensdauer'**

Jahr	Nettonutzen (ohne Investitionen)	Investitionen Var. 1	Investitionen Var. 2	Investitionen Var. 1b
1	3.0	110	440	110
2	6.0	0	0	0
3	9.0	0	0	0
4	12.0	0	0	0
5	15.0	0	0	0
6	15.2	0	0	0
7	15.3	0	0	0
8	15.5	0	0	0
9	15.6	0	0	0
10	15.8	0	0	0
11	15.9		0	110
12	16.1		0	0
13	16.2		0	0
14	16.4		0	0
15	16.6		0	0
16	16.7		0	0
17	16.9		0	0
18	17.1		0	0
19	17.2		0	0
20	17.4		0	0
21	17.6		0	110
22	17.8		0	0
23	17.9		0	0
24	18.1		0	0
25	18.3		0	0
26	18.5		0	0
27	18.7		0	0
28	18.9		0	0
29	19.0		0	0
30	19.2		0	0
31	19.4		0	110
32	19.6		0	0
33	19.8		0	0
34	20.0		0	0
35	20.2		0	0
36	20.4		0	0
37	20.6		0	0
38	20.8		0	0
39	21.0		0	0
40	21.2		0	0
<b>Barwert Nettonutzen</b>		107.84	442.07	442.07
<b>Barwert Investitionen</b>		107.82	431.37	328.42
<b>Nettobarwert</b>		<b>-0.02</b>	<b>10.70</b>	<b>113.65</b>

**Annahmen:** Diskontsatz: 2%, Verkehrswachstum: 1%

## Ökonomischer Horizont

Als ökonomischen Horizont bezeichnet man die Zeitspanne, in welcher ökonomisch „relevante“ Ströme anfallen. Relevanz bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Ströme eine – relativ zur Grösse des Gesamtprojekts – bestimmte Höhe erreichen.

Der ökonomische Horizont hängt eng zusammen mit der Wahl des Diskontsatzes, da bei tiefem Diskontsatz zukünftige Ströme mehr Gewicht und bei hohem Diskontsatz weniger Gewicht besitzen. Der ökonomische Horizont ist also umso kürzer, je höher der Diskontsatz gewählt wird.

Für die Wahl des Betrachtungszeitraums ist der ökonomische Horizont insofern ein mögliches Kriterium, als dass eine Zeitspanne als Betrachtungszeitraum festgelegt werden kann, in welcher X% derjenigen Kosten- und Nutzenströme anfallen, die bei einer unendlichen Betrachtungsdauer anfallen würden, d.h. die ewige Rente der erwarteten Ströme ab diesem Zeitpunkt übersteigt (1-X)% der Gesamtnutzen resp. -kosten nicht.

Dies wird mittels eines Zahlenbeispiels in Tabelle 6 illustriert, wobei angenommen wird, dass ein konstanter Nutzen von 1 pro Jahr anfällt. Es ist ersichtlich, dass bei einem Diskontsatz von 3% und bei jährlich anfallenden konstanten Nutzen 90% der Effekte in den ersten 75 Jahren anfallen. Bei stärkerer Diskontierung von 5% beträgt der entsprechende Zeitraum 45 Jahre. In der Realität sind die Kosten- und Nutzenströme selten konstant über die Zeit. Da vor allem die Kosten früh und recht konzentriert anfallen, verschwinden die zukünftigen Kosten noch früher hinter dem ökonomischen Horizont. Bei den Nutzen ist es umgekehrt. Die Nutzenströme beginnen oft relativ spät.

Das Kriterium ökonomischer Horizont ist ein pragmatisches Kriterium. Es versucht, die wesentlichen Einflüsse einzuschliessen, ohne sämtliche Effekte in alle Unendlichkeit prognostizieren zu müssen.

## Überblickbarer Rahmen

Mit „überblickbarem Rahmen“ ist eine Eingrenzung gemeint, die aus der beschränkten Möglichkeit herrührt, zukünftige Entwicklungen genügend verlässlich zu prognostizieren resp. Einflüsse kausal zu identifizieren. Die eigentlichen Verhaltenshypothesen sind weniger problematisch als Annahmen über Rahmenbedingungen (vgl. Abschnitt 15). Mögliche Fragen können sein:

- Sind die angenommenen Reisezeiteinsparungen auch in 20 Jahren noch zutreffend?
- Ist das angenommene Verkehrsregime noch gültig?
- Sind unterdessen weitere Massnahmen getätigt worden?

In dieser Situation behilft man sich gelegentlich mit der Annahme einer Konstanz sämtlicher Flüsse ab einem gewissen Zeitpunkt oder allenfalls höchstens mit einer geringen jährlichen Veränderungsrate.

Tabelle 6: Illustration ökonomischer Horizont

Zeitpunkt i (y)	Zinssatz 3%				Zinssatz 5%			
	Gewicht des i'ten Jahres	Barwert des kumu- lierten Nutzens bis zum Zeitpunkt i	heutiger Barwert einer ewi- gen Rente ab Zeit- punkt i	verblei- bender Anteil an ewiger Rente	Gewicht des i'ten Jahres	Barwert des kumulierten Nutzens bis zum Zeit- punkt i	heutiger Barwert einer ewi- gen Rente ab Zeit- punkt i	verblei- bender Anteil an ewiger Rente
0	1.00	0	33.33	100%	1.00	0	20.00	100%
1	0.97	1	32.33	97%	0.95	1	19.00	95%
5	0.86	4.71	28.62	86%	0.78	4.52	15.48	77%
10	0.74	8.75	24.58	74%	0.61	8.03	11.97	60%
20	0.55	15.21	18.13	54%	0.38	12.83	7.17	36%
30	0.41	19.97	13.37	40%	0.23	15.71	4.29	21%
40	0.31	23.48	9.86	30%	0.14	17.43	2.57	13%
45	0.26	24.87	8.46	25%	0.11	18.01	1.99	10%
50	0.23	26.06	7.27	22%	0.09	18.46	1.54	8%
60	0.17	27.97	5.36	16%	0.05	19.08	0.92	5%
70	0.13	29.38	3.95	12%	0.03	19.45	0.55	3%
75	0.11	29.94	3.39	10%	0.03	19.57	0.43	2%
80	0.09	30.42	2.91	9%	0.02	19.67	0.33	2%
90	0.07	31.18	2.15	6%	0.01	19.80	0.20	1%
100	0.05	31.75	1.59	5%	0.01	19.88	0.12	1%
∞	0	33.33	0.00	0%	0	20	0.00	0%

Das Zulassen eines Betrachtungszeitraums, der „verlässliche Prognosen“ übertrifft, muss indessen möglich sein, da bei Weglassen von Effekten, welche in weiter Zukunft anfallen, der grössere Fehler gemacht wird, als wenn die *beste heute vorhandene Prognose* verwendet wird. Denn der Zeitraum für „verlässliche Prognosen“ wäre in der Regel zu kurz. Daher ist das Kriterium „überblickbarer Rahmen“ nicht geeignet

### Fixe Betrachtungszeiträume

Der Betrachtungszeitraum kann natürlich auch arbiträr festgelegt werden – unter Berücksichtigung verschiedener der oben angeführten Überlegungen. Dieses Vorgehen ist sehr häufig. Wie dem Überblick über die Literatur zu entnehmen ist, variieren dabei die gewählten Zeiträume von 15 Jahren bis 60 Jahren. Oft wird auch zwischen den Zeiträumen bis zur Eröffnung einer Infrastruktur und einer Betriebszeit unterschieden. So wurde z.B. bei der ZMB Seetunnel/Stadttunnel<sup>51</sup> eine Nutzungsdauer von 45 Jahren angenommen, welche zur Pro-

<sup>51</sup> Arge Züring (2002), ZMB Seetunnel/Stadttunnel Zürich

jektierungs- und Bauzeit von 25 Jahren hinzugezählt wurde. In NISTRA wird eine Nutzungsdauer von 40 verwendet.<sup>52</sup>

Die Wahl eines fixen Betrachtungszeitraums hat verschiedene entscheidende Vorteile:

- Einfachheit
- Für alle Varianten werden dieselben Zeiträume betrachtet. Dies ist insbesondere in Bezug auf die Nutzenströme wichtig. Probleme, wie sie zum Beispiel mit der durchschnittlichen gewichteten Lebensdauer entstehen können (vgl. Rechenbeispiel in Tabelle 5), werden vermieden.
- Die Planenden sind gezwungen, sich bereits heute über Planungen für einen längeren Zeithorizont Rechenschaft abzulegen.

Der fixe Betrachtungszeitraum hat jedoch einen gewichtigen Nachteil, welcher aber durch eine sorgfältige Analyse der Ergebnisse und z.T. auch durch eine angepasste Variantenbildung (vgl. Abschnitt 11.3) teilweise kompensiert werden kann: Kleine, kurzlebige Massnahmen können benachteiligt werden. Denn es kann sein, dass eine z.B. für die nächsten 10 Jahre sehr zweckmässige Massnahme schlechter abschneidet als eine Grossinvestition, welche das Problem für den ganzen Betrachtungszeitraum löst. Denn die kurzlebige, kostengünstige und wirksame Investition kann möglicherweise die Probleme der darauf folgenden 30 Jahre nicht mehr lösen und wird fälschlicherweise verworfen. Eine optimale Strategie hätte für die nächsten 10 Jahre auf diese Lösung gesetzt und erst dann die Grossinvestition realisiert, deren Nutzen dannzumal ebenfalls höher wäre, weil sie nicht 10 Jahre zu früh gebaut worden wäre<sup>53</sup>.

Es ist daher wichtig, dass bei der Interpretation der Ergebnisse der KNA auch die **Nettonutzenströme über die Zeit betrachtet werden**. In Fällen, welche obiger Schilderung entsprechen und in denen die Nettonutzen abnehmen, ist unbedingt zu prüfen, ob nicht eine gemischte Variante, bei welcher zuerst „provisorisch“ die kurzfristige Lösung und erst später eine weiterreichende grössere Massnahme getroffen wird, noch besser abschneidet. Dies kann auf zwei Arten geschehen:

- es wird eine zusätzliche Variante definiert und vollständig untersucht
- die langfristige, grosse Lösung wird auf den optimalen Realisierungszeitpunkt hin untersucht.

## 13.4 Festlegung

### Bauliche Massnahmen (Infrastruktur)

Der Betrachtungszeitraum umfasst zwei Phasen:

---

<sup>52</sup> ASTRA (2003), Handbuch eNISTRA, S. 19.

<sup>53</sup> Ein solcher Fall kann bspw. vorliegen, wenn kurzlebige, beschränkt wirksame verkehrsorganisatorische Massnahmen Grossinvestitionen gegenüberstehen. Weil erstere keine Lösung für 40 Jahre sein können, werden sie verworfen, obschon sie in einem mittelfristigen Zeithorizont sehr nützlich sein können.

- die Planungs-, Projektierungs- und Bauphase
- die Nutzungsphase

Die Planungs-, Projektierungs- und Bauphase wird für jede Projektvariante entsprechend der erwarteten Dauer geschätzt.

Dazu wird für jede Variante die Nutzungsphase gezählt. Die **Nutzungsphase** beträgt (in Anlehnung an NISTRA) **40 Jahre** – ausser die verschiedenen Varianten eines Projektes werden nicht gleichzeitig eröffnet. In diesem Fall wird ein **gemeinsames Begrenzungsjahr** verwendet, bis zu dem die Kosten- und Nutzenströme berücksichtigt werden. Dieses Begrenzungsjahr ergibt sich als dasjenige Jahr, in welchem die zuletzt eröffnete Variante 40 Jahre in Betrieb ist.

Dasselbe Vorgehen bei unterschiedlichen Eröffnungszeitenpunkten wird auch in England verwendet.<sup>54</sup> Damit wird bei früher eröffneten Projekten ein längerer Betrachtungszeitraum als 40 Jahre berücksichtigt. Dadurch werden die früher eröffneten Projekte belohnt, da sie schon früher zu einem Nutzen führen.

Bei **Provisorien mit einem fixen Endzeitpunkt** wird ein kürzerer Betrachtungszeitraum verwendet. Dieser entspricht dem Zeitraum bis nach dem Abbruch/Rückbau des Provisoriums, wobei auch die Kosten für einen allfälligen Rückbau in die Betrachtung eingeschlossen werden müssen (vgl. dazu auch Abschnitt 11.5).

In Varianten mit Elementen, deren Lebensdauer vor dem Ende des Betrachtungszeitraums enden, sind für die entsprechenden Elemente **Ersatzinvestitionen** zu berücksichtigen, die den Betrieb der Variante bis zum Begrenzungsjahr ermöglichen (vgl. Abschnitt H31). In Varianten mit Elementen, deren Lebensdauer den Betrachtungszeitraum übertrifft, sind **Restwerte** in die Berechnung einzubeziehen. Dies betrifft auch allfällig geplante und in der Berechnung berücksichtigte Ersatzinvestitionen (vgl. Abschnitt H30.3)

### **Verkehrsorganisatorische Massnahmen**

Bei rein verkehrsorganisatorischen Massnahmen ist ein Betrachtungszeitraum von mindestens 5 Jahren ab Änderung des Verkehrsregimes zu verwenden. Im Maximum kann ein Betrachtungszeitraum von 40 Jahren verwendet werden.

## **14 Abgrenzung des Untersuchungsraums**

Der Untersuchungsraum soll so klein wie möglich und so gross wie nötig sein.<sup>55</sup> Theoretisch wirken sämtliche Massnahmen unendlich weit. Die Höhe der Effekte nimmt jedoch mit zu-

---

<sup>54</sup> Department for Transport (2002), The Application of COBA, S. 6/1.

<sup>55</sup> ASTRA 2001, Bau der Nationalstrassen, S. 3.

nehmender Entfernung vom Ort einer Massnahme in der Regel schnell ab. Entscheidend ist daher analog der Betrachtungen zum Betrachtungszeitraum, dass die wesentlichen Effekte Berücksichtigung finden. Folgende Fragenstellungen sind zu beantworten:

- Geographische Abgrenzung (Grösse) des Untersuchungsraums.
- Territorialprinzip vs. Wohnsitzprinzip.

Ein zu enger räumlicher Untersuchungsraum führt dazu, dass Kosten und Nutzen falsch eingeschätzt werden, eine zu grosse Abgrenzung des Untersuchungsraums demgegenüber zu höherem Berechnungsaufwand ohne merkbaren Einfluss auf die Ergebnisse der KNA.<sup>56</sup>

## 14.1 Literaturüberblick

Aus der internationalen Literatur lohnt sich vor allem ein Blick nach Deutschland in die Ausführungen zum EWS.<sup>57</sup> Dort wird die räumliche Abgrenzung aufgrund der Verkehrsstärkendifferenzen zwischen Referenz- und Planungsfall vorgenommen. „Eine zu enge räumliche Abgrenzung ist gegeben, wenn auf einem Netzabschnitt, der am Rande der gewählten Abgrenzung liegt, Verkehrsstärkendifferenzen zwischen Vergleichsfall und Planungsfall auftreten, die grösser sind als 5% der Verkehrsstärke des Vergleichsfall, mindestens jedoch 250 Kfz pro 24h. In einem solchen Fall ist das zu betrachtende Streckennetz auszudehnen, bis die genannten Grenzwerte unterschritten werden. [...] Netzabschnitte, welche im Vergleichsfall und in **allen** Planungsfällen die gleichen Verkehrsstärken haben, können unberücksichtigt bleiben.“

In Schweizer KNA wurde der Untersuchungsraum fallweise unterschiedlich definiert, wie die folgende Tabelle zeigt. Es ist ersichtlich, dass in den neueren Beispielen pragmatisch vorgegangen wurde, indem der Untersuchungsraum nach dem Verkehrsmodell gerichtet wurde.

Jenni + Gottardi (1997)<sup>58</sup> unterscheiden zwischen dem von einer Massnahme direkt betroffenen Gebiet und dem Einflussgebiet einer Massnahme. Sie definieren den Untersuchungsraum als direkt betroffenes Gebiet plus Einflussgebiet:

Das **direkt betroffene Gebiet** umfasst die vom Projekt bzw. von den Projektvarianten *unmittelbar betroffenen Flächen, Bauten, Siedlungen, Einwohner, Erwerbstätigen, Arbeitsplätze etc.* Das direkt betroffene Gebiet soll so gewählt werden, dass die massgeblichen Auswirkungen der Projektvarianten bezogen auf Kosten, Umwelt, räumliche Entwicklung etc. erfasst werden können.

Das **Einflussgebiet** ist als erweitertes Untersuchungsgebiet definiert. Es enthält die relevanten Ziel-/Quellverkehr erzeugenden Gebiete, ist jedoch selbst ausserhalb des direkt betroffenen Gebietes und nicht direkt vom Projekt tangiert. Das Einflussgebiet enthält das direkt be-

---

<sup>56</sup> EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 15.

<sup>57</sup> EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 15ff.

<sup>58</sup> Jenni + Gottardi AG (1997), Zweckmässigkeitbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen, S. 18f.

troffene Gebiet nicht unbedingt. Das Gebiet zwischen Herzogenbuchsee und Solothurn ist bspw. durch die direkten Wirkungen der NBS Mattstetten-Rothrist tangiert, die Verkehrsströme aber nicht.

**Tabelle 7: Untersuchungsraum in schweizerischen KNA**

	NUP (1981)	NHT (1983)	SBB- Flughafenli- nie (1984)	NEAT (1988)	Seetunnel (2002)	N1/N20 (2002)	K10 (2002)
Unter- suchungs- raum	je nach Projekt	Schweiz	Agglomera- tion Zürich (inkl. Tran- sitreisende)	CH, F, BRD, A, I	Gebiet des Zürcher Verkehrs- modells	Gebiet des Zürcher Verkehrs- modells	Gebiet des Zürcher Verkehrs- modells

Bezüglich **Umfang** der Gebiete schreiben Jenni + Gottardi (1997) weiter, dass die Abgrenzung des Einflussgebietes auch von den zur Verfügung stehenden Verkehrsdaten abhängig ist. Stünden beispielsweise Daten aus einem Verkehrsmodell zur Verfügung, kann das Einflussgebiet relativ gross gewählt werden (z.B. alle Wunschlinien des Modells). Andernfalls oder bei kleineren Projekten genüge der Einbezug der bedeutendsten Wunschlinien. Das direkt betroffene Gebiet und das Einflussgebiet sollen als **zusammenhängende Einheiten** definiert werden und nicht als einzelne verstreut liegende Flächen. Für einzelne Kriterien können dann aber auch nur Teile des abgegrenzten Gebiets, die effektiv spürbar tangiert werden, einbezogen werden.

## 14.2 Kriterien bei der Abgrenzung des Untersuchungsraums

Im Folgenden werden mögliche Kriterien zur Abgrenzung und deren Einschätzung dargestellt.

### a) politisch (Gemeinde, Kanton, Schweiz, Schweiz plus umliegende Länder etc.)

Eine Abgrenzung allein aus politischen Überlegungen ist nicht zweckmässig, da sich Einflussgebiete und Auswirkungen von Massnahmen nicht nach politischen Landkarten richten. Die Abgrenzung muss rein **sachlichen Kriterien** folgen.

### b) nach Datenlage (z.B. nach Umfang der zur Verfügung stehenden Verkehrsmodelle)

Dieses Vorgehen wurde in den KNA des Kanton Zürich gewählt (N1/N20, K1, Seetunnel).

Liegen den Auswirkungsberechnungen Verkehrsmodelle zugrunde, dann wird dort mittels Aussenzonen der gesamte beeinflusste Verkehr abgebildet. Wird nicht mit einem computer-gestützten Verkehrsmodell gerechnet oder erfasst das Verkehrsmodell nicht den gesamten

beeinflussten Verkehr, dann muss gewährleistet werden, dass mindestens 90% des beeinflussten Verkehrs erfasst wird. In diesen Fällen ist das Vorgehen sehr pragmatisch.

Probleme ergeben sich jedoch, wenn Massnahmen am Rande eines (z.B. kantonalen) Modellgebiets oder darüber hinaus zu untersuchen sind, dann können bei dieser Abgrenzung wichtige Effekte verloren gehen, weil die Aussenzonen ein viel zu ungenaues Bild des beeinflussten Verkehrs liefern. Dann ist fallweise zu entscheiden,

- ob der zusätzliche Aufwand durch eine Ausweitung des Untersuchungsraums, verbunden mit einer Ausweitung des Verkehrsmodells, in einem günstigen Verhältnis steht zum erwarteten zusätzlichen Erkenntnisgewinn.
- ob allenfalls Plausibilitätsüberlegungen zur Ermittlung der fehlenden Daten unter Berücksichtigung der nachfolgenden Überlegungen ausreichend sind.

Diese Entscheidung dürfte vor allem vom Projektumfang abhängig sein. Bei Grossprojekten ist eine massgeschneiderte Verkehrsmodellierung angemessen.

### c) Raum, in dem x% der Auswirkungen anfallen

Wo neue Modellrechnungen notwendig werden oder wo das Einflussgebiet neu bestimmt werden muss, kann der Untersuchungsraum nach diesem Relevanzkriterium bestimmt werden. Dieses kann mit dem Kriterium des ökonomischen Horizonts bei der Bestimmung des Betrachtungszeitraums verglichen werden – man könnte das Kriterium als „geografischen Horizont“ bezeichnen. Auch hier wird versucht, den wesentlichen Anteil der Einflüsse und Auswirkungen zu erfassen, hier jedoch in räumlicher Hinsicht.

- Bezogen auf das Einflussgebiet heisst dies, dass auf die Abschätzung des Verkehrs aus jenen Räume verzichtet werden kann, die insgesamt einen Beitrag von weniger als 5% an die Zahl der beeinflussten Fahrten liefern.
- Bezogen auf das Gebiet der direkten Wirkung heisst dies, dass auf Betrachtung jener Räume verzichtet werden kann, in denen sich die einzelnen Strassenquerschnittbelastungen um weniger als 5% ändern. Allerdings sind auch Strassen mit Verkehrsmengenänderungen von weniger als 5% in die Betrachtung einzuschliessen, falls sie eine Verbindung zu Strassenquerschnitten darstellen, die vom Projekt weiter entfernt liegen, aber Verkehrsmengenänderungen von über 5% aufweisen.

## 14.3 Territorialprinzip vs. Wohnsitzprinzip

Dies betrifft die Frage, ob das Untersuchungsgebiet nach dem Ort, an dem Auswirkungen anfallen, abgegrenzt werden soll oder nach dem Wohnsitz derjenigen Personen, die die Auswirkungen erfahren resp. verursachen (Bsp: Muss Dänemark im Untersuchungsgebiet einer Massnahme eingeschlossen sein, weil auch DänInnen eine neue Strasseninfrastruktur in der Schweiz benutzen).

Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist es nicht relevant, bei wem Nutzen oder Kosten anfallen. Daher kann der Untersuchungsraum nach dem Territorialprinzip gewählt werden. Effekte von Personen, deren Wohnsitz ausserhalb liegt, sind einerseits in vielen Fällen vernachlässigbar gering oder sie können über den Einbezug von groben Aussenzonen im Verkehrsmodell ausreichend erfasst werden. Der Unterschied im Ergebnis zwischen Territorial- und Wohnsitzprinzip dürfte daher gering sein.

Bei Inzidenzüberlegungen in Bezug auf einzelne Personengruppen oder räumliche Teilbilanzen ist nach dem Wohnsitzprinzip vorzugehen.

#### 14.4 Festlegungen

Der Untersuchungsraum umfasst das direkt betroffene plus das Einflussgebiet und muss zusammenhängend definiert sein.

- **Direkt betroffenes Gebiet:** Gebiet, in dem das Projekt relevante Auswirkungen besitzt. Die Auswirkungen können unmittelbar (Landverbrauch, Auswirkungen auf das Ortsbild etc.) oder Folge von veränderten Verkehrsbelastungen sein (z.B. Veränderung der Lärm- oder Luftbelastung). Auswirkungen aufgrund von veränderten Verkehrsbelastungen werden als relevant bezeichnet, wenn sich die Verkehrsmenge um mehr als 5% oder um mehr als 1'000 Fahrzeuge im DTV ändert
- **Einflussgebiet:** Gebiet, in dem die zur Berechnung der Verkehrsaufkommen im direkt betroffenen Gebiet relevanten Wunschlinien beginnen oder enden (Ziel- und Quellverkehr) sowie das zugehörige Netz.

Einflussgebiet und direkt betroffenes Gebiet können sich überlagern. Im Extremfall stellt das direkt betroffene Gebiet eine Teilmenge des Einflussgebiets dar.

Bei verschiedenen Projektvarianten mit unterschiedlichem räumlichem Bezug ist der Untersuchungsraum für alle Varianten identisch und entspricht der Vereinigungsmenge aller direkt betroffenen Gebiete und aller Einflussgebiete der verschiedenen Varianten.

Falls ein Verkehrsmodell vorhanden ist, das sowohl das direkt betroffene Gebiet als auch das Einflussgebiet genügend abdeckt (d.h. das die zur Berechnung der Verkehrsaufkommen im direkt betroffenen Gebiet relevanten Wunschlinien mit ausreichender Genauigkeit abbilden lässt), dann wird das Verkehrsmodellgebiet als Untersuchungsraum verwendet. Muss ein Verkehrsmodellgebiet neu definiert (z.B. bei Grossprojekten) oder ergänzt werden oder soll ausschliesslich mit vereinfachten Abschätzungen gearbeitet werden, muss mindestens das direkt betroffene Gebiet vollständig abgedeckt werden. Bezogen auf das Einflussgebiet kann auf die Abschätzung des Verkehrs aus jenen Räumen verzichtet werden, die insgesamt einen Beitrag von weniger als 5% an die Zahl der beeinflussten Fahrten liefern. Dabei wird von innen nach aussen vorgegangen, d.h. zu berücksichtigen ist die minimale Fläche, die Quelle und Ziel von mindestens 95% der betroffenen Fahrten einschliesst.

Die Wirkungen werden gemäss Territorialprinzip räumlich lokalisiert. Für regionale Teilbilanzen ist das Wohnsitzprinzip zu verwenden.

## 15 Rahmenbedingungen

Zu den Rahmenbedingungen gehören sämtliche exogenen Einflüsse. Sie entwickeln sich unabhängig von einzelnen Projektvarianten (inkl. Referenzszenario). Die Entwicklung der Rahmendaten ist umso spekulativer, je weiter sie in die Zukunft reicht. Oft liegen Angaben zur Entwicklung der Rahmenbedingungen vor. Bundesstellen oder kantonale Stellen geben Entwicklungen vor oder haben sie in andern Zusammenhängen ermittelt. Aus Konsistenzgründen mit andern Planungen müssen diese in erster Linie beachtet werden und nur grobe Unplausibilitäten sind zu korrigieren.

Unsicherheiten in den Rahmendaten und deren Auswirkungen in der KNA wird häufig mittels **Sensitivitätsüberlegungen** oder **Szenarien** begegnet. Folgende Entwicklungen in den Rahmenbedingungen sind zu beachten.

### 15.1 Sozioökonomische Rahmendaten

Alle Faktoren, die auf Nutzen- oder Kostenseite einen Einfluss haben, müssen in ihrer Entwicklung über den gesamten Betrachtungszeitraum abgeschätzt werden:

- Zahl der EinwohnerInnen, der Arbeitsplätze und Zahl und Umfang publikumsintensiver Einrichtungen (noch nicht deren Verteilung – siehe unten) im Untersuchungsraum
- Einkommen (Reallohnwachstum)
- Preise und relative Preise im MIV und im ÖV (insbesondere Treibstoff- und Energiepreise)
- reale Kosten im Tiefbau
- Anteile verschiedener Antriebssysteme und deren spezifische Energieverbräuche
- Emissionsfaktoren (Lärm, Luftschadstoffe)

### 15.2 Raumentwicklung

Annahmen müssen für die Entwicklung der **räumlichen Verteilung** der verkehrserzeugenden Einheiten EinwohnerInnen, Arbeitsplätze und publikumsintensive Einrichtungen getroffen werden.

### 15.3 Verkehrsentwicklung

Die allgemeine, von der untersuchten Massnahme unabhängige Verkehrsentwicklung ist einerseits gegeben durch die Entwicklung der sozioökonomischen Rahmendaten und der Raumstruktur. Sie ist entsprechend abzuschätzen.

### 15.4 Die Rolle der Politik

Fast alle dieser Rahmenbedingungen sind zumindest teilweise von der Politik beeinflusst. **Grundsätzlich ist mit möglichst wenig Eingriffen der Politik zu rechnen.** Ausnahmen

bilden die rechtskräftig bereits verabschiedeten Massnahmen und Konzepte (z.B. in der Luftreinhaltungspolitik).

In die gleiche Richtung geht die Frage, ob in verschiedenen Varianten – insbesondere für den Referenzfall und die Ausbauzustände mit unterschiedlichen Annahmen für die Rahmenbedingungen gerechnet werden soll. Man kann bspw. argumentieren, dass die Politik kostspieligen Ausbauvarianten durch eine entsprechende Politik, z.B. Raumordnungspolitik im Falle der Kantone, Steuer- und Abgabenpolitik im Falle des Bundes, zum Erfolg verhelfen will. Logisch gesehen würde es sich um flankierende Massnahmen handeln, die Teil der Varianten sein müssten.

Solchen und anderen Unsicherheiten in der Politikentwicklung kann, sofern diese von grossem Einfluss sind, mit Sensitivitätsrechnungen oder Szenarien begegnet werden.

### 15.5 Vergleichbarkeit der Rahmenbedingungen in verschiedenen KNA

Um den Vergleich verschiedener KNA zu ermöglichen, muss von den gleichen Rahmenbedingungen ausgegangen werden. Dies betrifft insbesondere die zu Grunde gelegten Wachstumsraten von Verkehr und Realeinkommen sowie die Annahmen zur Siedlungsstruktur.

## E Indikatorensystem

### 16 Grundsatz

Keine Ergänzungen zu den Ausführungen in der Norm.

### 17 Kosten- und Nutzenindikatoren in einer KNA

Die **Kosten** entsprechen dem **Ressourcenverbrauch des Betreibers** (in Ausnahmefällen sind auch Ressourcengewinne des Betreibers als negative Kosten enthalten).

Die **Nutzen** entsprechen den **Ressourcengewinnen der Benutzer und der Allgemeinheit** (als negative Nutzen sind auch allfällige Ressourcenverbräuche der Benutzer und der Allgemeinheit enthalten).

In einer KNA sind also die folgenden Kostenindikatoren zu berücksichtigen:

$$\text{Kosten} = \text{Baukosten} + \text{Ersatzinvestitionen} + \text{Landkosten} + \text{Unterhaltskosten} + \text{Betriebskosten der Strassen} + \text{Auswirkungen auf den ÖV}$$

Alle anderen Indikatoren in der KNA-Norm sind als Nutzen bzw. Nutzenminderungen zu verstehen. Die Auswirkungen auf den ÖV müssen als Bestandteil der Kosten erfasst werden, weil bei einer Verlängerung oder Neuschaffung einer Buslinie die zusätzlichen Betriebskosten des neuen Angebots als Teil der Kosten anzusehen sind (im Falle der Einnahmen sind es natürlich Kostenminderungen).

Die Auswahl der in einer KNA zu berücksichtigenden Kosten- und Nutzenindikatoren basiert auf vorhandenen Praktiken im Ausland, auf den Beurteilungsmethoden von grösseren Projekten in der Schweiz sowie auf Beurteilungsmethoden, die für die Schweiz ausgearbeitet wurden. In Tabelle 8 werden die Praktiken in verschiedenen EU-Ländern mit den Indikatoren in der vorliegenden KNA-Norm verglichen und in Tabelle 9 wird die Norm mit Schweizer Beurteilungsmethoden verglichen. Die Auswahl der Indikatoren kann wie folgt kommentiert werden:

- Die Baukosten werden in allen in Tabelle 8 und Tabelle 9 betrachteten Beurteilungsmethoden berücksichtigt. Die Erstinvestitionskosten werden also immer miteinbezogen. Hingegen findet die Problematik der Ersatzinvestitionen nach Ablauf der Lebensdauer einzelner Investitionsbestandteile meist keine Erwähnung, obwohl die Ersatzinvestitionen entscheidend sind für die dauerhafte Benützung des neuen Bauwerks.
- Bei vielen Indikatoren besteht ein weitgehender Konsens, dass sie in einer KNA zu berücksichtigen sind (vgl. Tabelle 8 und Tabelle 9). Dies ist bei folgenden Indikatoren der Fall:
  - Landkosten
  - Unterhaltskosten
  - Betriebskosten der Strassen
  - Betriebskosten Fahrzeuge
  - Reisezeitveränderungen
  - Veränderung der Unfallkosten
  - Veränderung der Lärmkosten
  - Veränderung der Luftverschmutzungskosten
  - Veränderung der Klimakosten: Beim Klima ist die Übereinstimmung etwas weniger ausgeprägt, was vor allem darauf zurückzuführen ist, dass in älteren Studien noch keine Monetarisierungssätze für den Klimaeffekt vorlagen (vgl. Tabelle 9).
- Mit der **Zuverlässigkeit** wird gemessen, wie genau die Reisezeit zwischen zwei Orten vorausgesagt werden kann. Die Zuverlässigkeit wurde unseres Wissens bisher in keiner KNA berücksichtigt (vgl. Tabelle 8 und Tabelle 9).<sup>59</sup> Im NISTRA wird die Zuverlässigkeit in

---

<sup>59</sup> Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impacts of Transport Initiatives, Deliverable D9 of EUNET, S. 18.

der Form des Staurisikos in der Nutzwertanalyse berücksichtigt.<sup>60</sup> Neuere Forschungsergebnisse erlauben jedoch den Einbezug der Zuverlässigkeit in die KNA.<sup>61</sup>

**Tabelle 8: Die in der vorliegenden Norm in die KNA einbezogenen Indikatoren im internationalen Vergleich (mit verschiedenen EU-Ländern (Stand 1997 mit einzelnen neuen Anpassungen) und EU-weiten Bewertungssystemen)**

	Norm	Belgien	Dänemark	Deutschland	England	Finnland	Frankreich	Griechenland	Holland	Irland	Italien	Österreich	Portugal	Spanien	Schweden	ECMT	EUNET
Baukosten	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Landkosten	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Unterhaltskosten	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Betriebskosten der Strassen	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Betriebskosten Fahrzeuge	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Reisezeitveränderungen / Nettonutzen des Mehrverkehrs	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Veränderung Zuverlässigkeit	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Unfälle	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Lärm	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Luftverschmutzung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Klima	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Externe Kosten der Energie durch Betrieb der Infrastruktur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Bodenversiegelung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Landschafts- und Ortsbild	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Zerschneidungseffekt	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Trennungseffekt Fussgänger	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Wirtschaftliche Entwicklung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Beschäftigungseffekt	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Legende: ■ In KNA    ■ nicht monetarisiert    □ Nicht bewertet

Quellen: Bristow und Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union, S. 54 mit eigenen Ergänzungen für Deutschland, England, Frankreich und Österreich, ECMT (2001), Assessing the Benefits of Transport, S. 27. Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET.

<sup>60</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 70-71.

<sup>61</sup> König und Axhausen (2002), Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable. Weitere Forschungsergebnisse sind zur Zeit am Entstehen.

**Tabelle 9: Übersicht über die in die KNA einbezogenen Indikatoren in der vorliegenden Norm, in NISTRA und ZMB sowie in verschiedenen Schweizer Grossprojekten**

	Norm	NISTRA (2003)	Jenni + Gottardi (1997)	Abay & Meier (2001)	NUP (1981)	NHT (1983)	SBB-Flughafenlinie (1984)	NEAT (1988)	Seetunnel (2002)
Baukosten									
Landkosten									
Unterhaltskosten									
Betriebskosten der Strassen									
Betriebskosten Fahrzeuge									
Reisezeitveränderungen / Nettonutzen des Mehrverkehrs									
Veränderung Zuverlässigkeit		■							
Unfälle		■	■	■	■			■	■
Lärm		■	■	■	■	■	gering	■	■
Luftverschmutzung		■	■	■	■	■		■	■
Klima		■	■	■	■	■	■	■	■
Externe Kosten der Energie (durch Betrieb der Infrastruktur)		■							
Bodenversiegelung		■	■	■	■	■	■	■	■
Landschafts- und Ortsbild		■	■	■	■	■	■	■	■
Zerschneidungseffekt		■	■	■	■	■	■	■	■
Trennungseffekt Fussgänger		■	■	■	■	■	■	■	■
Wirtschaftliche Entwicklung		■	■	■	■	■	be-	■	■
Beschäftigungseffekt		■	■	■	■	■	wusster Verzicht	■	■

Legende: ■ in KNA      ■ nicht monetarisiert      □ nicht bewertet

Quellen: ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 102-103, Jenni + Gottardi AG (1997), Zweckmässigkeitsbeurteilungen von Strassenverkehrsanlagen, Abay & Meier (2001), Zweckmässigkeitskriterien für Infrastruktureinrichtungen von Strassenverkehrstelematik-Systemen, Kommission zur Überprüfung von Nationalstrassenstrecken (NUP) (1981), Schlussbericht, Arbeitsgemeinschaft Güller/Infras (1983), Zweckmässigkeitsprüfung der neuen Eisenbahn-Haupttransversalen (NHT), IVT ETH Zürich (1984), Kosten-Nutzen-Analyse der SBB Flughafenlinie Zürich HB - Zürich Flughafen, Infras (1988), Neue Eisenbahn-Alpentransversale durch die Schweiz, Zweckmässigkeitsprüfung, ARGE Züriring (2002), ZMB Seetunnel / Stadttunnel. Teilbericht Kosten-Nutzen Analyse.

- Die **externen Kosten des Energieverbrauchs** durch den Betrieb der Infrastruktur wird in den meisten Bewertungsmethoden vernachlässigt (vgl. Tabelle 8 und Tabelle 9). Einzig im NISTRA werden diese Kosten in die KNA miteinbezogen.<sup>62</sup> Dabei wird nur der Energieverbrauch durch den Betrieb der Infrastruktur und nicht durch deren Nutzung berücksichtig.

<sup>62</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 106.

sichtigt, weil es sonst zu Doppelzählungen kommen würde. Da es sich jedoch um tatsächliche (externe) Kosten handelt, sind die Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur in die KNA miteinzubeziehen.

- **Bodenversiegelung** (Habitatsverlust): Die Böden spielen als Nährstoff- und Wasserspeicher, als Puffer und Lebensraum eine zentrale Rolle im Naturhaushalt. Verkehrsflächen verhindern zudem andere Nutzungen durch den Menschen. Eine der Nachhaltigkeit verpflichtete Planung der Strasseninfrastruktur soll daher einen möglichst geringen Flächenbedarf anstreben.

Die Bodenversiegelung wird in Kosten-Nutzen-Analysen meist vernachlässigt (vgl. Tabelle 8 und Tabelle 9), was wohl in erster Linie mit den grossen Schwierigkeiten bei der monetären Bewertung zusammenhängt. Wenn die Versiegelung miteinbezogen wird, so wird sie meist mittels eines Reparaturkostenansatzes berücksichtigt. Dabei werden die Kosten für Entsiegelung, Sanierung und Bodensäuberung betrachtet.<sup>63</sup> Die Bodenversiegelung wird z.B. im NISTRA<sup>64</sup> und in UNITE<sup>65</sup> monetär berücksichtigt. Im Prinzip haben jedoch die Reparaturkosten keinen Zusammenhang mit dem Schaden, der durch die Versiegelung verursacht wird. Ein Zahlungsbereitschaftsansatz wäre besser geeignet. Eine erste Zahlungsbereitschaftsstudie für die Schweiz liegt vor,<sup>66</sup> doch ist ihre Verwendung mit einem grossen Aufwand bei der Datenerhebung verbunden und die Studie kann auch nicht als unumstritten gelten.<sup>67</sup> Ausserdem ist diese Zahlungsbereitschaft weiter gefasst: Sie umfasst auch das Landschafts- und Ortsbild und Zerschneidungseffekte.

Eine aktuelle Schweizer Studie<sup>68</sup> erlaubt den Einbezug der Bodenversiegelung (oder der Habitatsverluste) auf der Basis eines Schadenskostenansatzes: Es werden die Kosten für den Ersatz der überbauten Habitatsflächen an anderer Stelle ermittelt – wobei nach verschiedenen Habitatstypen unterschieden wird.<sup>69</sup> Dieser letzte Ansatz (Ersatzkostenansatz) scheint im heutigen Zeitpunkt am geeignetsten. Sobald neuere Zahlungsbereitschaftsstudien verfügbar werden, müsste die Norm möglicherweise angepasst werden.

- **Landschafts- und Ortsbild:** Das Landschafts- und Ortsbild wird häufig vernachlässigt oder dann nicht monetär berücksichtigt (vgl. Tabelle 8 und Tabelle 9).<sup>70</sup> Einzig im NISTRA

<sup>63</sup> Bickel et al. (2000), Accounts Approach for Environmental Costs, S. 32-33, INFRAS/IWW (2000), External Costs of Transport, S. 220-221 und Link et al. (2001), Pilote Accounts – Results for Germany, S. 89-92.

<sup>64</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 82-83.

<sup>65</sup> Suter et al. (2001), The Pilote Accounts of Switzerland, S. 69-76.

<sup>66</sup> Infraconsult (1999), Kosten und Nutzen im Natur- und Landschaftsschutz.

<sup>67</sup> Buser et al. (im Erscheinen), Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft, S. 28 und 76.

<sup>68</sup> Buser et al. (im Erscheinen), Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft.

<sup>69</sup> Buser et al. (im Erscheinen), Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft, S. 31 und 51.

<sup>70</sup> Das Landschafts- und Ortsbild wird ebenfalls vernachlässigt in Suter et al. (2001), The Pilote Accounts of Switzerland, S. 69-76 und EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen, S. 9. Auch in der Studie von Buser et al. (im Erscheinen, Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft, S. 80) werden die Effekte auf das Landschafts- und Ortsbild nicht betrachtet. Nicht monetär berücksichtigt wird das Landschafts- und Ortsbild auch in ASTRA (2001), Bau der Nationalstrassen, S. 14.

wird das Landschafts- und Ortsbild in die KNA aufgenommen. Der Einbezug basiert auf einer Studie von Infraconsult.<sup>71</sup> Die Monetarisierung erfolgt über einen Zahlungsbereitschaftsansatz. Deshalb kann das Landschafts- und Ortsbild in der KNA-Norm berücksichtigt werden.

Da die Ausführungen zu einigen weiteren Indikatoren ausführlicher sind, sollen sie in eigene Abschnitte gegliedert werden.

Zuerst werden in den Abschnitten 17.1 bis 17.4 vier Indikatoren besprochen (Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr, Nettonutzen des Mehrverkehrs, Veränderung der MWST-Einnahmen im öffentlichen Verkehr, Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr), bei denen die Begründung, warum sie berücksichtigt werden müssen, z.T. nicht trivial ist. Die Begründungen sind aus theoretischer Sicht sehr spannend, für den Laien allerdings nicht immer einfach zu verstehen. In der Praxis sind die vier Indikatoren jedoch meist von untergeordneter Bedeutung, da die Auswirkungen eines Projektes auf andere Indikatoren wie die Reisezeitgewinne meist deutlich grösser sind.

Anschliessend wird in Abschnitt 17.5 noch auf jene Indikatoren eingegangen, welche üblicherweise in einer KNA nicht berücksichtigt werden.

### **17.1 Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr**

Ein Strassenprojekt hat auch Auswirkungen auf die Einnahmen des Staates, da sich die Einnahmen aus der Treibstoffsteuer und aus der Maut (z.B. der LSVA) verändern.<sup>72</sup> Es ist zu klären, ob diese Einnahmenveränderungen in einer volkswirtschaftlichen KNA zu berücksichtigen sind.

In der Teilbilanz des Staates tauchen die zusätzlichen Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut selbstverständlich auf (vgl. Kapitel F). Sie werden dort den Kosten für Bau, Unterhalt und Betrieb der Strasse gegenübergestellt, die in den entsprechenden Indikatoren berücksichtigt werden (ein Beispiel ist oben links in Grafik 3 dargestellt – die Zahlenwerte in Geldeinheiten (z.B. in Mio. CHF pro Jahr) sind fiktiv). Werden die verschiedenen Teilbilanzen für Staat, Benützer und Allgemeinheit zu einem volkswirtschaftlichen Gesamtergebnis aggregiert, gehen alle Teilbilanzen zunächst in das volkswirtschaftliche Gesamtergebnis ein. Gewisse Indikatoren können aber aus verschiedenen Teilbilanzen mit umgekehrtem Vorzeichen eingehen, so dass sie sich gegenseitig herausstreichen. In diesem Fall spricht man von einem Transfer (der volkswirtschaftlich nicht relevant ist). Es stellt sich also die Frage, ob die zusätzlichen Einnahmen des Staates aus Treibstoffsteuern und Maut Transfers darstellen oder nicht.

---

<sup>71</sup> Infraconsult (1999), Kosten und Nutzen im Natur- und Landschaftsschutz.

<sup>72</sup> Die Einnahmen der Maut können auch bei einem privaten Betreiber anfallen. Im Folgenden gehen wir jedoch davon aus, dass der Staat die Mauteinnahmen einzieht und Betreiber der Infrastruktur ist. Das folgende Argument wird dadurch nicht tangiert.

**Grafik 3: Aggregation der Teilbilanzen bei sinkenden Zeitkosten (fiktive Zahlen in Geldeinheiten, z.B. in Mio. CHF pro Jahr)**

Teilbilanz Staat		
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	24	
Δ Unterhalt und Betrieb	4	
Δ Maut / Treibstoffsteuer		3
	28	3

Teilbilanz Stammverkehr		
	Kosten	Nutzen
Δ Zeitkosten		45
Total	0	45

Teilbilanz Mehrverkehr ohne Verrechnung		
	Kosten	Nutzen
Δ Bruttonutzen		12
Δ Betriebskosten Auto	4	
Δ Maut / Treibstoffsteuer	3	
Δ Zeitkosten	3	
Total	10	12

Teilbilanz Mehrverkehr mit Verrechnung		
	Kosten	Nutzen
Δ Netttonutzen		2
Total	0	2

Volkswirtschaftliche KNA ohne Verrechnung		
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	24	
Δ Unterhalt und Betrieb	4	
Δ Maut / Treibstoffsteuer	3	3
Δ Zeitkosten	3	45
Δ Bruttonutzen Mehrverkehr		12
Δ Betriebskosten Auto Mehrverkehr	4	
Total	38	60

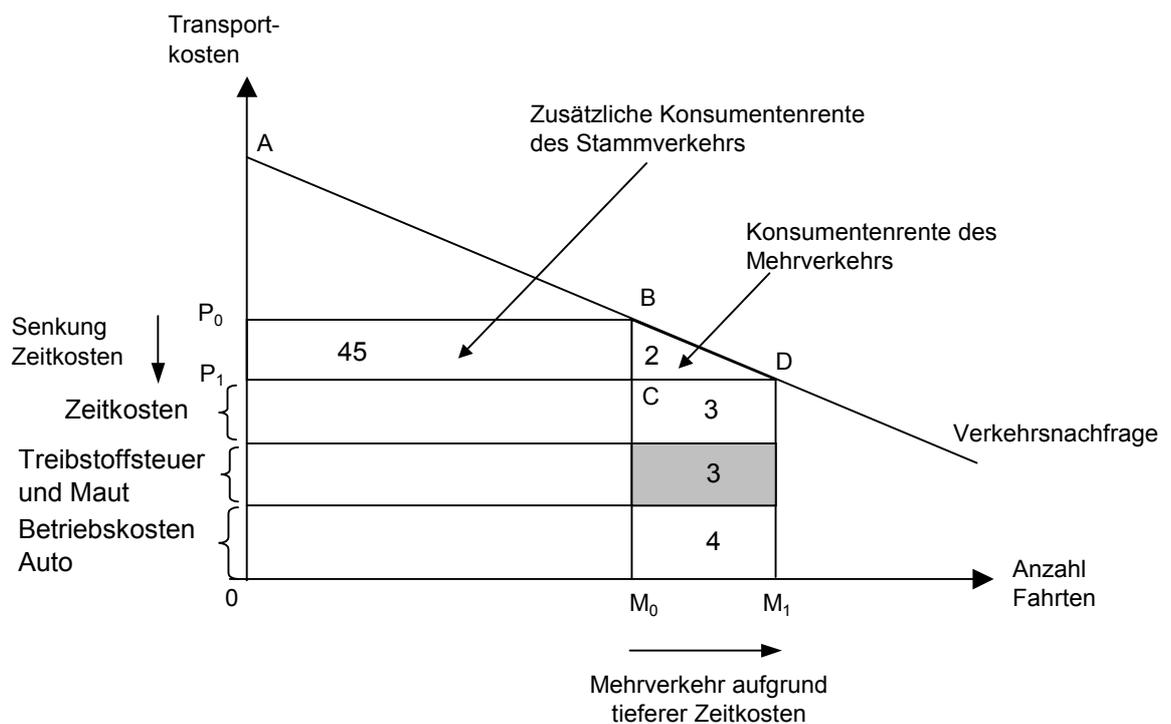
Volkswirtschaftliche KNA mit Verrechnung		
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	24	
Δ Unterhalt und Betrieb	4	
Δ Maut / Treibstoffsteuer		3
Δ Zeitkosten		45
Δ Netttonutzen Mehrverkehr		2
Total	28	50

Um diese Frage zu beantworten, ist es hilfreich die Teilbilanz der Benutzer zu betrachten. Es ist zu überlegen, was auf dem Transportmarkt geschieht, wenn dank einer neuen Strasse die Transportkosten sinken. Zuerst soll der einfachste Fall untersucht werden, in dem die Transportkosten lediglich aufgrund von Zeitgewinnen (von  $P_0 - P_1$  in Grafik 4) abnehmen (gleichzeitig sich verändernde Kosten für Treibstoffsteuer und Maut werden später betrachtet). Die Zeitgewinne des Stammverkehrs (d.h. des bisher bestehenden Verkehrs) werden beim Indikator Reisezeitgewinne berücksichtigt (mit der Fläche  $P_0BCP_1$  in Grafik 4 bzw. mit einem Wert von 45 in der Teilbilanz des Stammverkehrs<sup>73</sup> in Grafik 4 und Grafik 3). Im Beispiel, in dem sich nur die Zeitkosten verändern, bleiben die Kosten der Benutzer für Treibstoffsteuern und Maut (und die entsprechenden Einnahmen des Staates) unverändert und gehen nicht in die KNA ein, da in der KNA nur die Veränderungen gegenüber dem Referenzfall betrachtet

<sup>73</sup> Normalerweise wird nur eine Teilbilanz für die Benutzer gemacht, hier wird jedoch für die leichtere Verständlichkeit diese Teilbilanz aufgeteilt auf den Stamm- und Mehrverkehr.

werden. Für diesen einfachen Fall folgern wir also, dass im Stammverkehr Treibstoffsteuer und Maut in einer volkswirtschaftlichen KNA nicht zu berücksichtigen sind.

**Grafik 4:** Veränderungen auf der Strasse aufgrund sinkender Zeitkosten (in den Flächen stehen fiktive Zahlen in Geldeinheiten, z.B. in Mio. CHF pro Jahr)



Im Mehrverkehr sieht die Sache allerdings anders aus: Personen, die bisher mit dem ÖV oder gar nicht gereist sind, benutzen nun das Auto. Ein möglicher Umsteiger vom ÖV auf das Auto berücksichtigt bei seiner Entscheidung, ob er umsteigt, die folgenden Parameter: Benötigte Fahrzeit im ÖV und MIV (motorisierter Individualverkehr), Billettkosten ÖV, Betriebskosten MIV (Treibstoffkosten ohne Steuer), Treibstoffsteuer und Maut im MIV, Fahrkomfort ÖV und MIV. Beim Bau der Strasse verändert sich lediglich die benötigte Fahrzeit im Auto, die Betriebskosten MIV und / oder die Treibstoffsteuern und Maut.<sup>74</sup> Wiederum betrachten wir zuerst den Fall, in dem nur die Zeitkosten sinken. Der erste Umsteiger vom ÖV erzielt einen Gewinn in der Höhe der Preisreduktion  $P_0 - P_1$  in Grafik 4, da er vor der Preisreduktion gerade indifferent war zwischen einer Fahrt mit dem ÖV bzw. dem Auto. Der letzte Umsteiger erzielt jedoch keinen Gewinn mehr, da er beim neuen Preis  $P_1$  gerade indifferent ist zwischen einer Fahrt mit dem ÖV bzw. dem Auto. Der Nettonutzen aller Umsteiger entspricht gerade

<sup>74</sup> Für Personen, die bisher nicht gereist sind, verändern sich dieselben Parameter. Auf eine Berücksichtigung einer möglichen Veränderung des Fahrkomforts auf der Strasse wird verzichtet, da der Fahrkomfort bisher nicht monetarisiert werden konnte.

dem Dreieck BCD in Grafik 4. Damit ist der gesamte Nettonutzen für die Umsteiger abgebildet. In Grafik 3 beträgt der Nettonutzen 2.

Anstatt nur den Nettonutzen zu betrachten, kann aber auch der Bruttonutzen – das Trapez  $M_0BDM_1$  in Grafik 4 – untersucht werden. Der Bruttonutzen beträgt 12 in Grafik 3. Dann müssen auf der Kostenseite aber auch die vollen Kosten der zusätzlichen Fahrt miteinbezogen werden, d.h. die Zeitkosten (von 3 in Grafik 3), die Betriebskosten (Treibstoff ohne Steuern etc. von 4) sowie die Kosten für Treibstoffsteuer und Maut (von 3).

Werden nun die verschiedenen Teilbilanzen (ohne Verrechnung) in eine volkswirtschaftliche KNA zusammengeführt,<sup>75</sup> so gehen alle Werte der Teilbilanzen zunächst ohne Veränderung ein (volkswirtschaftliche KNA ohne Verrechnung in Grafik 3). Vom Staat kommen neben den Kosten für Bau (24 in Grafik 3), Unterhalt und Betrieb der Strasse (4) die zusätzlichen Einnahmen aus Maut und Treibstoffsteuer (3).<sup>76</sup> Vom Mehrverkehr kommt der Bruttonutzen (12) sowie die höheren Kosten für Zeit (3), Betrieb (4), Maut und Treibstoffsteuern (3). Dann werden jedoch die Treibstoffsteuer und die Maut saldiert. Vom Bruttonutzen (12) des Mehrverkehrs verbleibt nach Saldierung mit den Zeitkosten (3) und den Betriebskosten (4) der Nettonutzen (5), der durch das Dreieck BCD (2) sowie die Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut (3) abgebildet werden kann (vgl. Grafik 4 bzw. Grafik 3).

In der praktischen Anwendung der KNA wird dies am einfachsten durch die Berücksichtigung des Nettonutzens des Mehrverkehrs (2 in Grafik 3) sowie den zusätzlichen Einnahmen aus Maut und Treibstoffsteuer des Staates (3) berechnet. Die Herleitung zeigt jedoch, dass die Berücksichtigung der Einnahmen aus Maut und Treibstoffsteuer nur eine Hilfskonstruktion ist, um den Nettonutzen des Mehrverkehrs bei *volkswirtschaftlichen* Preisen<sup>77</sup> abzubilden: Echte volkswirtschaftliche Kosten entstehen dem Mehrverkehr nur in der Höhe der Betriebskosten (ohne Treibstoffsteuer von 4) und der Zeitkosten (3). Wird der volle Nutzen (12) mit diesen saldiert, verbleibt ein Nettonutzen (5) in der Höhe der Zeitgewinne (Dreieck BCD bzw. 2) sowie der Treibstoffsteuern und Maut (3).

Folglich sind in einer volkswirtschaftlichen KNA die **Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr als Nutzen zu berücksichtigen**. Diese Einnahmen sind in Grafik 4 grau hinterlegt.

Aus volkswirtschaftlicher Sicht sind im Beispiel von Grafik 3 die Nutzen um 22 grösser als die Kosten (dies gilt für die Betrachtung mit und ohne Verrechnung). In vielen internationalen und Schweizer KNA werden jedoch die Einnahmen aus Maut und Treibstoffsteuer nicht berück-

---

<sup>75</sup> Wir verzichten hier auf die Berücksichtigung aller hier nicht relevanten Indikatoren.

<sup>76</sup> Da in der KNA nur die Veränderung zum Referenzfall betrachtet wird, dürfen die Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut nur im Mehrverkehr berücksichtigt werden. Im Stammverkehr verändern sich die Einnahmen des Staates nicht (unter der Annahme, dass die neue Strasse nur die Zeitkosten verändert).

<sup>77</sup> Wir vernachlässigen hier externe Kosten (z.B. auf die Umwelt).

sichtigt.<sup>78</sup> Würden im Beispiel von Grafik 3 die Einnahmen aus Maut und Treibstoffsteuer vernachlässigt, wären die Nutzen nur noch um 19 höher als die Kosten. Wären jedoch z.B. die Investitionskosten um 21 grösser, so würde sich das Projekt gerade noch lohnen (Nettonutzen 1), aber bei Vernachlässigung der Einnahmen von Maut und Treibstoffsteuern gerade nicht mehr (Nettonutzen -2). Es würde also fälschlicherweise der Schluss gezogen, dass sich das Projekt nicht lohnt.<sup>79</sup>

Bisher haben wir den einfachsten Fall untersucht, in dem lediglich die Zeitkosten abnehmen. Im Folgenden wird untersucht, was geschieht, wenn die sinkenden Zeitkosten mit steigenden Kosten für Treibstoffsteuer und Maut einhergehen (z.B. beim Bau einer neuen bemauteeten Brücke). Dieser Fall wird in Grafik 5 und Grafik 6 dargestellt – wobei die bisherige Lösung in Grafik 6 noch gestrichelt eingezeichnet ist. Im Stammverkehr bedeutet die Erhöhung der Maut oder der Treibstoffsteuer, dass die Konsumentenrente entsprechend sinkt und die Einnahmen des Staates steigen (je um 3 in Grafik 5). Es handelt sich somit um einen Transfer. Der Nettonutzen der Volkswirtschaft wird durch die Reisezeitgewinne im Stammverkehr abgebildet. Im **Stammverkehr** sind die **Treibstoffsteuer** und die **Maut** also reine Transfers, die in der volkswirtschaftlichen KNA **nicht zu berücksichtigen** sind.<sup>80</sup>

Dies gilt auch, wenn sich die Treibstoffsteuern dank einer neuen, kürzeren Strasse vermindern. Den geringeren Einnahmen des Staates stehen geringere Kosten der Benutzer gegenüber. In diesem Fall ist aber zu berücksichtigen, dass die Betriebskosten im Stammverkehr abnehmen, was im Indikator Betriebskosten Fahrzeuge berücksichtigt wird.<sup>81</sup>

Bei den Berechnungen für den Mehrverkehr ist zu beachten, dass bei gleichzeitig steigender Maut oder Treibstoffsteuer die Preisreduktion kleiner ist (nur  $P_0 - P_2$  anstatt  $P_0 - P_1$  in Grafik 6). Entsprechend fällt auch der Mehrverkehr kleiner aus ( $M_2 - M_0$  anstatt  $M_1 - M_0$ ). Daraus folgt, dass auch der Nettonutzen des Mehrverkehrs (Dreieck BEF in Grafik 6) von 2 auf 1 abnimmt, vgl. Grafik 5). Wird die Teilbilanz des Mehrverkehrs ohne Verrechnung betrachtet, so sinkt der Bruttonutzen – im Vergleich zum Fall ohne Erhöhung der Maut – von 12 auf 8, die Betriebskosten von 4 auf 3, die Zeitkosten von 3 auf 2 und die Maut von 3 auf 2. Diese anderen Beträge ändern jedoch nichts am Prinzip, wie die volkswirtschaftliche KNA berechnet werden muss: In die KNA sind der Nettonutzen (Dreieck BEF) und die Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut des Staates zu berücksichtigen.<sup>82</sup> Am leichtesten ist dies einzusehen, wenn man bedenkt, dass es für den Mehrverkehr unerheblich ist, ob die Maut angehoben wird oder ob die Zeitkosten sich weniger (nur um  $P_0 - P_2$ ) reduzieren. Entscheidend ist

---

<sup>78</sup> Z.B. findet dieser Indikator keine Erwähnung im Übersichtsartikel über Bewertungssysteme in der EU (Bristow und Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union).

<sup>79</sup> In der Praxis würde nicht aufgrund einer so kleinen Nettonutzens für oder gegen ein Projekt entschieden, da die KNA nicht so trennscharf ist, weil sie mit grösseren Unsicherheiten behaftet ist (vgl. Kapitel K).

<sup>80</sup> Siehe z.B. Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 8-9.

<sup>81</sup> Grafisch kann man sich vorstellen, dass in Grafik 6 die Preisreduktion  $P_0 - P_1$  der Summe der Abnahme der Zeit- und Betriebskosten entspricht.

nur die Differenz der generalisierten Transportkosten ( $P_0 - P_2$ ) – wie diese zustande kommt, spielt keine Rolle.

**Grafik 5: Aggregation der Teilbilanzen bei sinkenden Zeitkosten und steigender Maut**

Teilbilanz Staat		
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	24	
Δ Unterhalt und Betrieb	4	
Δ Maut / Treibstoffsteuer		5 (= 3 + 2)
	28	5

Teilbilanz Stammverkehr		
	Kosten	Nutzen
Δ Zeitkosten		45
Δ Maut / Treibstoffsteuer	3	
Total	3	45

Teilbilanz Mehrverkehr ohne Verrechnung		
	Kosten	Nutzen
Δ Bruttonutzen		8
Δ Betriebskosten Auto	3	
Δ Maut / Treibstoffsteuer	2	
Δ Zeitkosten	2	
Total	7	8

Teilbilanz Mehrverkehr mit Verrechnung		
	Kosten	Nutzen
Δ Nettotonutzen		1
Total	0	1

Volkswirtschaftliche KNA ohne Verrechnung		
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	24	
Δ Unterhalt und Betrieb	4	
Δ Maut / Treibstoffsteuer	5	5
Δ Zeitkosten	2	45
Δ Bruttonutzen Mehrverkehr		8
Δ Betriebskosten Auto Mehrverkehr	3	
Total	38	58

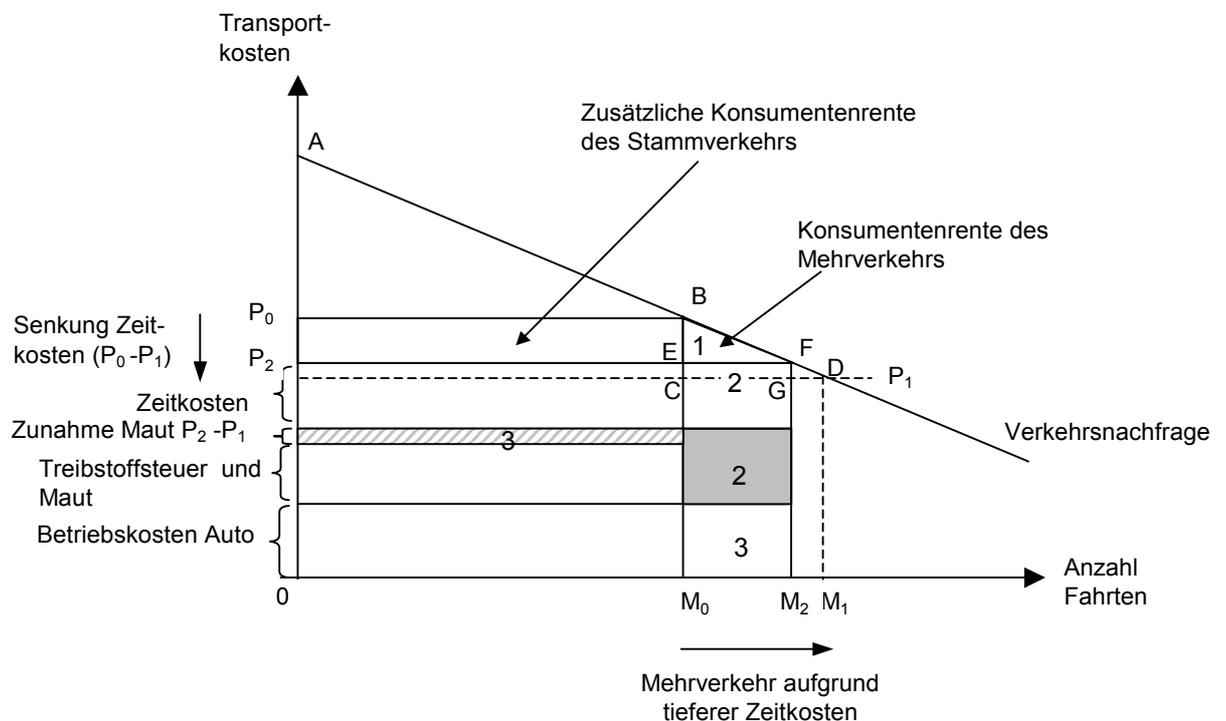
Volkswirtschaftliche KNA mit Verrechnung		
	Kosten	Nutzen
Investitionskosten	24	
Δ Unterhalt und Betrieb	4	
Δ Maut / Treibstoffsteuer		2
Δ Zeitkosten		45
Δ Nettotonutzen Mehrverkehr		1
Total	28	48

Unter den geänderten Voraussetzungen sind die Nutzen nur noch um 20 grösser als die Kosten (vgl. Grafik 5), weil sich im Vergleich zum Fall ohne Erhöhung der Maut der Nettotonutzen des Mehrverkehrs von 2 auf 1 reduziert hat und weil die zusätzlichen Einnahmen aus Maut und Treibstoffsteuer sich von 3 auf 2 reduziert haben. Beide Reduktionen ergeben sich durch die im Vergleich zum vorangehenden Beispiel verminderte Nachfragezunahme als Folge der erhöhten Mautabgabe. Die erhöhte Mautabgabe pro Fahrt reicht dabei nicht aus, um den Einnahmefall durch die geringere Nachfrage zu kompensieren.<sup>83</sup>

<sup>82</sup> Eine ähnliche Schlussfolgerung wird auch gezogen in Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 8-9.

<sup>83</sup> Diese Aussage gilt im gewählten Beispiel. Es ist jedoch bei anderen Gegebenheiten auch möglich, dass die Mauterinnahmen aus dem Mehrverkehr steigen, wenn die Maut erhöht wird.

**Grafik 6: Veränderungen auf der Strasse aufgrund sinkender Zeitkosten und steigender Maut (in den Flächen stehen fiktive Zahlen in Geldeinheiten)**



Fazit: Beim Mehrverkehr im MIV sind vom gesamten Nutzen (Fläche unter der Nachfragekurve) nur die Zeitgewinne (Dreieck) sowie Maut und Treibstoffsteuern als Nutzen zu berücksichtigen, denn die verbleibenden Zeit- und Betriebskosten fallen bei der Berechnung des Nettonutzens wieder heraus.

In diesem Abschnitt wurde anhand des Beispiels von Treibstoffsteuer und Maut eine Regel hergeleitet, die auch allgemein gilt.<sup>84</sup> Der Nutzen einer Verkehrsinvestition setzt sich zusammen aus der Konsumentenrente (Nettonutzen des Stamm- und Mehrverkehrs, d.h.  $P_0BFP_2$  in Grafik 6) und der Produzentenrente der Betreiber (Nettoeinnahmenänderungen der Betreiber (meist des Staates), d.h. die grau hinterlegte Fläche in Grafik 6).<sup>85</sup> Im bisher dargestellten Vorgehen haben wir allerdings im Stammverkehr die vollen Reisezeitgewinne berücksichtigt (ohne Abzug der höheren Maut) und beim Staat entsprechend die höheren Mauteinnahmen im Stammverkehr ebenfalls nicht berücksichtigt. Dies führt jedoch zu demselben Endergebnis.

<sup>84</sup> Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 64-68 und Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 8-2.

<sup>85</sup> Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 64-68 zeigt auch, dass die Produzentenrente mit dem Ressourcenverbrauch identisch ist.

## 17.2 Nettonutzen des Mehrverkehrs

Der Nettonutzen aus dem Mehrverkehr muss in einer KNA berücksichtigt werden. Der Mehrverkehr entsteht dabei aufgrund von Veränderungen in den generalisierten Transportkosten d.h. in den Zeit- und Betriebskosten, in den Kosten für Treibstoffsteuer und Maut und in der Zuverlässigkeit. In der internationalen Literatur werden die Nettonutzen des Mehrverkehrs allerdings selten erwähnt. Es scheint deshalb, dass diese Nutzen entweder vernachlässigt oder den entsprechenden Indikatoren Reisezeitveränderungen etc. zugeteilt werden.

Diese Zuteilung ist jedoch nicht immer problemlos: Eine neue Strasse führt zu einer Reduktion der generalisierten Transportkosten. Es ist allerdings möglich, dass einzelne Teile der generalisierten Transportkosten wie z.B. die Maut zunehmen. Betrachten wir nochmals das Beispiel in Grafik 6, in dem sich die Zeitkosten reduzieren, aber die Maut steigt. Ohne die Erhöhung der Maut würden Reisezeitgewinne in der Höhe des Dreiecks BCD resultieren. Der Mindernutzen aus der Maut entspricht dem Trapez ECDF, was als Resultat für den Nettonutzen das Dreieck BEF liefert. Diese Berechnung bedingt allerdings, dass neben dem neuen Verkehrsvolumen  $M_2$  auch das Verkehrsvolumen  $M_1$  berechnet wird. Dies stellt in der Praxis zu hohe Anforderungen an das Verkehrsmodell bzw. ist mit einem zu grossen Aufwand verbunden. Deshalb wird in dieser Norm der Nettonutzen des Mehrverkehrs als eigener Indikator ausgewiesen. Dann müssen nur das Verkehrsvolumen  $M_2$  und das Dreieck BEF bestimmt werden.

## 17.3 Veränderung der MWST-Einnahmen im öffentlichen Verkehr

Eine neue Strasse kann Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr (Bahn und Bus) haben. Meist führt eine neue Strasse zum Umsteigen vom ÖV auf die Strasse und damit zu Einnahmenverlusten beim ÖV. Es kann jedoch auch der umgekehrte Effekt eintreten: Werden z.B. neue Geschwindigkeitsbegrenzungen auf der Strasse eingeführt, so steigen die Einnahmen des ÖV. Im Folgenden verwenden wir jedoch das Beispiel von Einnahmenverlusten bei der Bahn, weil dies bei Strasseninfrastrukturprojekten der typische Fall ist.

Aus den Erläuterungen zu Maut und Treibstoffsteuer geht hervor, dass im Fall einer Verkehrsabnahme auf der Strasse, die entfallenden Einnahmen aus Maut und Treibstoffsteuer des Minderverkehrs als Kosten in der KNA zu berücksichtigen sind. Ganz analog müssen die entfallenden MWST-Einnahmen im ÖV ebenfalls als Kosten berücksichtigt werden, wenn ÖV-Benützer auf die Strasse umsteigen.<sup>86</sup> Dies ist z.B. in Schottland vorgeschrieben.<sup>87</sup> Die Berücksichtigung der MWST-Einnahmen folgt auch aus der Regel, dass der Nutzen der Konsumenten- und Produzentenrente entspricht (vgl. letzter Abschnitt von Abschnitt 17.1), da die MWST-Einnahmen einen Teil der Produzentenrente darstellen.

---

<sup>86</sup> Diese Aussage ist unabhängig davon, ob sich die Einnahmenverluste und die Betriebskosteneinsparungen im ÖV gegenseitig aufwiegen oder nicht (vgl. Abschnitt E17.4).

<sup>87</sup> Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 8-9.

## 17.4 Auswirkungen auf den öffentlichen Strassen- und Schienenverkehr

Im Folgenden gehen wir zuerst auf den öffentlichen Schienenverkehr ein und erst anschließend auf den öffentlichen Strassenverkehr.

Wie erwähnt führt der Bau einer neuen Strasse zum Umsteigen von Benützern des öffentlichen Schienenverkehrs auf die Strasse und damit zu Einnahmenverlusten im ÖV (wiederum beschränken wir uns im Folgenden auf den Fall von Einnahmenverlusten im ÖV (vgl. Abschnitt 17.3) – bei zusätzlichen Einnahmen gelten jedoch die exakt gleichen Argumente, einfach mit umgekehrtem Vorzeichen). Aufgrund der Einnahmenverluste wird jedoch möglicherweise das ÖV-Angebot reduziert und damit werden Betriebskosten gespart.

Es stellt sich die Frage, wie mit diesen Einnahmenverlusten und den Betriebskosteneinsparungen im Rahmen einer (volkswirtschaftlichen) KNA umzugehen ist. Im deutschsprachigen Raum wurden die Einnahmenverluste im ÖV bisher nicht in die KNA miteinbezogen. Abay vertritt dagegen die Meinung, dass die Einnahmenverluste des ÖV in der KNA berücksichtigt werden müssen, da sie ebenfalls einen Teil der Produzentenrente darstellen (vgl. letzter Abschnitt in Abschnitt 17.1).<sup>88</sup> Im Folgenden unterstützen wir Abays Ansicht.

Um sich klar zu werden, wie die Auswirkungen auf den ÖV in die KNA einzubeziehen sind, ist es hilfreich, zuerst einige grundsätzliche Überlegungen anzustellen: Bei der KNA handelt es sich um eine Partialanalyse, in der prinzipiell nur der Strassenverkehrsmarkt betrachtet wird. Bei der KNA werden also – im Gegensatz zu einem allgemeinen Gleichgewichtsansatz – nicht alle Auswirkungen auf andere Märkte und ihre Rückkoppelungen untersucht. Dies geschieht mit der Begründung bzw. unter der Annahme, dass auf allen anderen Märkten die Preise den Grenzkosten entsprechen.<sup>89</sup> In diesem Fall sind (kleinere) Veränderungen der Produktionsmengen in anderen Märkten mit keinem direkten (positiven oder negativen) volkswirtschaftlichen Nettonutzen verbunden.

Trifft man also die Annahme, dass auch im ÖV-Markt der Preis den Grenzkosten entspricht bzw. dass die Einnahmenverluste im ÖV gerade den Betriebskosteneinsparungen im ÖV entsprechen, so kann der ÖV-Markt in einer KNA für eine neue Strasse vernachlässigt werden. Im ÖV trifft jedoch die Annahme, dass die Einnahmenverluste den Betriebskosteneinsparungen entsprechen, nicht unbedingt zu, da der ÖV durch eine nicht stetige Kostenfunktion (sogenannte sprungfixe Kosten) gekennzeichnet ist. Der Extremfall stellt ein fixer Verlauf der Betriebskosten dar, bei welchem trotz sinkender Nachfrage (mit entsprechendem Einnahmenausfall) keine Betriebskosten eingespart werden können.<sup>90</sup> Gemäss der Standardannahme (Grenzkosten = Preis) müssten die Betriebskosten jedoch abnehmen. Die nicht fallenden Betriebskosten auferlegen der Volkswirtschaft jedoch zusätzliche Kosten. Approxima-

---

<sup>88</sup> Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 55-60.

<sup>89</sup> Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 58.

<sup>90</sup> Z.B. wenn eine bestimmte, fixe Grundversorgung aufrecht erhalten werden soll.

tiv werden diese Kosten der Höhe der Einnahmefälle gleichgesetzt. Deshalb müssen in einer KNA die Ausfälle der Billeteinnahmen berücksichtigt werden.<sup>91</sup>

Die vorangehenden Überlegungen sind vor allem bei einer kurzfristigen Betrachtung von Bedeutung, da kurzfristig oft von einem fixen Verlauf des ÖV-Angebotes ausgegangen werden kann. Entscheidend ist aber eine Betrachtung über die gesamte Nutzungsdauer. Es dürfte in den meisten Fällen sehr schwierig sein, verlässliche Szenarien für das ÖV-Angebot und dessen Kosten über lange Zeiträume hinweg zu erstellen: Es kann sein, dass im an sich wachsenden ÖV-Markt die Nachfragereduktion durch die neue Strasse später einmal dazu beiträgt, Neuinvestitionen in Rollmaterial oder Infrastruktur hinauszuzögern oder zu vermeiden und damit (Sprung-) Kosten zu sparen. Am nächsten an der Wahrheit dürfte die Annahme sein, dass sich mittelfristig die ÖV-Kosten einer veränderten Nachfrage anpassen.

Zusammenfassend ziehen wir folgende Schlussfolgerung: Selbst wenn Angaben zur Reduktion der Nachfrage im öffentlichen Schienenverkehr noch grob abgeschätzt werden können, lassen sich daraus die Auswirkungen auf das Fahrplanangebot nur schwer abschätzen. Bei kleineren Projekten<sup>92</sup> lohnt sich dieser Aufwand oft nicht. **Bei kleineren Projekten** ist also die **Vernachlässigung der Auswirkungen auf den ÖV vertretbar**. Dabei begehen wir kurzfristig einen Fehler,<sup>93</sup> der sich jedoch langfristig ausgleichen dürfte. **Bei grösseren Projekten müssen jedoch die Auswirkungen auf den ÖV genauer untersucht werden**. Dabei ist auch abzuschätzen, ob allfällige Nettoeinnahmenverluste nur kurzfristig entstehen oder auch langfristig Bestand haben. Nur wenn sich zuverlässige Szenarien zur Entwicklung des ÖV und dessen Kosten erstellen lassen, sollte die Veränderung im Saldo von Einnahmen und Kosten des ÖV mitberücksichtigt werden.<sup>94</sup>

Dieses Ergebnis folgt auch aus der Regel, dass die Produzentenrente bzw. die Nettoeinnahmenveränderung des ÖV-Betreibers in einer KNA zu berücksichtigen ist (vgl. letzter Abschnitt von Abschnitt 17.1). Bei der Betrachtung des ÖV müssen deshalb immer die Einnahmenverluste und die Betriebskosteneinsparungen gemeinsam analysiert werden. Es darf nicht geschehen, dass nur die relativ einfach zu ermittelnden Einnahmenverluste berücksichtigt werden, und die Änderung der Betriebskosten aufgrund von Schwierigkeiten bei der Datenerhebung vernachlässigt werden.

Ein Strassenbauprojekt kann neben den Einnahmenverlusten und Betriebskosteneinsparungen noch **weitere Auswirkungen auf den öffentlichen Schienenverkehr** bzw. die verblei-

---

<sup>91</sup> Dabei ist im Prinzip zu beachten, dass nur diejenigen Einnahmefälle miteinbezogen werden dürfen, die zur Deckung der Betriebskosten erhoben werden. Sind im Billetpreis weitere Bestandteile zur Finanzierung der fixen Infrastrukturkosten enthalten, sind diese nicht zu berücksichtigen (die fixen Infrastrukturkosten z.B. für erstellte Schienen stellen sogenannte sunk cost dar, die beim Entscheid über den Bau einer neuen Strasse nicht mehr betrachtet werden dürfen). In der Praxis dürfte dies jedoch oft nicht möglich sein.

<sup>92</sup> Die Grösse eines Projektes ist hier über die Auswirkungen auf den ÖV zu definieren.

<sup>93</sup> Wobei zu beachten ist, dass die Eröffnung einer neuen Strasse vorhersehbar ist, so dass die erwarteten Auswirkungen auf den ÖV bei der Fahrplanplanung berücksichtigt werden können.

benden ÖV-Kunden oder die Allgemeinheit haben, die in der KNA prinzipiell zu berücksichtigen sind:<sup>95</sup>

- Höhere Anpassungskosten aufgrund des weniger dichten Fahrplans: Die höheren Anpassungskosten können sinnvollerweise nur dann berücksichtigt werden, wenn die Fahrplananpassungen im Rahmen der Betriebskosten untersucht wurden.
- Höherer Komfort: Der Rückgang der Fahrgäste im ÖV hat auch zur Folge, dass in den Spitzenstunden der ÖV weniger überlastet ist, so dass weniger Passagiere stehen müssen. Dieser Komforteffekt wird jedoch üblicherweise als nicht-monetarisierbar angesehen.
- Werden im Schienenverkehr Betriebskosten eingespart (z.B. weniger Züge), so sinken auch die externen Kosten des ÖVs. In einer umfassenden KNA sind also prinzipiell auch Einsparungen im ÖV in den Bereichen Unfälle, Lärm, Luftverschmutzung und Klima miteinzubeziehen. Wiederum können diese externen Kosten sinnvollerweise nur dann berücksichtigt werden, wenn die Fahrplananpassungen im Rahmen der Betriebskosten analysiert wurden.

Der erste und der letzte Punkt sind nur bei Grossprojekten zu berücksichtigen, die einen erheblichen Effekt auf den ÖV haben.

**In der vorliegenden Norm** zum Strassenverkehr werden zur Ermittlung der **Auswirkungen auf den öffentlichen Schienenverkehr keine Vorgaben** gemacht, da für die Abschätzung der Veränderung der Betriebskosten viele bahnspezifische Fragen beantwortet werden müssen.

Projekte können auch Auswirkungen auf den **öffentlichen Strassenverkehr** haben. Bei kleineren Projekten dürften sich zusätzliche Betriebskosten und Einnahmen oft in etwa ausgleichen (vgl. oben). Vor allem bei Projekten zur Verbesserung des öffentlichen Strassenverkehrs ist aber ein Verzicht auf eine detaillierte Betrachtung der Kosten und Nutzen im öffentlichen Strassenverkehr nicht statthaft. Bei solchen Projekten soll die KNA vielmehr zeigen, ob die Kosten oder die Nutzen des Projektes höher sind. Auch bei nicht speziell auf den ÖV ausgerichteten Projekten kann der öffentliche Strassenverkehr profitieren, z.B. können Zeit- und Betriebskosten gespart werden, da die Busse dank der neuen Strasse ebenfalls schneller vorankommen (auf der neuen oder der entlasteten alten Strasse). Diese Ersparnisse können genau gleich wie die Reisezeitveränderungen und Betriebskosten des MIV berechnet werden. Daneben müssen auch die Veränderungen der Einnahmen des ÖV-Betreibers bestimmt werden.

---

<sup>94</sup> Sollte aufgrund der Mindereinnahmen der Fahrpreis im ÖV erhöht werden, hätte dies weitere Auswirkungen auf die Anzahl Fahrten auf Strasse und Schiene.

<sup>95</sup> Für die ersten drei Punkte siehe Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 57.

## 17.5 Üblicherweise in der KNA nicht berücksichtigte Indikatoren

Die folgenden Indikatoren werden in Kosten-Nutzen-Analysen üblicherweise vernachlässigt, finden aber vereinzelt Berücksichtigung:

- **Wert von Naherholungsgebieten oder Sehenswürdigkeiten:** Wenn durch eine Infrastruktur Naherholungsgebiete oder Sehenswürdigkeiten tangiert werden, dann kann sich deren Wert für die Bevölkerung ändern. Der Nutzen eines bisher ruhigen Waldweges wird sicherlich stark vermindert, wenn in Zukunft entlang des Weges eine Autobahn führt. Nebst der Lärmbelastung kann dabei auch die Veränderung des Landschaftsbildes oder generell der Eingriff in eine bisher unberührte Natur störend sein. Nutzeneinbussen sind auch bei Sehenswürdigkeiten wie z.B. historischen Gebäuden denkbar, wenn infolge eines Infrastrukturbaus die freie Sicht auf die Sehenswürdigkeit eingeschränkt wird.

Uns ist keine KNA bekannt, in die diese Indikatoren eingeflossen sind. Dies dürfte vor allem auf Probleme bei der Bestimmung des Mengen- und Wertgerüsts zurückzuführen sein: Beim Mengengerüst ist zu klären, innerhalb welchem Gebiet neben der neuen Strasse die Wertminderung zu berücksichtigen ist. Beim Wertgerüst existieren zwar einige Studien, welche den Erholungsnutzen stadtnaher Wälder bewerten.<sup>96</sup> Diese Studien kommen in Befragungen jedoch zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen (36 bzw. 142 CHF pro Person und Monat in Zürich bzw. Lugano<sup>97</sup>). Für die Untersuchung der Auswirkungen einer neuen Strasse auf ein Naherholungsgebiet (oder eine Sehenswürdigkeit) müsste jedoch die *Wertminderung* ermittelt werden. Diese lässt sich jedoch nicht aus den obigen Studien ableiten. Es müsste daher auf grobe Expertenmeinungen abgestellt werden. Aufgrund dieser Schwierigkeiten wird beim heutigen Forschungsstand empfohlen, auf eine Berücksichtigung des Wertes von Naherholungsgebiete oder Sehenswürdigkeiten in der KNA zu verzichten. Im NISTRA wird dieser Wert in der Form von übermässig lärmbelasteten Flächen in Schutz- und Erholungsgebieten in der Nutzwertanalyse berücksichtigt.<sup>98</sup>

- **Zerschneidung** (Habitatsfragmentierung): Strassen führen dazu, dass die Lebensräume (oder Habitate) von Tieren voneinander getrennt werden. Dieser Effekt wird in Kosten-Nutzen-Analysen meist nicht beachtet (vgl. Tabelle 8 und Tabelle 9). Wenn Zerschneidungseffekte in einer KNA berücksichtigt werden,<sup>99</sup> werden die Kosten von Massnahmen berechnet, die geeignet sind, die Zerschneidung aufzuheben oder zumindest zu mildern: Dies sind Wildtierüberführungen für grössere Tiere wie Hirsche, Rehe und Füchse sowie Röhren für kleinere Tiere wie Reptilien und Amphibien.

Werden Wildtierüberführungen und Röhren tatsächlich gebaut, erscheinen die Kosten bei den Baukosten und werden somit in der KNA berücksichtigt. Weil in diesem Fall der Zerschneidungseffekt weitgehend behoben ist (wenn genügend Wildtierüberführungen und

<sup>96</sup> Nielsen (1992), Der Wert stadtnaher Wälder als Erholungsraum, Schelbert et al. (1988), Wertvolle Umwelt.

<sup>97</sup> Infraconsult (1999), Kosten und Nutzen im Natur- und Landschaftsschutz, S. 66-67.

<sup>98</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 82.

<sup>99</sup> Dies ist z.B. in Suter et al. (2001), The Pilote Accounts of Switzerland und in Buser et al. (im Erscheinen), Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft der Fall.

Röhren gebaut werden), dürfen keine zusätzlichen Kosten veranschlagt werden. Werden keine Wildtierüberführungen und Röhren erstellt, so haben die Baukosten für die Wildtierüberführungen und Röhren keinen Zusammenhang mit dem Schaden, der durch die Zerschneidung entsteht. Der Schaden kann deutlich grösser oder deutlich kleiner sein als die Baukosten.<sup>100</sup>

Erschwerend kommt hinzu, dass bei der Bestimmung der Baukosten grosse Unsicherheiten herrschen: Die geschätzten Baukosten schwanken um den Faktor 2 bis 4.<sup>101</sup> Wir empfehlen daher, beim heutigen Wissenstand auf eine Berücksichtigung der Zerschneidung zu verzichten. Der Effekt der Zerschneidung ist jedoch ausserhalb der KNA zu analysieren. Sollten in nächster Zeit neue Forschungsergebnisse zur Monetarisierung der Zerschneidung erhältlich werden, so müsste die Norm in diesem Punkt angepasst werden.

- **Trennungseffekt Fussgänger:** Unter dem Trennungseffekt von Strassen für Fussgänger versteht man meist die Zeitverluste, die Fussgängern entstehen, wenn sie eine Strasse überqueren wollen. Wie die Tabelle 8 zeigt, wird der Trennungseffekt für Fussgänger lediglich in Deutschland und Dänemark in die KNA integriert. In weiteren Ländern wird dieser Effekt nur nicht-monetär berücksichtigt und in der Mehrheit der Länder sowie auch in allen bisherigen Studien in der Schweiz (vgl. Tabelle 9) sogar ganz vernachlässigt. Da der deutsche Ansatz nicht direkt auf die Schweiz übertragen werden kann<sup>102</sup>, würde eine Berücksichtigung des Trennungseffektes für die Fussgänger eine neue, fundierte Studie für die Schweiz erfordern.
- **Flächenverfügbarkeit für Fussgänger und Radfahrer:** Mit diesem Indikator werden die „Annehmlichkeiten des Aufenthaltes und der Fortbewegung von nichtmotorisierten Verkehrsteilnehmern“ bewertet.<sup>103</sup> Dieser Effekt wird unseres Wissens jedoch nur in Deutschland in die KNA einbezogen, während er sonst meist gar nicht in die Bewertung eingeht. In der Schweiz werden Auswirkungen auf den Fussgänger- und Veloverkehr teilweise nicht-monetär berücksichtigt.<sup>104</sup> In Deutschland geschieht der Einbezug in die KNA mit einem Kostensatz, der auf den Herstellungskosten für Flächen für Fussgänger und Radfahrer beruht.<sup>105</sup> Mit diesem Verfahren verursacht z.B. der Bau eines Radweges dieselben Kosten und Nutzen. Das Verfahren scheint deshalb zu einfach und müsste für eine Berücksichtigung dieses Indikators noch verbessert werden.
- **Wirtschaftliche Entwicklung und Beschäftigungseffekt:** Diese beiden Indikatoren werden nur in 2 der betrachteten 16 Bewertungssystemen in Europa in der KNA berücksich-

---

<sup>100</sup> Die Wildtierüberführung wurde möglicherweise gerade deshalb nicht gebaut, weil die Kosten dafür viel grösser wären als der Nutzen.

<sup>101</sup> Buser et al. (im Erscheinen), Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft, S. A-69.

<sup>102</sup> EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 50-52.

<sup>103</sup> EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 9.

<sup>104</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 54-56 und ASTRA (2001), Bau der Nationalstrassen, S. 14.

<sup>105</sup> EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 14 und 53.

tigt (vgl. Tabelle 8).<sup>106</sup> Auch in der USA sind diese Effekte in der KNA nicht zu finden.<sup>107</sup> In Frankreich<sup>108</sup> lautet die Begründung für das Weglassen aus der KNA, dass lokale Entwicklungseffekte meist auf Standortverschiebungen zurückzuführen sind, d.h. was einen Region gewinnt, verliert eine andere, so dass kein volkswirtschaftlicher Gewinn vorliegt. Zudem sind lokale Entwicklungseffekte schwer zu bestimmen. In manchen Ländern wird bei der Berücksichtigung regionaler ökonomischer Auswirkungen eine Doppelzählung befürchtet.<sup>109</sup> Beschäftigungseffekte sind unsicher, denn der Bau führt zwar zu neuen Arbeitsplätzen, doch ist unklar, ob diese Arbeitsplätze durch Marktmechanismen oder makroökonomische Effekte nicht andernorts verloren gehen. Beschäftigungseffekte während Bau und Betrieb werden in Frankreich deshalb gesondert – ausserhalb der KNA – ausgewiesen. Ausserdem erschweren theoretische und praktische Probleme eine genaue Bezifferung des Beschäftigungseffektes. Schliesslich ist unklar, wie ein geschaffener oder erhaltener Arbeitsplatz monetär zu bewerten ist.<sup>110</sup> Auch in der Schweiz wurden die wirtschaftliche Entwicklung und der Beschäftigungseffekt bisher nur einmal in einer KNA berücksichtigt (vgl. Tabelle 9). Die Wirkungszusammenhänge zwischen Verkehr und Wirtschaft sind aber noch nicht so gesichert und aufgearbeitet, dass ein genereller Einbezug in eine KNA mit vertretbarem Aufwand realisierbar ist. Dies hat auch eine neue Schweizer Studie<sup>111</sup> gezeigt, die wesentlich auf einer Studie des SACTRA beruht.<sup>112</sup> Eine weitere neue Studie<sup>113</sup> zeigt, dass positive Entwicklungseffekte, die von den Befürwortern eines Projektes oft betont werden, häufig nicht messbar, insignifikant oder gar negativ sind. Dies gilt selbst für Grossprojekte.<sup>114</sup>

Die folgenden Indikatoren können zwar für die Gesamtbeurteilung eines Projektes wichtig sein, wurden bisher aber unseres Wissens nie in eine KNA miteinbezogen:

- Erschütterungen<sup>115</sup>
- Bodenverschmutzung<sup>116</sup>
- Wasserverschmutzung<sup>117</sup>

---

<sup>106</sup> Auch in Deutschland werden die Beschäftigungseffekte nur im Bundesverkehrswegeplan von 1992 berücksichtigt, im EWS von 1997 jedoch nicht (EWS (2002), Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen, S. 64).

<sup>107</sup> Lee (2000), Methods for evaluation of transportation projects in the USA, S. 49.

<sup>108</sup> Quinet (2000), Evaluation methodologies of transportation projects in France, S. 31.

<sup>109</sup> Hayashi und Morisugi (2000), International comparison of background concept and methodology of transportation project appraisal, S. 85.

<sup>110</sup> Bristow und Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union, S. 57.

<sup>111</sup> EcoPlan, büro widmer (2003), Wirkungsketten Verkehr – Wirtschaft.

<sup>112</sup> SACTRA (1999), Transport and the Economy.

<sup>113</sup> Flyvbjerg et al. (2003), Megaprojects and Risk, S. 4 und 71.

<sup>114</sup> Die Auswirkungen des Kanaltunnels zwischen England und Frankreich auf die direkt betroffenen Regionen waren z.B. hauptsächlich negativ (Flyvbjerg et al. (2003), Megaprojects and Risk, S. 68).

<sup>115</sup> Bristow und Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union, S. 54.

- Ausbaustandard bzw. Fahrkomfort<sup>118</sup>

Der Einbezug dieser Indikatoren scheitert vor allem daran, dass bisher keine gesicherten monetären Bewertungssätze vorliegen.

## F Die Bildung von Teilbilanzen

### 18 Grundsätzliches

KNA-Teilbilanzen<sup>119</sup> basieren auf disaggregierten Kosten- und Nutzenströmen der Gesamtrechnung. Teilbilanzen ändern nichts am Resultat der aggregierten KNA und demnach auch nichts an der Reihenfolge der Varianten. Die KNA ist „blind“ gegenüber Verteilungsfragen, jeder Franken ist immer gleich viel wert.

Teilbilanzen beziehen ihre Bedeutung aus der Tatsache, dass sie wichtige Indikatoren für nicht-monetarisierbare Aspekte ausserhalb der KNA, aber innerhalb der Zweckmässigkeitsprüfung sein können – wie bspw. für die „gesellschaftliche Solidarität“ („möglichst ausgeglichene Verteilung von Kosten und Nutzen über Teilräume“). Von daher kann die Bedeutung von Teilbilanzen sogar erheblich sein:

- Teilbilanzen einer KNA können über **Verteilungswirkungen** monetärer oder monetarisierbarer Auswirkungen Transparenz schaffen.
- Teilbilanzen können im **politischen Entscheidungsprozess** von Bedeutung sein: Negativ beurteilte Verteilungswirkungen können ein zweckmässiges Vorhaben blockieren oder bei der politischen Entscheidung bzgl. Variantenwahl zu einem suboptimalen Ergebnis führen, weil man die tatsächliche Verteilungswirkungen nicht kennt.
- Verteilungsaspekte auf der Nutzenseite einer Verkehrsmassnahme können Hinweise auf geeignete **Finanzierungslösungen** geben.

---

<sup>116</sup> Bristow und Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union, S. 54 und ASTRA (2001), Bau der Nationalstrassen, S. 14.

<sup>117</sup> Bristow und Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union, S. 54, ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 103, Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, S. 8 und ASTRA (2001), Bau der Nationalstrassen, S. 14.

<sup>118</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 71.

<sup>119</sup> Zu den Begriffen: Mit „KNA“, „aggregierte KNA“ oder „Gesamt-KNA“ ist immer die Gesamtbilanzierung über alle Räume und alle Aspekte gemäss Abschnitt E17 gemeint. „Teilbilanzen“ sind Bilanzierungen über Teilmengen (räumlich, sachlich etc. s.u.).

- Verteilungsaspekte von Nutzen und Kosten können eine Grundlage sein für die Beurteilung der Zweckmässigkeit einer Verkehrsmassnahme aus **regionalwirtschaftlicher resp. raumordnungspolitischer Sicht**.

Teilbilanzen einer KNA dienen deshalb vor allem der **Schaffung von Interessentransparenz**. Kosten und Nutzen fallen bei einzelnen Wirtschaftseinheiten (Unternehmungen, Haushalte, Staat) an. Eine KNA bilanziert ausnahms- und unterschiedslos über alle hinweg. Teilbilanzen basieren auf Teilaggregationen dieser Kosten und Nutzen.

Die für Teilbilanzen benötigten Indikatoren können fast alle direkt aus dem Mengengerüst der Gesamt-KNA übernommen werden oder die disaggregierten Werte (vor allem für räumliche Teilbilanzen) fallen als Nebenprodukt bei deren Berechnung an (v.a. bei verkehrlichen Indikatoren). Der zusätzliche Aufwand ist somit gering.

Teilaggregationen können in **vier Dimensionen** vorgenommen werden:

- Für **sozioökonomische Gruppen**: **Staat (Betreiber Strasse, Betreiber ÖV, übriger Staat)**, **BenützerInnen** (im Falle einer Verkehrsinfrastruktur, resp. **VerkehrsteilnehmerIn** im Falle von verkehrsorganisatorischen Massnahmen) und **Allgemeinheit**.
- Für **räumliche Teilgebiete**: Die Verteilung der Nutzenströme kann eine Basis bilden für die Bemessung des Beitrags an die Kosten einer Massnahme.
- Für **Nachhaltigkeitsdimensionen**: Teilbilanzen können nach den drei Nachhaltigkeitsdimensionen Wirtschaft, Umwelt, Gesellschaft gebildet werden.
- Für **verschiedene Zeiträume**: Verteilung der Kosten und Nutzen in Bezug auf verschiedenen Generationen der Bevölkerung oder über die Zeit, d.h. sogenannte intergenerationale oder temporale Teilbilanzen.

Diese Fragen werden in der Literatur im Rahmen der sogenannten **Inzidenzanalyse** (vielleicht am besten zu übersetzen mit „Betroffenheitsanalyse“) diskutiert.<sup>120</sup> Dort wird als komplizierendes Element auch erwähnt, dass diese Verteilungen zeitlich nicht stabil sind. So führen veränderte Reisezeiten zu Standortverschiebungen von EinwohnerInnen und Arbeitsplätzen. Der Kreis der Betroffenen und das Ausmass der Betroffenheit ändern. Wie in Kapitel G (Mengengerüst) weiter ausgeführt wird, kann es im Rahmen der KNA nur um die sogenannte **Primärinzidenz** gehen, siedlungsstrukturelle Verschiebungen werden also nicht berücksichtigt.<sup>121</sup> Sekundär- und Tertiärinzidenzen würden zu hohem Erhebungsaufwand verursachen und wären mit zu grossen Unsicherheiten verbunden.

---

<sup>120</sup> Vgl. bspw. Frey und Brugger (1984), Infrastruktur, Spillovers und Regionalpolitik – Methode und praktische Anwendung der Inzidenzanalyse in der Schweiz.

<sup>121</sup> Man kann argumentieren, dass die Nutzengewinne des Strukturwandels in erster Näherung den Reisezeitgewinnen entsprechen und räumliche Inzidenzen daher mit der Untersuchung der Primärinzidenz mit genügender Genauigkeit abgebildet werden.

## 18.1 Literaturüberblick

Ein Blick in die Literatur ergibt folgendes Bild:

- In den USA sind Teilbilanzen in KNA nicht vorgesehen<sup>122</sup> und auch in der EU werden in den meisten Ländern die monetären Verteilungswirkungen eines Projektes nicht betrachtet.<sup>123</sup>
- In Frankreich wird zur Abbildung von Verteilungseffekten die volkswirtschaftliche Wirtschaftlichkeit in vier Teilbilanzen aufgeteilt, auf die Benutzer, Steuerzahler, Nachbarn des Infrastrukturprojektes und Betreiber (betriebswirtschaftliche Wirtschaftlichkeit). Die räumliche Verteilung kann dann durch das Aufteilen der Teilbilanz der Benutzer auf Teilräume eruiert werden.
- In Japan besteht ein detailliertes System von Teilbilanzen für Betreiber, Benutzer, Haushalte, Produzenten und die Regierung.<sup>124</sup>
- TINA sieht Teilbilanzen für Benutzer (lokal oder auswärtig), Nicht-Nutzer, Betreiber und für Regionen vor.<sup>125</sup>
- In der Schweiz wurden Teilbilanzen für Betreiber und Benutzer und teilweise für die Allgemeinheit in verschiedenen KNA berücksichtigt, so z.B. bei NHT (1983)<sup>126</sup> und NEAT (1988)<sup>127</sup>. Für letztere wurden auch regionale Teilbilanzen nach Ländern berechnet. Auch bei der ZMB Seetunnel/Stadttunnel wurden die Auswirkungen nach 42 Teilgebieten differenziert.<sup>128</sup>

## 18.2 Festlegungen

**Teilbilanzen nach sozioökonomischen Gruppen**, d.h. nach Staat (aufgeteilt in „Staat als Betreiber der Infrastruktur“ und „übriger Staat“) - Benutzer - Allgemeinheit, **sind in allen Fällen zu empfehlen.**

Das Bedürfnis nach **räumlichen Teilbilanzen** muss von Fall zu Fall aufgrund der konkreten Interessenlage ermittelt werden. Sie sind jedoch insbesondere bei Projekten, welche von mehreren Gebietskörperschaften gemeinsam finanziert werden sollen, sehr zu empfehlen.

Auf Teilbilanzierung nach **Nachhaltigkeitsdimensionen** wird im Rahmen der KNA verzichtet, da eine solche bereits auf der übergeordneten Ebene (NISTRA) erfolgt. Die Ansiedlung

---

<sup>122</sup> Lee (2000), Methods for evaluation of transportation projects in the USA, S. 49.

<sup>123</sup> Bristow und Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union, S. 57.

<sup>124</sup> Morisugi (2000), Evaluation methodologies of transportation projects in Japan, S. 36.

<sup>125</sup> European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 13 und 24.

<sup>126</sup> Güller / INFRAS (1983), Zweckmässigkeitsprüfung der neuen Eisenbahn-Haupttransversalen (NHT).

<sup>127</sup> Infrast (1988), Neue Eisenbahn-Alpentransversale durch die Schweiz: Zweckmässigkeitsprüfung.

<sup>128</sup> ARGE Züriring (2002), ZMB Seetunnel / Stadttunnel Zürich.

auf der NISTRA-Ebene hat den Vorteil, dass ein umfassenderes Indikatorengerüst untersucht werden kann als im Rahmen der KNA. Daher können insbesondere die Dimensionen Umwelt und Gesellschaft besser abgebildet werden, da in diesen zwei Dimensionen viele Auswirkungen relevant sind, die mit dem heutigen Wissensstand nicht oder nur ungenügend monetarisiert werden können.

Auf Teilbilanzen nach **Zeiträumen** oder **Generationen** wird ebenfalls verzichtet. Die zeitliche Struktur der Kosten- und Nutzenströme soll bei der Darstellung der Ergebnisse der KNA ausgewiesen werden (vgl. Kapitel L: Darstellung der Ergebnisse), wodurch ausreichende Transparenz über die zeitliche Verteilung der Kosten und Nutzen geschaffen wird.

## 19 Teilbilanzen nach sozioökonomischen Gruppen

Hier geht es um die Stellung im Projekt. Es werden die monetären Interessen der Anbieterseite, der Nachfragerseite und der Betroffenen ausgelotet.

### 19.1 Teilbilanz Staat („Staat als Betreiber“ und „übriger Staat“)

Noch ist heute der Staat sowohl Eigentümer wie Betreiber der Strasseninfrastrukturen. Angesichts vieler öffentlicher Interessen, die vom Infrastrukturbau tangiert sind, ist es kaum denkbar, dass der Bau von Infrastrukturen völlig frei gegeben wird. Solange der Staat zumindest Konzessionen erteilen wird, wird er sich auch für die Verteilung von Kosten und Nutzen interessieren.

Im Rahmen der KNA besitzt der Staat verschiedene Funktionen: Neben der erwähnten Eigenschaft als Eigentümer und Betreiber der Infrastrukturen ist er auch als Empfänger der Treibstoff- und Mehrwertsteuern von Verkehrsprojekten betroffen. Daher wird die Teilbilanz Staat in zwei Unter-Bilanzen aufgeteilt: „**Staat als Betreiber**“ und „**übriger Staat**“.

Für den Fall, dass zukünftig zu einem liberalisierten Verkehrsrecht übergegangen wird, in dem private Investoren Konzessionen für den Bau und den Betrieb von Infrastrukturen erwerben können, erlaubt diese Aufteilung auch, dass anstelle der Unter-Teilbilanz „Staat als Betreiber“ auch eine Teilbilanz „privater Investor“ gesetzt werden kann.

Folgende Indikatoren gehen in die Teilbilanz Staat ein: Dabei ist mit (\*) markiert, was der Unter-Teilbilanz „Staat als Betreiber“ resp. im Falle privater Konzessionsbehörden diesen zuzurechnen ist und mit (\*\*), was der Unter-Teilbilanz „übriger Staat“ zuzurechnen ist:

- Baukosten (\*)
- Ersatzinvestitionen (\*)
- Landkosten (\*)
- Unterhaltskosten (\*)

- Betriebskosten der Strassen (\*)<sup>129</sup>
- Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr (\*\*)  
(bei der Maut ist im Falle privater Betreiber je nach Konzessionsbestimmungen zwischen Staat und Betreiber auch (\*) möglich)
- Veränderung der MWST-Einnahmen im öffentlichen Verkehr (\*\*)
- Veränderung der Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr (\*\*)  
(bei der Maut ist im Falle privater Betreiber je nach Konzessionsbestimmungen zwischen Staat und Betreiber auch (\*) möglich)
- Finanzierungskosten (\*)

Bei den beiden letzten Indikatoren ist zu beachten, dass diese Indikatoren hier zum ersten Mal auftauchen, da es sich um Transfers zwischen den sozioökonomischen Gruppen handelt, die in der Gesamt-KNA nicht mehr erscheinen:

- Die Veränderung der Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr stellt einen reinen Transfer zwischen den Benützern und dem Staat dar und ist daher aus volkswirtschaftlicher Sicht nicht von Bedeutung.
- Auch die Finanzierungskosten (bei Bezahlung der Investitionskosten durch Kreditaufnahme) sind volkswirtschaftlich irrelevant, weil sie ein reiner Transfer (zwischen Kreditgeber und Kreditnehmer) sind.<sup>130</sup> Die Finanzierungskosten sind jedoch in der Teilbilanz Staat (Betreiber), der Zinsen zahlt, und in der Teilbilanz Allgemeinheit, wo die Zinserträge anfallen, zu berücksichtigen.

Im Falle privater Betreiber und staatlicher Konzessionsbehörde werden, abgesehen von Mauteinnahmen und Finanzierungskosten, noch weitere finanzielle Leistungen des Staates oder des Betreibers an den Vertragspartner der Konsolidierung bedürfen. Dies können Zahlungen von Seiten des Staats zur Deckung der Betriebsdefizite des Betreibers sein oder Konzessionsgebühren von Seiten des Betreibers an den Staat. Folglich müssen weitere Transfers zwischen den Unter-Teilbilanzen Betreiber und übriger Staat in die Betrachtung einbezogen werden.

Bei Strassenprojekten, welche explizit für den ÖV ausgeführt werden (z.B. Bau einer Busspur, Neubaustrecke zur Verlängerung einer Buslinie, Verkehrsregime-Änderung zugunsten des ÖV) ist zusätzlich auch der Indikator

- Auswirkungen auf den ÖV

der Unter-Teilbilanz „Staat als Betreiber“ zuzurechnen. Dieser Indikator wird normalerweise der Teilbilanz Allgemeinheit zugerechnet, da der Strassenbetreiber und der ÖV-Betreiber selten identisch sind. Bei Strassenprojekten zugunsten des ÖV kann der Hauptnutzen hinge-

<sup>129</sup> Bei einem privaten Betreiber sind die Betriebskosten der neuen Infrastruktur diesem zuzuschreiben die veränderten Betriebskosten der übrigen Infrastruktur jedoch dem Staat.

<sup>130</sup> Deshalb werden die Finanzierungskosten unseres Wissens international nirgends in der KNA berücksichtigt.

gen in Betriebskosteneinsparungen oder Mehreinnahmen beim ÖV liegen. Es ist in solchen Fällen davon auszugehen, dass der Betreiber der neuen Strasse entweder mit dem ÖV-Betreiber identisch ist oder von diesem direkt entschädigt wird. In jedem Fall liegen die Auswirkungen auf den ÖV im direkten Interesse des Betreibers der Strasse, sodass eine Zuordnung zur Teilbilanz „Staat als Betreiber“ angemessen ist.

## 19.2 Teilbilanz Benutzer

Als BenutzerInnen werden alle VerkehrsteilnehmerInnen<sup>131</sup> betrachtet. Neben den Personen, die einen direkt betroffenen Verkehrsweg benützen, sind auch indirekt betroffene BenutzerInnen anderer Strassenabschnitte sowohl im MIV wie im ÖV darin eingeschlossen. Folgende Indikatoren gehen in die Teilbilanz Benutzer ein:

- Betriebskosten Fahrzeuge
- Reisezeitveränderungen
- Veränderungen der Zuverlässigkeit
- Nettonutzen des Mehrverkehrs
- Durch BenutzerInnen gedeckte Unfallkosten
- Veränderungen der Ausgaben für Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr

Der letzterwähnte Indikator ist das Pendant zum Indikator „Veränderung der Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr“ in der Teilbilanz Staat.

## 19.3 Teilbilanz Allgemeinheit

Die Teilbilanz Allgemeinheit umfasst alle Auswirkungen auf „Dritte“. Sie ist eine Restmenge aller Indikatoren, welche nicht bereits in den Teilbilanzen Staat (Betreiber) oder Benutzer berücksichtigt worden sind. „Dritte“ können alle sein, nicht zuletzt auch die BenutzerInnen von Verkehrsinfrastrukturen selbst. Deren Betroffenheit ist dann eine doppelte: Als BenutzerInnen profitieren sie vom neuen Angebot, als Dritte sind sie von dessen Auswirkungen (positiv oder negativ) betroffen. Allerdings entspricht auch der Staat „allen Dritten“ in ihrer Funktion als SteuerzahlerInnen oder EinwohnerInnen und StimmbürgerInnen. Deshalb wird der Saldo der Teilbilanz Staat ebenfalls diesen Dritten zugerechnet. Bei der Zurechnung der Teilbilanz Staat sind zwei Fälle zu unterscheiden:

- Ist der Staat der Betreiber der Verkehrsinfrastruktur, dann wird sowohl der Saldo der Unter-Teilbilanz „Betreiber“ als auch derjenige der Unter-Teilbilanz „übriger Staat“ in die Teilbilanz Allgemeinheit eingerechnet.

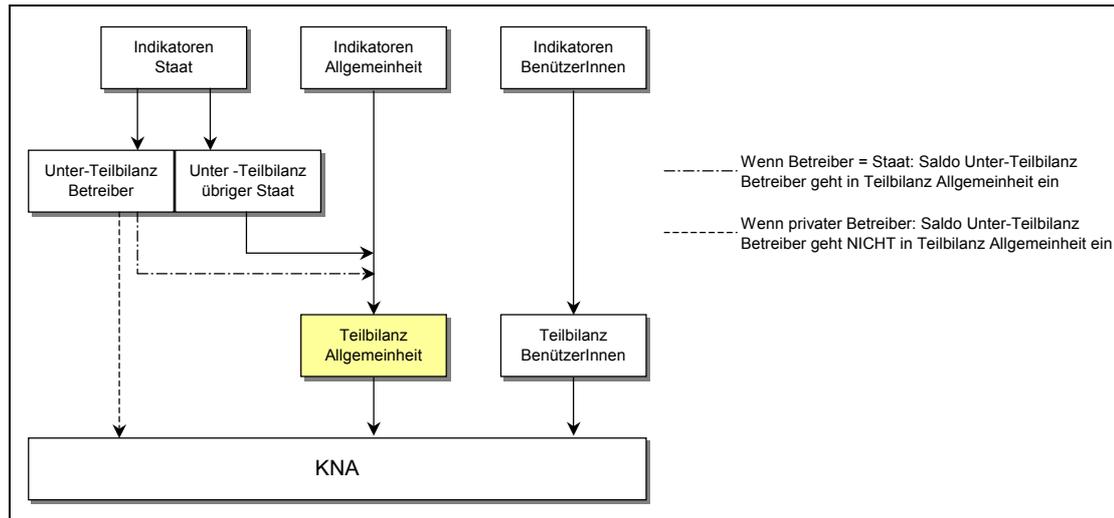
---

<sup>131</sup> In vielen Fällen kann eine Berücksichtigung der nichtmotorisierten VerkehrsteilnehmerInnen verzichtet werden – ausser wenn bedeutende Fussgängerströme oder Veloaufkommen durch eine Massnahme deutlich tangiert werden.

- Betreibt hingegen ein Privater die Verkehrsinfrastruktur, dann betrifft die Unter-Teilbilanz „Betreiber“ die Allgemeinheit nicht.

Grafik 7 zeigt welche Stellung der Teilbilanz „Allgemeinheit“ in der gesamtwirtschaftlichen KNA zukommt.

**Grafik 7: Stellung der Teilbilanz Allgemeinheit im Rahmen der KNA**



Folgende Indikatoren gehen in die Teilbilanz Allgemeinheit ein:

- Externe Kosten des Verkehrs:
  - Nicht durch Benutzer gedeckte Unfallkosten
  - Lärm
  - Luftverschmutzung
  - Klima
  - Externe Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur
  - Bodenversiegelung
  - Landschafts- und Ortsbild
- Auswirkungen auf den ÖV (Ausnahme: Bei Strassenprojekten, welche explizit für den ÖV getätigt werden, vgl. Abschnitt 19.1)
- Finanzierungskosten (Erträge aus den Finanzierungskosten des Betreibers, es handelt sich also um das Pendant zum Indikator Finanzierungskosten in der Teilbilanz Staat (Betreiber))
- Saldo der Teilbilanz Staat. Dabei wird der Saldo der Unter-Teilbilanz „übriger Staat“ immer berücksichtigt, der Saldo der Unter-Teilbilanz Betreiber jedoch nur, wenn die Infrastruktur vom Staat betrieben wird.

Es ist ein Zwischensaldo für die externen Kosten des Verkehrs zu bilden. Dargestellt in einem Kontenrahmen ergibt sich die in Grafik 8 dargestellte Struktur der Teilbilanzen.

Die Teilbilanz Allgemeinheit ergibt zusammen mit der Teilbilanz Benutzer (und im Falle eines privaten Betreibers mit der Unter-Teilbilanz Betreiber) das Gesamtergebnis der KNA, im Beispiel von Grafik 8 ergibt sich also einen Nettonutzen von  $424 - 378 = 46$ .

## 20 Räumliche Teilbilanzen

Mit räumlichen Teilbilanzen können zwei Zwecke verfolgt werden:

- Abschätzung der Verteilung der Auswirkungen im Raum
- daraus abgeleitet: Hinweise für die Regelung der Finanzierung einer Massnahme

Teilbilanzen sind denkbar für:

- Strukturell definierte Gebietseinheiten wie Zentralräume, periphere Räume usw.<sup>132</sup>
- Wichtiger erscheinen aber im Zusammenhang mit der KNA politische Gebietseinheiten wie **Länder, Kantone und ev. Gemeinden**.

Im Falle räumlicher Teilbilanzen muss als erstes die **Zuordnung von Nutzen und Kosten** geregelt werden. Es gilt das **Wohnsitzprinzip**, d.h. der Nutzen resp. die Kosten werden demjenigen Raum zugeschrieben in dem der erstbetroffene<sup>133</sup> Haushalt oder die betroffene Unternehmung die Niederlassung hat.

Zur Lokalisierung der wichtigsten Komponente – der Reisezeiteinsparungen – muss auf Verkehrsmodellergebnisse zurückgegriffen werden. Dabei werden die Nutzen (resp. Kosten) dem **Ausgangs- und Zielort der Wunschnlinien je hälftig** zugeordnet. Dasselbe Verfahren kann für die Veränderung in den Betriebskosten Fahrzeuge, der Veränderung der Zuverlässigkeit und den Nettonutzen des Mehrverkehrs angewandt werden.<sup>134</sup>

In räumlichen Teilbilanzen werden im Prinzip alle in der KNA berücksichtigten Indikatoren verwendet. Es wird nur unterschieden, wo resp. in welchen Gebieten diese anfallen.

---

<sup>132</sup> Damit können bspw. Fragen geklärt werden wie: Profitieren von einer Massnahme eher Zentren oder periphere Räume?

<sup>133</sup> Beim Lärm wird bspw. angenommen, dass derjenige den Schaden trägt (oder bei Lärmverminderung den Nutzen hat), der dem Lärm ausgesetzt ist. Eine monetäre Wertminderung würde indessen der Besitzer der lärmexponierten Liegenschaft tragen. Dessen Wohnsitz kann aber irgendwo sein.

<sup>134</sup> Die hälftige Zuordnung zu Ausgangs- und Zielort stellt eine Approximation dar, welche nicht 100% mit dem Wohnsitzprinzip konform ist (Problem der non-home-based Wege). In der Tendenz wird der Nutzen von Teilgebieten, die weiter vom Projekt entfernt sind, unterschätzt, da kurze non-home-based Wege (z.B. vom Arbeitsplatz in der Projektregion zum nahen Sportcenter fälschlicherweise der Projektregion zugeschrieben werden, auch wenn die Person weit weg wohnt. Die Ungenauigkeit dürfte jedoch für den Zweck der räumlichen Teilbilanzierung vertretbar sein und der Zusatzaufwand zur Überwindung des Problems der non-home-based Wege im Verkehrsmodell scheint nicht gerechtfertigt.



Ausgeklammert werden jedoch diejenigen Indikatoren, die räumlich nicht zuscheidbar sind wie bspw. die Auswirkungen auf das Klima. Das Indikatorenset kann jedoch zusätzlich entsprechend der verfolgten Zielsetzung vereinfacht werden: **Die Investitionskosten (Baukosten, Landkosten und ev. die Ersatzinvestitionen<sup>135</sup>) sollen in einem ersten Schritt immer ausgeklammert werden**, denn das Finden einer geeigneten Aufteilung dieser Kosten kann gerade das Ziel der Berechnung der räumlichen Teilbilanzen sein. In denjenigen Fällen, in denen die Finanzierungsschlüssel und Kostenaufteilungen (inkl. Transfers) gegeben sind, können dann **in einem zweiten Schritt** konsolidierte räumliche Teilbilanzen gebildet werden, die den Nettonutzen pro Teilraum unter Berücksichtigung der Kostenbeteiligung ausweisen.

Im Vordergrund stehen folgende Indikatoren:

- Unterhaltskosten
- Betriebskosten der Strassen
- ev. Ersatzinvestitionen (vgl. Fussnote 135)
- Reisezeitveränderungen
- Betriebskosten Fahrzeuge
- Veränderungen der Zuverlässigkeit
- Nettonutzen des Mehrverkehrs
- Unfallkosten
- Lärm
- Luftverschmutzung
- Bodenversiegelung
- Landschafts- und Ortsbild

Wünschenswert wäre ferner der Einbezug der Auswirkungen auf den ÖV. Es dürfte jedoch in vielen Fällen schwierig sein, bei den Auswirkungen auf die Einnahmen zwischen dem Regional- und Fernverkehr unterscheiden zu können. Eine Differenzierung in Inland/Ausland sollte jedoch in vielen Fällen möglich sein.

Entsprechend der beschränkten Aussagekraft der KNA – gerade auch im Falle räumlicher Teilbilanzen – werden in der Praxis oft nur die wichtigsten räumlich zuscheidbaren monetären Komponenten berücksichtigt, da die regionale Aufteilung bei einigen Indikatoren z.T. aufwendig sein kann. Die wichtigste Komponente einer räumlichen Teilbilanz stellen dabei fast immer die Reisezeitveränderungen dar. In kleinen und mittleren Projekten kann man die räumlichen Teilbilanzen daher unter Umständen auf diesen Indikator beschränken.

---

<sup>135</sup> Bei den Ersatzinvestitionen stellt ich die Frage, ob sie mit derselben Kostenaufteilung wie die anfänglichen Investitionen finanziert werden. Dies dürfte der Normalfall sein. Es ist jedoch v.a. bei einer ausländischen Kostenbeteiligung z.B. durch die EU oder andere Staaten durchaus denkbar, dass sich deren Kostenbeteiligung allein auf die Anfangsinvestitionen bezieht und dass später anfallende Ersatzinvestitionen allein von den Schweizer Institutionen getragen werden. Wenn dies der Fall ist, müssten die Ersatzinvestitionen in räumlichen Teilbilanzen berücksichtigt werden.

Genau wie bei der gesamten KNA ist jedoch auch bei einer umfassenden räumlichen Auswirkungsanalyse wichtig, dass die Bewertung nicht allein aufgrund der in der KNA erfassten Indikatoren geschieht. Insbesondere (soziale und politische) Aspekte des Ausgleichs zwischen verschiedenen regionalen oder regionalwirtschaftliche Aspekte werden in der KNA nicht berücksichtigt. Daher ist es wichtig, dass solche nicht monetarisierbaren Aspekte in die Bewertung der räumlichen Inzidenzen mit einbezogen werden.

### **Zusammenfassung: Zuordnung der Indikatoren einer KNA zu den Teilbilanzen**

Die folgende Tabelle fasst gibt eine zusammenfassende Übersicht über die Zuordnung der Indikatoren zu den einzelnen Teilbilanzen.

## **G Mengengerüst: Verkehrliche Auswirkungen**

### **21 Benötigte Verkehrsdaten in einer KNA**

Obwohl Transportvorgänge nur in unbedeutenden Ausnahmefällen einen Nutzen an sich darstellen, sind die Auswirkungen einer Massnahme auf den Verkehr eine sehr wichtige Grundlage für die Ermittlung der zugehörigen Nutzen- und Kostenströme. Daher werden in diesem Kapitel G die Anforderungen an die Ermittlung der verkehrlichen Auswirkungen von Massnahmen festgelegt. Hinter der Abschätzung solcher Auswirkungen stecken immer Verkehrsmodelle einfacheren („Tischmodelle“, Excel-Tabellen) oder komplexeren Zuschnitts (sog. Verkehrsnachfragemodelle). Im folgenden ist immer von „Verkehrsmodell“ die Rede. Vereinfachungen werden später diskutiert (vgl. Abschnitt 29).

Die verkehrlichen Auswirkungen eines (Strassen-)projekts werden mittels eines Modells irgendetwelcher Art ermittelt. Da es sich um zukünftige und hypothetische Auswirkungen handelt, ist gar nichts anderes möglich. Es gibt zwei Bereiche, für die im Rahmen einer Norm für die KNA Festlegungen zu treffen sind:

- Anforderungen an die Daten (welche?)
- Festlegungen über Art der Ermittlung der Daten (wie und für welche Zeit?)

Die erste Aufgabe ist die einfachere. Es braucht „nur“ eine „buchhalterische“ Darstellung all dessen, was für die verschiedenen Indikatoren gefordert ist. Hierüber gibt Tabelle 11 abschliessend Auskunft.

Verkehrsmodellrechnungen sind immer für den **Referenzfall und alle untersuchten Varianten** vorzunehmen. Zusammenfassend sind zur Bewertung der Indikatoren für jede Variante und den Referenzfall für jede Relation (Verbindung der Teilgebiete i und j) folgende Verkehrsmodellergebnisse zu berechnen:

**Tabelle 10: Zuordnung der Indikatoren einer KNA zu verschiedenen Teilbilanzen**

Indikator	sozio- ökonomische Teilbilanzen			räumliche Teilbilanzen <sup>1</sup>	
	Staat		Benutzer		Allgemeinheit
	Betreiber	übriger Staat			
Baukosten					
Ersatzinvestitionen				ev.	
Landkosten					
Unterhaltskosten				N	
Betriebskosten der Strassen				N	
Auswirkungen auf den ÖV	siehe Anmerkung 5			siehe Anmerkung 5	
Betriebskosten Fahrzeuge				N	
Reisezeitveränderungen				N	
Veränderungen Zuverlässigkeit				N	
Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr	siehe Anmerkung 2	siehe Anmerkung 2			
Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr <sup>3</sup>	siehe Anmerkung 2	Einnahmen <sup>2</sup>	Ausgaben		
Finanzierungskosten <sup>3</sup>	Kosten			Erträge	
Nettonutzen im Mehrverkehr				N	
Veränderung der MWST- Einnahmen im ÖV				nur Aufteilung Schweiz / Ausland	
Unfälle			z.T. <sup>4</sup>	z.T. <sup>4</sup>	
Lärm				S	
Luftverschmutzung				S	
Klima					
Externe Kosten der Energie durch Betrieb der Infrastruktur					
Bodenversiegelung				S	
Landschafts- und Ortsbild				S	

<sup>1</sup> Zuordnung nach N= Niederlassungsort der effektiv Betroffenen, S= Standortregion der Verkehrswege mit Immissionsveränderungen.

<sup>2</sup> Im Falle privater Betreiber ist bei der Maut je nach Konzessionsbestimmungen zwischen Staat und Betreiber auch Zuordnung zur Unterbilanz Betreiber möglich.

<sup>3</sup> Reiner Geldtransfer, der bei der konsolidierten Betrachtung wegfällt.

<sup>4</sup> Durch die Benutzer gedeckte Unfallkosten erscheinen in der Teilbilanz Benutzer, die restlichen Unfallkosten in der Teilbilanz Allgemeinheit.

<sup>5</sup> Dieser Indikator wird in der Regel der Teilbilanz Allgemeinheit zugerechnet, da der Betreiber einer Strasse und der ÖV-Betreiber selten identisch sind. Eine Zuordnung zur Teilbilanz Betreiber ist nur dann vorzunehmen, wenn ein Strassenprojekt explizit für den ÖV ausgeführt wird, z.B. Bau einer Busspur, Neubaustrecke zur Verlängerung einer Buslinie, Verkehrsregime-Änderung zugunsten des ÖV.

- Distanzen
- Anzahl Fahrzeugfahrten (d.h. die Wunschlinienmatrix) pro Jahr aufgeteilt nach Fahrzeugkategorien und für jeden Link aufsummiert (Streckenbelastung)
- Anzahl Personalfahrten pro Jahr aufgeteilt nach Fahrzeugkategorien, Fahrtzweck und für verschiedene Verkehrszustände (repräsentiert durch verschiedene Zeitabschnitte)
- Reisezeiten nach Fahrzeugkategorie in verschiedenen Verkehrszuständen
- Veränderung der Einnahmen im ÖV (sofern der ÖV im Verkehrsmodell abgebildet wird).

Da bei einem dynamischen oder stochastischen Gleichgewichtszustand jeweils mehrere Pfade von Quelle zum Ziel die gleichen generalisierten Kosten aufweisen können, sind für die Distanzen und Reisezeiten gewichtete Mittelwerte über die verschiedenen Routen zu bilden.

Die zweite Aufgabe ist die schwierigere. Darauf wird im folgenden eingegangen.

Tabelle 11: Notwendige Daten aus dem Verkehrsmodell

Indikator	Ermittlung über Verkehrsmodell	Benötigte Daten							
		Distanzenmatrix [km] <sup>1,2</sup>	Fahrzeugfahrtenmatrix [Fz/Zeit]	Personenfahrtenmatrix [Pers./Zeit]	Reisezeitmatrix [Min.] <sup>1</sup>	Streckenbelastungen [Fz/Zeit]	direkt aus dem Verkehrsmodell	indirekt aus dem Verkehrsmodell	Beschreibung
Baukosten	Nein								
Ersatzinvestitionen	Nein								
Landkosten	Nein								
Unterhaltskosten	Nein								
Betriebskosten der Strassen	Nein								
Auswirkungen auf den ÖV	Nein / Ja								Betriebskosten Schiene: Nein / Betriebskosten Strasse: siehe Betriebskosten Fahrzeuge
	Ja	X	X					X	Veränderung der Einnahmen im ÖV pro Jahr
Betriebskosten Fahrzeuge	Ja	X	X					X	Distanzen und Anzahl Fahrzeugfahrten pro Jahr je Relation und Fahrzeugkategorie
Reisezeitveränderungen	Ja			X	X			X	Reisezeit und Anzahl Personenfahrten pro Jahr je Relation, differenziert nach Fahrzeugkategorie und Fahrtzweck für verschiedene Zeitabschnitte
Veränderungen Zuverlässigkeit	Ja			X				X	Siehe Detailnorm SN 671 815: Bewertung der Zuverlässigkeit im Verkehr
Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr	Ja	X	X					X	Distanzen und Anzahl Fahrzeugfahrten pro Jahr je Relation und Fahrzeugkategorie
Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr	Ja	X	X					X	Distanzen und Anzahl Fahrzeugfahrten pro Jahr je Relation und Fahrzeugkategorie
Finanzierungskosten	Nein								
Nettonutzen im Mehrverkehr	Ja	X	X	X	X			X	Distanzen und Anzahl Fahrzeugfahrten sowie Reisezeit und Anzahl Personenfahrten pro Jahr je Relation und Fahrzeugkategorie, für Reisezeiten auch differenziert nach Fahrtzweck für verschiedene Zeitabschnitte
Veränderung MWST- Einnahmen im ÖV	Ja	X	X					X	Veränderung der Einnahmen im ÖV pro Jahr
Unfälle	Ja						X	X	Siehe Detailnorm SN 671 814: Unfallraten und Unfallkostensätze im Verkehr Im Wesentlichen ist die jährliche Fahrleistung je Strassentyp und Fahrzeugkategorie massgebend
Lärm	Ja						X	X	Siehe Detailnorm SN 671 818: Externe Kosten im Strassenverkehr Im Wesentlichen ist dies die massgebende Streckenbelastung je Fahrzeugkategorie getrennt nach Tag (6 bis 22 Uhr) und Nacht (22 bis 6 Uhr)
Luftverschmutzung	Ja						X	X	Siehe Detailnorm SN 671 818: Externe Kosten im Strassenverkehr Im Wesentlichen ist die jährliche Fahrleistung je Strassentyp und Fahrzeugkategorie massgebend
Klima	Ja	X	X					X	Siehe Detailnorm SN 671 818: Externe Kosten im Strassenverkehr Im Wesentlichen ist die jährliche Fahrleistung je Strassentyp und Fahrzeugkategorie massgebend
Externe Kosten der Energie durch Betrieb der Infrastruktur	Nein								
Bodenversiegelung	Nein								
Landschafts- und Ortsbild	Nein								

<sup>1</sup> Für Distanzen und Reisezeiten ist für jede Relation jeweils der gewichtete Mittelwert über verschiedene Routen zu wählen.

<sup>2</sup> Die Distanzen müssen nach In- und Ausland differenziert werden, um unterschiedliche Steuersätze berücksichtigen zu können.

## Gegenstand und Ansprüche an ein Verkehrsmodell

Verkehr ist eine ausgesprochen dynamische Grösse. Um allen Aspekten gerecht zu werden, die für die beeinflussten Indikatoren gemäss Tabelle 11 eine Rolle spielen, müssten folgende Anforderungen erfüllt werden:

Differenziert nach

- Fahrzeugkategorien
- Strassentypen (Strassenkategorien, Neigungsverhältnisse)
- Zusammensetzung der Nachfrage nach Fahrtzwecken

müssten für

- alle Tageszeiten (Tagesganglinie)
- alle Wochentage (Wochenganglinie)
- alle Monate (Jahresganglinie)

für einen festgelegten Zeitraum von meist 40 Jahren (vgl. Abschnitt D13) unter Berücksichtigung von

- Entwicklung aller Rahmenbedingungen (Bevölkerung, Einkommen, Preise, autonome Entwicklung der Verteilung von Aktivitäten wie Wohnen, Arbeiten, publikumsintensive Einrichtungen im Raum etc.) über diese Zeit in Abhängigkeit von der Zeit oder als Resultat von dynamischen makroökonomischen Wirtschaftsmodellen
- Rückkoppelungen der Projektvarianten auf Wirtschaft und Gesellschaft (v.a. endogene Verteilung von Haushalten, Arbeitsplätzen und PE im Raum – sog. Landuse-Transport-Modelle) auf die verkehrserzeugenden Variablen

die geforderten Angaben gerechnet werden. Dabei müssten diese Verkehrsmodelle im Optimalfall nicht nur das Geschehen auf den Links zuverlässig abbilden können, sondern auch das Geschehen an den Knoten. Für jede Beziehung (Abbieger) auf jeder Zufahrtsstrecke zum Knoten müssten die entsprechenden Leistungsfähigkeiten (inklusive deren wechselseitigen Abhängigkeiten) möglichst realistisch und rational<sup>136</sup> berücksichtigt werden.

Ein solcher Anspruch ist unmöglich einzulösen. Es braucht in jedem Fall Abstraktionen und Vereinfachungen.

### 21.1 Modelltechnischer Ansatz

Verkehrsmodelle gehen vom Ansatz aus, dass alle Wege, die zwischen einer Quelle  $i$  und einem Ziel  $j$  unternommen werden, dieselben generalisierten Kosten aufweisen. Alle nicht benutzten Wege haben höhere Kosten (Nutzergleichgewicht von Wardrop). Da jeder Nutzer

die generalisierten Kosten für sich selber optimiert, entsteht kein Systemoptimum; die Summe aller generalisierten Kosten ist nicht minimal.

Das Nutzergleichgewicht von Wardrop setzt bei jedem Reisenden die absolute Kenntnis aller möglichen Alternativen voraus. Dies ist in der Realität nicht gegeben. Da sich der Nutzer aber über die Alternativen seiner häufig unternommenen Wege informieren wird, ist der Fehler vertretbar.

Neuere Ansätze wie das stochastische Nutzergleichgewicht, bei dem jeder Reisende seine Kosten subjektiv bewertet und somit auch Fahrten mit objektiv unterschiedlichen generalisierten Kosten auf derselben Relation und denselben Links unternommen werden, kommen in jüngster Zeit jedoch auf (Verkehrsmodellierung UVEK).

Auf jeden Fall ist sicherzustellen, dass das Ergebnis des Verkehrsmodells einem Gleichgewichtszustand entspricht.

### **Generalisierte Kosten**

Es muss unterschieden werden zwischen persönlichen und gesellschaftlichen generalisierten Kosten. In die gesellschaftlichen generalisierten Kosten werden die Externalitäten miteinbezogen. Verkehrsmodelle bauen jedoch auf entscheidungsrelevanten Kosten auf. Da Reisende die externen Kosten des Verkehrs in ihren Entscheidungen nicht berücksichtigen, sind also die persönlichen generalisierten Kosten zu wählen. Deshalb müssen die generalisierten Kosten im Verkehrsmodell immer inkl. Steuern berechnet werden.

Die generalisierten Kosten setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen, die zu monetarisieren sind:

- Reisezeiten: Die Reisezeiten werden mit Zeitkostenansätzen (siehe Detailnorm SN 641 822: Zeitkosten im Personenverkehr und SN 641 823: Zeitkosten im Güterverkehr) multipliziert. Subjektive Zeitwahrnehmungen sind miteinzubeziehen, d.h. Umsteige- und Wartezeiten im ÖV werden häufig im Vergleich zu den eigentlichen Fahrzeiten höher gewichtet, da sie als länger als ihre effektive Zeitdauer empfunden werden.<sup>137</sup>
- Betriebskosten des Fahrzeugs (inkl. Steuern)
- Kosten der (Un-) Zuverlässigkeit

---

<sup>136</sup> Das heisst man müsste überall optimierte Knotenleistungsfähigkeiten voraussetzen. Nicht optimal gesteuerte Knoten können nicht abgebildet werden, weil man keine Ahnung hat, wie sich allfällige „Defekte“ und Irrationalitäten auswirken.

<sup>137</sup> Infrac weist folgende Faktoren aus: Umsteigezeit Faktor 2, Aufenthaltszeit (Stop an Zwischenhaltestelle) Faktor 1.05, Zu- und Abgangszeiten keine Anpassung und zusätzlich Strafen für Umsteigevorgang (6 Minuten) und für Zwischenstopps (1 Minute, Infrac 2002, Grundlagen für eine koordinierte Verkehrswegeplanung, S. 27). Beckmann (RWTH Aachen) weist als Faktoren für die Umsteige- und die Wartezeit je 1.5 aus. Die Zu- und Abgangszeiten werden mit 1.2 gewichtet (Beckmann 1997, Grundlagen der Verkehrsplanung). In der Verkehrsmodellierung des UVEK werden wiederum andere Werte verwendet.

- Mauten sind zu berücksichtigen (insbesondere die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA))
- Im ÖV sollen effektive Preise für die verschiedenen Abonnemente, distanz- oder zonenabhängig eingespielt werden.

### **Bestimmung der Nachfrage**

Die Bestimmung der Anzahl der unternommenen Fahrten erfolgt über ein Berechnungsmodell, das Angaben zu Strukturdaten und Verhaltensdaten enthält:

- Strukturdaten beinhalten Nutzungsarten und Raumtypen des zu untersuchenden Perimeters, unterteilt in sinnvolle Zonen.
- Für das Nachfrageverhalten sind Daten wie Struktur der Aktivitätenketten, Abfahrtszeit, oder Verkehrsmittel (nicht abschliessend) zu berücksichtigen.

Da der Aufwand zur Etablierung eines Erzeugungsmodells gross ist, kann in kleinen Projekten auf erhobene Wunschlinien, Zählungen und Befragungen zurückgegriffen werden. Damit wird jedoch lediglich das gegenwärtige Verkehrsverhalten abgebildet. Aussagen über künftige Verschiebungen der Nachfrage können in diesem Fall nicht über Verhaltensänderungen prognostiziert werden, weil – ausser ev. bei Befragungen – keine sozioökonomischen Faktoren hinter den Basisdaten erkennbar sind. Dadurch werden die Ergebnisse anfechtbarer und ungenauer.

## **22 Zeithorizonte**

Verkehr ist dynamisch, aber Verkehrsmodelle berechnen statische Zustände. Zukünftige Zustände müssen im Prinzip mit weiteren Durchläufen für die Verkehrsmodellrechnungen generiert werden. Folgende Entwicklungen sind dabei zu berücksichtigen:

- Entwicklungen in den Rahmenbedingungen: Veränderungen bei Einkommen, Transportpreisen, Zeitwerten, autonomen (d.h. nicht projektabhängigen) Entwicklungen in der Siedlungsstruktur etc.
- Rückkoppelungen in der Siedlungsstruktur, ausgelöst durch das untersuchte Projekt

Der erste ist der einfachere Fall. Die entsprechenden Input-Parameter sind im Hinblick auf den Neudurchlauf zu ändern.

Der zweite Fall erfordert sogenannte „Land-Use-Transport-Modelle“. Solche kombinierte Verkehrs- und Siedlungsentwicklungsmodelle sind heute mit systemtheoretischen Ansätzen und geeigneten Hilfsmitteln durchaus möglich. Dabei fliessen die Ergebnisse des Verkehrsmodells als Eingabedaten ins Flächennutzungsmodell und umgekehrt. Der Vorgang ist damit iterativ und aufwändig. Ist ein entsprechendes Modell bereits entwickelt worden, sind deren Auswertungen im neuen Zustand zu berücksichtigen, ansonsten kann ausser in Grossprojekten darauf verzichtet werden. Einfachere Überlegungen zu den Auswirkungen auf die Siedlungsstruktur sind aber auch bereits hilfreich. Die Inputdaten für die Siedlung (EinwohnerIn-

nen, Arbeitsplätze) können mittels einfachen Überlegungen projektspezifisch angepasst werden. Dabei müssen plausible Annahmen getroffen werden, in welchem Masse die verfügbaren Potentiale aufgrund der Realisierung eines bestimmten Projekts ausgeschöpft werden.

Für einen künftigen Zustand sind die Resultate des Siedlungsmoduls des Land-Use-Transport-Modells auszuwerten und in die Nachfrageermittlung der nächsten Verkehrsmodellrechnung einzubeziehen. Es stellen sich aber weitere Probleme. Mit einer gewissen Berechtigung wird darauf hingewiesen, dass bei Inbetriebnahme einer Strassenbaumassnahme die Staukosten nur kurzzeitig gesenkt werden. Längerfristig werden die zusätzlichen Kapazitäten von neuen oder verschobenen Wegen zu möglicherweise ähnlich grossen Stauzeiten führen.<sup>138</sup> Aus diesem Grund werden die Nutzen der Massnahme in Kosten-Nutzen-Analysen tendenziell überschätzt<sup>139</sup>. Die Berücksichtigung langfristiger Effekte kann am besten über den Einbezug der Siedlungsentwicklungsmodelle erfolgen, sind doch vor allem Siedlungsverschiebungen für dieses veränderte Verkehrsverhalten verantwortlich.

Für folgende **Zeitpunkte** sind Verkehrsmodellrechnungen vorzunehmen:

- Einen Zeitpunkt möglichst nahe am Entscheidungszeitpunkt zur Kalibration des Verkehrsmodells anhand eines möglichst aktuellen Zustandes.
- Zeitpunkt der Inbetriebnahme der frühesten verfügbaren Variante ausser dem Referenzfall. Der Referenzfall ist mit denjenigen Projekten anzupassen, die nach dem Zeitpunkt der Kalibration bis zu diesen ersten Verkehrsmodellrechnungen sicher gebaut werden, d.h. am Entscheidungszeitpunkt rechtlich und finanziell gesichert sind und in der Zwischenzeit realisiert werden.
- Ab Inbetriebnahme der ersten Massnahme alle 5 Jahre bis mindestens 15 Jahre nach Inbetriebnahme der letzten möglichen Variante.<sup>140</sup>

Weitere Durchläufe in ferneren Zeithorizonten sind denkbar, werden aber zusehends problematischer. Der Zusatznutzen neuer Rechenläufe ist bescheiden, während die Kosten unverändert bleiben.

Verkehrsmodellergebnisse zwischen den Fixpunkten der Verkehrsmodellrechnungen werden mit einer konstanten (positiven oder negativen) Wachstumsrate interpoliert.<sup>141</sup>

---

<sup>138</sup> Kurzfristig sind die Ziel/Quell-Relationen zu einem rechten Teil fix (sogenannte eingeschränkte Disponibilität der Wunschlinien). Erst langfristig passen sie sich an die neuen Gegebenheiten an, so dass die Fahrten für neue Ziele disponibel werden. Im Rahmen von Zweckmässigkeitsbeurteilung Seetunnel / Stadttunnel Zürich wurden Berechnungen mit unterschiedlichen Disponibilitäten durchgeführt. Als Ergebnis zeigte sich, dass je eingeschränkter die Disponibilität ist, desto höher fallen die Reisezeitgewinne aus, weil die neuen Strassen weniger aufgefüllt werden (ARGE Züring 2002, Indikatorenbericht Reisezeitveränderungen, S. 18-21).

<sup>139</sup> Peter Romilly (2004), Welfare evaluation with road capacity constraint.

<sup>140</sup> Werden verschiedene Projekte mit demselben Verkehrsmodell ausgewertet, ist diese Vorschrift ebenfalls gültig (wenn z.B. das eine Projekt 2010 in Betrieb genommen wird und ein anderes Projekt 2012 wäre die Erstellung von Verkehrsmodellberechnungen für die Jahre 2010, 2012, 2015, 2017, 2020 etc. unnötig viel Aufwand – 2010, 2015, 2020 etc. genügt).

Für den Zeitraum nach den letzten Verkehrsmodellrechnungen bzw. in einfacheren Fällen, in denen ein Verkehrsmodell weniger häufig eingesetzt wird – wird die Entwicklung aus den Modellergebnissen für verschiedenen Jahre in die Zukunft fortgeschrieben. Dabei sind mögliche Zunahmen von Staus und damit Reisezeiten nicht berücksichtigt, genau so wenig aber auch Massnahmen, die anderweitig die Widerstände im Netz beeinflussen. Für diesen Zeitraum ist eine Sensitivität für verschiedene plausible Annahmen zum Verkehrswachstum durchzuführen (vgl. Abschnitt K).

Die ersten Jahre nach der Eröffnung eines neuen Bauwerks sind oft speziell zu behandeln: In der Anfangsphase wird das neue Angebot noch nicht umfassend genutzt, weil sich die VerkehrsteilnehmerInnen erst daran gewöhnen müssen: Sie müssen Vorteile zuerst erkennen. Zielverlagerungen unterliegen zudem einer gewissen Trägheit und werden nur sukzessive vorgenommen. Deshalb werden die vollen, im Verkehrsmodell berechneten Ergebnisse möglicherweise erst nach 1 bis 5 Jahren erzielt. Diese Effekte sind projektabhängig abzuschätzen. Im Verkehrsmodell komparativ-statisch berechnete Veränderungen müssen entsprechend interpoliert werden.

Die Ermittlung von Siedlung und Verkehr bis zur Inbetriebnahme ist nach den gleichen Prinzipien wie die weiteren Entwicklungen bis zum Zeitpunkt der letzten Verkehrsmodellrechnung vorzunehmen. Wie beim Referenzfall sind dabei geplante Projekte, die rechtlich und finanziell abgesichert sind, zu berücksichtigen.

## 23 Fahrzeugkategorien

Zur Beurteilung der Auswirkungen des Verkehrs muss die Zusammensetzung des Verkehrs bekannt sein. Notwendig ist eine Unterteilung der Fahrleistungen nach folgenden Fahrzeugkategorien:

- Personenwagen inklusive Lieferwagen und Motorräder
- Lastwagen inklusive Sattelschlepper und Reiseautos
- Busse des öffentlichen Linienverkehrs

Abhängig vom Projekt kann eine weitere Unterteilung sinnvoll sein.

Durch das separate Ausweisen der Fahrzeugkategorie „Busse des öffentlichen Linienverkehrs“ ist es möglich, Bevorzugungen von Linienbussen mit vom MIV verschiedenen Fahrzeiten zu realisieren. Deswegen ist eine Trennung der Reiseautos und der Linienbusse sinnvoll. Bei überdurchschnittlichem Anteil an Reiseautos (bspw. in touristischen Regionen) sind die zusammengesetzten Besetzungsgrade der Fahrzeugkategorie Lastwagen entsprechend zu korrigieren.

---

<sup>141</sup> In Deutschland ist bei erwarteten Veränderungen der Nutzen ebenfalls eine Prognose für alle 5 Jahre vorgeschrieben (mit Interpolation der Zwischenwerte, EWS 1997, Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 10).

## 24 Strassentypen

Die Unterteilung der Fahrleistungen nach Strassentypen dient z.B. der Auswertung des Unfallgeschehens. Bei der Deklaration der Strassentypen ist in Analogie zur Terminologie in den Erhebungen und Statistiken der Strassenverkehrsunfälle zu berücksichtigen:

- Strassenart: Autobahn, Hauptstrasse, Nebenstrasse
- Ortslage (nur bei Hauptstrassen und Nebenstrassen): innerorts, ausserorts

Siehe auch Detailnorm SN 641 824: Unfallraten und Unfallkostensätze im Verkehr.

## 25 Zeitabschnitte

Die Beurteilung der Auswirkungen erfolgt in der Regel über die Jahreswerte der einzelnen Indikatoren. Um die Reisezeiten und die Strassenbelastungen übers Jahr exakt zu berechnen, müssten eigentlich sämtliche 8760 Stunden des Jahres mit den effektiven Strassenbelastungen einzeln kalibriert und modelliert werden. Dies ist nicht realistisch. Deswegen werden Vereinfachungen getroffen, welche die Verkehrssituation mit genügender Genauigkeit abzubilden vermögen.

Mit der Simulation von 3 Zeitabschnitten soll die Verteilung der Reisezeiten und Belastungen übers Jahr angenähert werden:

- Spitzenstunde: Hier ist das Netz stark ausgelastet, teilweise sogar überlastet. Durchschnittlich tritt dieses Ereignis rund 1 Mal pro Werktag auf. Als Äquivalent für die Spitzenstunde wird der Verkehrszustand in der 100. Stunde des Jahres als Kalibrationswert genommen.
- Hauptverkehrszeit: Das Verkehrsnetz ist ausgelastet, jedoch noch nicht dauerhaft an der oder über der Kapazitätsgrenze. Dieses Ereignis tritt durchschnittlich während rund 3 Stunden pro Werktag auf. Als Äquivalent für die Hauptverkehrszeit wird der Verkehrszustand der 500. Stunde als Kalibrationswert genommen.
- Nebenverkehrszeit: Das Verkehrsnetz ist nicht ausgelastet, es bestehen Leistungsreserven. Dies ist während allen Stunden der Fall, die nicht in die Hauptverkehrszeit und die Spitzenstunde fallen. Als Äquivalent für die Nebenverkehrszeit wird die 4500. Stunde als Kalibrationswert genommen.<sup>142</sup>

Sind die Nachfragematrizen bezüglich **Morgen- und Abendspitze** stark asymmetrisch, darf die 500. Stunde nicht derselben Spitze angehören wie die 100. Stunde. Deshalb ist für die 500. Stunde die nächste Stunde zu wählen, die auf die andere Spitzenzeit fällt. Meist dürfte ohnehin die 100. Stunde zur Abendspitze gehören und die 500. Stunde zur Morgenspitze.

---

<sup>142</sup> Die Eignung der 4500. Stunde von Auswertungen aktueller Frequenzählungen als Durchschnitt für die verbleibenden 7760 Stunden Nebenverkehrszeit muss noch im Rahmen der Überarbeitung der Norm SN 640 016a: Massgebender Verkehr abgeklärt werden. Die Verifizierung muss mit einem erweiterten Datensatz vorgenommen werden, allenfalls sind dann Anpassungen notwendig.

**Tabelle 12: Hochrechnung auf das Jahr**

Zeitabschnitt	Äquivalent	Mittelwert für die Stunden	Faktor zur Bestimmung der Jahreswerte
Spitzenstunde	100.	1 – 300	300
Hauptverkehrszeit	500.	301 – 1000	700
Nebenverkehrszeit	4500.	1001 – 8760	7760

Die Jahreswerte setzen sich aus Spitzenstunde, Hauptverkehrszeit und Nebenverkehrszeit zusammen (vgl. Tabelle 12). Deswegen sind drei getrennte Modellrechnungen für diese drei Zeitabschnitte vorzunehmen.<sup>143</sup>

Die massgeblichen Jahresstundenzahlen beziehen sich auf die Belastung des gesamten Netzes im Perimeter. Zur Bestimmung der notwendigen Äquivalente sind die detaillierten Belastungszahlen aller für die Kalibrierung notwendigen Querschnittszählungen zu summieren und daraus die 100., 500. oder 4500. Stunde zu ermitteln.

Es ist sicherzustellen, dass die Äquivalente nicht zufälligerweise einer Ausnahmesituation entsprechen wie bspw. den Zeitpunkt eines besucherintensiven Events, da dann einzelne Links vergleichsweise überproportional belastet sind und somit keine Referenzsituation für die jeweilige Stunde darstellen. Ist dies der Fall, ist jeweils die nächste Stunde zu wählen. Ausserdem ist eventuell die 500. Stunde zur Bestimmung der Hauptverkehrszeit in Stadtzentren wenig geeignet, da städtische Strassensysteme deutlich häufiger überlastet sind als der Durchschnitt. In bestimmten Fällen können also begründete Ausnahmen bezüglich der Äquivalente gemacht werden.

Dieser reale Zustand kann wie folgt ergänzt oder ersetzt werden, z.B. falls zuwenig Zählstellen mit Stundenwerten ausgewiesen sind. In der Norm SN 640 016a: Massgebender Verkehr sind raumtypenabhängige Faktoren definiert resp. zu definieren, um ausgehend vom DTV die entsprechenden Äquivalente (100., 500. resp. 4500. Stunde) linkweise zu berechnen. Der Kalibration des Verkehrsmodells werden diese fiktiven Zustände zugrunde gelegt.

Zur Beurteilung der Auswirkungen des Lärms sind Streckenbelastung, Schwerverkehrsanteil und Geschwindigkeiten bei Tag (6 – 22 Uhr) und Nacht (22 – 6 Uhr) getrennt auszuweisen. Aus dem Jahrestotal der Fahrzeuge pro Streckenabschnitt lassen sich mit der VSS-Norm SN 640 005a: Ganglinien und durchschnittlicher täglicher Verkehr die massgebenden Verkehrsstärken und der Schwerverkehrsanteil raumtypenspezifisch ermitteln. Die durchschnittliche Geschwindigkeit der Fahrzeuge bei Nacht wird derjenigen der Nebenverkehrszeit gleichgesetzt. Die durchschnittliche Geschwindigkeit bei Tag kann aus dem gewichteten Mittel von Spitzenstunde, Hauptverkehrszeit und Nebenverkehrszeit gebildet werden.

<sup>143</sup> EWS hat grundsätzlich das gleiche Vorgehen, nur wird hier mit jeweils 5 Zeitabschnitten für Werktag, Samstag und Sonntag gerechnet. Hier wird eine Vereinfachung vorgeschlagen, indem statt 15 Modellrechnungen nur drei pro Zeitpunkt verlangt werden.

## 26 Ermittlung von Auswirkungen auf andere Verkehrsträger und Verkehrsmittel

Die Auswirkungen eines Strassenprojektes auf andere Verkehrsträger oder Verkehrsmittel können vielschichtig sein.

### Öffentlicher Verkehr

Da der ÖV in den meisten Strassenprojekten als Alternative zum MIV präsent ist, werden Umsteigeeffekte auftreten. Diese sind als Mehrverkehr auf der Strasse durch Umsteigen vom ÖV und als Veränderung der MWST-Einnahmen im ÖV zu berücksichtigen (sowie allenfalls als weitere Auswirkungen auf den ÖV (Veränderung der Einnahmen und Betriebskosten)).

Geplante künftige Fahrplankonzepte sind dann einzubeziehen, wenn sie rechtlich und finanziell abgesichert sind oder Teil des Projektes bilden. Fahrplanprojekte fernerer Zukunft (wie die 2. Etappe der Bahn 2000) werden somit nicht in die Berechnungen einbezogen.

Wird das ÖV-System in die Modellierung mit einbezogen, kann es taktabhängig oder fahrplanfein definiert werden:

- Beim taktabhängigen Verfahren werden mittlere Fahrzeugfolgezeiten und Umsteigezeiten angenommen. Der Eingabeaufwand ist im Vergleich mit dem fahrplanfeinen Verfahren geringer. Gut abgestimmte Systeme mit geringen Taktfrequenzen schneiden tendenziell schlechter ab als sie in der Realität sind, da die Umsteigezeiten zu hoch angenommen werden.
- Fahrplanfeine Verfahren werden angewandt, wenn für das untersuchte ÖV-Angebot ein Liniennetzplan und ein detaillierter Fahrplan aller Kurse vorhanden sind. Daraus ergeben sich Abfahrtszeiten, Fahrzeiten, Haltestellenaufenthaltszeiten wie auch die effektiven Umsteigezeiten.

### Langsamverkehr

Langsamverkehr ist modelltechnisch nur zu berücksichtigen, wenn lokale, kleinräumige Auswirkungen zu erwarten sind. Andernfalls sind qualifizierte Abschätzungen ausreichend. Es sind drei Fälle zu unterscheiden:

- LV-Massnahmen stellen einen wichtigen Teil eines lokalen Projekts dar: LV muss modelliert werden. Wird der LV mitmodelliert, müssen die Zonengrössen so gewählt werden, dass Fussdistanzen mit ihren Widerständen gemessen und modelliert werden können. Dies erfordert eine Körnung der Verkehrszonen in der Grössenordnung des Hektarrasters, maximal aber von 300 x 300 m.
- LV-Massnahmen stellen einen relevanten Teil eines grossräumigen Projekts dar ohne dass der LV modellmässig abgebildet werden kann. Das Potential des LV und dessen Ausschöpfung ist zu bestimmen, die entsprechenden Umlagerungen auf den MIV und den

ÖV sind auf der Basis von Wunschlinien vorzunehmen. Die bereinigten Wunschlinienmatrizen sind die neue Grundlage für die Verkehrsmodellrechnungen.

- Ein Projekt verursacht punktuell erhebliche Trennwirkungen oder Erleichterungen im LV. Die betroffenen Verkehrsmengen sind zu bestimmen, mit den Reisezeitveränderungen zu multiplizieren und in die Bilanz der Reisezeitveränderungen einzurechnen.

## 27 Ermittlung der Auswirkungen auf die Verkehrsleistung

Die Umrechnung von Fahrleistungen auf Verkehrsleistungen ist über den Fahrzeugbesetzungsgrad möglich (vgl. SN 641 822: Zeitkosten im Personenverkehr).

## 28 Ermittlung der Auswirkungen auf die Reisezeiten

Die Reisezeitveränderungen sind differenziert nach Fahrzeugkategorien, Fahrtzweck, Distanz und Zeitabschnitt auszuwerten. Dabei muss insbesondere darauf geachtet werden, dass sich die Zusammensetzung der Verkehrsleistungen nach Fahrtzweck zwischen Spitzenstunde, Hauptverkehrszeit und Nebenverkehrszeit erheblich unterscheidet. So müssen die Zeiteinsparungen in der Spitzenstunde nach einem andern Verteilschlüssel als diejenigen in der Hauptverkehrszeit oder Nebenverkehrszeit auf die verschiedenen Fahrtzwecke verteilt werden. Im Verkehrsmodell ist der Mehrverkehr zu berücksichtigen, da ohne dessen Abbildung die Reisezeitgewinne stark überschätzt werden können. Für die Berechnung des Nutzens aus den Reisezeitgewinnen siehe Abschnitt H35 und I50.

## 29 Vereinfachte Abschätzung von Verkehrswirkungen

Der Aufwand für die Modellierung kann der Projektgrösse angepasst werden. Grundsätzlich gilt, dass die Abschätzung umso genauer erfolgen muss, je erheblicher die Auswirkung einer Massnahme sind. Auswirkungen und finanzieller Aufwand des planenden Betreibers für ein Projekt korrelieren häufig, aber nicht immer. Insbesondere bei verkehrsorganisatorischen Massnahmen ist dies nicht der Fall. Dort muss das Bearbeitungsniveau über die Zahl der möglicherweise beeinflussten Fahrten abgeschätzt werden.

Massgebend ist der Umfang der teuersten zu untersuchenden Variante. Bei verkehrsorganisatorischen Massnahmen muss das Bearbeitungsniveau über die Zahl der beeinflussten Fahrten abgeschätzt werden.

### **Kleine bis mittlere Projekte mit Kosten bis 50 Mio. CHF resp. bis 100'000 betroffene Fahrten pro Tag**

- Falls ein geeignetes nationales, kantonales oder regionales Verkehrsmodell vorhanden ist, ist dieses zu verwenden.
- Andernfalls ist eine vereinfachte Abschätzung zulässig.

- Das Verkehrsmodell muss nicht für mehrere Zeithorizonte berechnet werden (vgl. Abschnitt 21). Eine einmalige Berechnung auf den Zeitpunkt der Inbetriebnahme der letzten Massnahme kann genügen.

Bei der Verwendung von Elastizitäten zur vereinfachten Abschätzung der Auswirkungen ist folgendem Rechnung zu tragen:

- Die einfachste Methode ist die Anwendung der Elastizitäten auf die Streckenbelastungen. Verlässlicher ist hingegen die Elastizitätenmethode unter Einbezug der Wunschlinien.
- Elastizitäten haben eine beschränkte Gültigkeit und sind abhängig von den projektspezifischen Eigenheiten. Die Wahl der Elastizitäten (bspw. Reisezeitelastizität, Kreuzelastizität MIV/ÖV) und Elastizitätsfaktoren muss deshalb sehr sorgfältig geschehen.
- Die Elastizitätenmethode sollte nur auf beschränkte Veränderungen angewandt werden (bis +/-30% Veränderung in der erklärenden Variablen).

#### **Regionale Grossprojekte mit Kosten von 50 bis 500 Mio. CHF oder bis 1 Mio. betroffene Fahrten pro Tag**

- Der Einsatz eines geeigneten Verkehrsmodells ist zwingend. Das Modell sollte wenn möglich auf einem nationalen, kantonalen oder regionalen Verkehrsmodell aufbauen.
- Ein unimodales Verkehrsmodell genügt, sofern die erwarteten Auswirkungen auf den ÖV (und auch den LV) klein sind. Was aber nicht davon enthebt, eine pauschale Abschätzung der Wirkung auf ÖV und LV vorzunehmen.

#### **Überregionale und nationale Grossprojekte mit Kosten über 500 Mio. CHF oder mehr als 1 Mio. betroffene Fahrten pro Tag**

- Volles Modell, wie oben in den Abschnitten 21 bis 28 beschrieben.

## **H Mengengerüst der übrigen Auswirkungen**

### **30 Baukosten**

Die eigentlichen Baukosten umfassen Kosten für Material, Arbeit und Energie.<sup>144</sup> Zu den Baukosten gehören die Kosten für Planung und Projektierung, Abbruch- und Anpassungsarbeiten, Leitungsverlegungen, Lärmschutz, Bepflanzungen, Schutz-, Wiederherstellungs-, Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen. Dies wird schon in der VSS-Norm SN 640 027 (Projektbearbeitung, S.12) vorgeschrieben. Die Planungskosten werden auch in weiteren Bewer-

---

<sup>144</sup> European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 18.

tungssystemen berücksichtigt.<sup>145</sup> Im TINA, im EUNET und in Bayern<sup>146</sup> werden zu den Baukosten ebenfalls die Kosten für Massnahmen gerechnet, die Umweltbeeinträchtigungen vermindern. Ausserdem sollten alle flankierenden Massnahmen, ohne die das Projekt nicht durchführbar ist, ohne die der Nutzen des Projekts massiv beeinträchtigt wird oder mit denen der Nutzen des Projektes deutlich erhöht werden kann (im Verhältnis zu den Kosten der flankierenden Massnahme), im Projekt enthalten sein.<sup>147</sup> Dies können auch flankierende Massnahmen sein, welche die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) vorschreibt, damit das Projekt mit den Gesetzen im Umweltbereich vereinbar wird.

Liegen keine genaueren Schätzungen vor, so können für Planung und Projektierung (sowie Verfahrenskosten) 20% der übrigen Baukosten veranschlagt werden.<sup>148</sup>

Es werden nur Kosten berücksichtigt, die entstehen, wenn das Projekt weiter verfolgt wird. Kosten, die vor dem Entscheidungszeitpunkt (bzw. vor der Durchführung der KNA) angefallen sind (z.B. Planungskosten), dürfen nicht mehr berücksichtigt werden.<sup>149</sup> Bei diesen Kosten handelt es sich um sogenannte sunk costs, d.h. um Kosten, die nicht mehr rückgängig gemacht werden können. Diese Kosten dürfen die Entscheidung, ob das Projekt weitergeführt werden soll, nicht beeinflussen. Die einzige Ausnahme bilden die Landkosten (vgl. Abschnitt 32). Sollte die KNA zu einem späteren Zeitpunkt überarbeitet werden, dürfen die Kosten von bereits getätigten Arbeiten bzw. Bauten nicht mehr berücksichtigt werden, da diese Ausgaben ebenfalls nicht mehr rückgängig zu machen sind.<sup>150</sup>

Der Preisstand, in dem die Baukosten und die folgenden Indikatoren ausgedrückt werden müssen, wird in Abschnitt I49.2 festgelegt.

### 30.1 Reserven bzw. optimism bias

Weltweit wird beobachtet, dass Projekte in der Beurteilung meist zu gut wegkommen – die Kosten werden tendenziell unterschätzt (und die Nutzen teilweise überschätzt):<sup>151</sup> In einer

---

<sup>145</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 66, ASTRA (2001), Bau der Nationalstrassen, S. 9, ARGE Züring (2002), ZMB Seetunnel / Stadttunnel. Teilbericht Kosten-Nutzen Analyse, Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, S. 16 und European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 18.

<sup>146</sup> European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 19, Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, Appendix II, S. 44 und Bewertungsverfahren zum Ausbauplan für die Staatsstrassen in Bayern (EWS 2002, Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen, S. 58).

<sup>147</sup> European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 4.

<sup>148</sup> ASTRA (2001), Bau der Nationalstrassen, S. 9.

<sup>149</sup> Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 6/1.

<sup>150</sup> Wiederum mit Ausnahme der Landkosten (vgl. Abschnitt H32 und Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 6/1).

<sup>151</sup> Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 12-1 – 12-2 und Treasury (2003), Supplementary Green Book Guidance – Optimism Bias, S. 1/15.

internationalen Studie, in der 158 Projekte in verschiedenen Ländern Europas betrachtet wurden, ergab sich, dass in 90% der Projekte die Kosten im Zeitpunkt des Bauentscheids unterschätzt werden: Für Strassen sind die Kosten durchschnittlich 22% höher, für Tunneln und Brücken 43% höher.<sup>152</sup> In einer weiteren englischen Studie wird für englische Projekte eine beinahe doppelt so hohe durchschnittliche Kostenüberschreitung von 44 – 66% ermittelt.<sup>153</sup> Bei Grossprojekten sind schliesslich sogar Kostenüberschreitungen von 50 – 100% häufig.<sup>154</sup>

Der Grund für die Unterschätzung der Kosten liegt darin, dass Risiken übersehen oder nicht (genügend) betrachtet werden, d.h. es wird nur untersucht, welche Kosten sich ergeben, wenn alles nach Plan läuft. Wie der Kostenverlauf sich entwickelt, wenn Probleme auftauchen, wird oft nicht oder nicht ausreichend analysiert.<sup>155</sup> Neben bautechnischen Risiken können aber auch politische Risiken (Änderung des Projektes zu einem späteren Stadium ohne Analyse der Kosten und Nutzen der Änderung) zu höheren Kosten als ursprünglich erwartet führen. Häufig muss auch vermutet werden, dass die Befürworter des Projekts die Kosten bewusst zu tief angeben, z.B. weil Baufirmen vom Bau profitieren oder weil lokale Befürworter des Projektes so an Gelder des Staates kommen wollen.<sup>156</sup> Die Kostenunterschätzung kann aber auch darauf beruhen, dass die Befürworter des Projektes zu optimistisch sind. Deshalb wird die chronische Kostenunterschätzung oft als **optimism bias** (Verzerrung durch Optimismus) bezeichnet.

In einer KNA müssen jedoch die tatsächlich erwarteten Kosten bzw. die beste Schätzung der wahren Kosten (und Nutzen) eingehen und nicht irgendwelche, durch optimistische Annahmen nach unten verzerrte Kosten. **Folglich muss die übliche Kostenschätzung mit einem Korrekturfaktor (einer Art Risikoprämie) erhöht werden.**<sup>157</sup> Denn eine faire Einschätzung der Kosten ist zentral, da sonst die „falschen“ Projekte empfohlen werden könnten.<sup>158</sup> Werden die Kosten eines Projektes optimistisch nach unten verzerrt, die eines zweiten Projektes jedoch nicht, so wird möglicherweise das erste Projekt gebaut (obwohl es sich nicht lohnt) und das zweite Projekt wird nicht gebaut (obwohl es sich gelohnt hätte). Ausserdem ist zu beachten, dass verschiedene Projekte mit unterschiedlich hohen Risiken behaftet sind.

---

<sup>152</sup> Flyvbjerg et al. (2002), Underestimating Costs in Public Works Projects, S. 281 und 285.

<sup>153</sup> Mott MacDonald (2002), Review of Large Public Procurement in the UK, S. 14.

<sup>154</sup> Flyvbjerg et al. (2003), Megaprojects and Risk, S. 11.

<sup>155</sup> Flyvbjerg et al. (2003), Megaprojects and Risk, S. 76 und 80, Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 12-1 – 12-2 und Treasury (2003), Supplementary Green Book Guidance – Optimism Bias, S. 1/15.

<sup>156</sup> Flyvbjerg et al. (2003), Megaprojects and Risk, S. 16 und Flyvbjerg et al. (2002), Underestimating Costs in Public Works Projects, S. 288. Im diesem Papier (S: 286-290) wird ein guter Überblick über die möglichen Gründe der Kostenüberschreitung gegeben.

<sup>157</sup> Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 12-1 – 12-2.

<sup>158</sup> Flyvbjerg et al. (2003), Megaprojects and Risk, S. 48.

**Exkurs: Berücksichtigung des optimism bias in England**

In England wurde ein umfassendes System zur Abschätzung des optimism bias entwickelt, das im Folgenden kurz vorgestellt werden soll: Die Schätzung der Baukosten muss mit einem Korrekturfaktor zum Ausgleich des optimism bias nach oben angepasst werden. Der Korrekturfaktor sollte auf ähnlichen Projekten in der Vergangenheit beruhen und entsprechend den speziellen Charakteristiken des vorliegenden Projektes angepasst werden.<sup>159</sup> Wenn ein Projekt in gewissen Bereichen innovativ oder zumindest nicht standardmässig ist (einzigartige Eigenschaften, hoher Komplexitätsgrad), muss ein höherer Korrekturfaktor zum Ausgleich des optimism bias verwendet werden.<sup>160</sup> In England gibt es dazu Vorgaben, die auf Projekten in der Vergangenheit beruhen: Wenn noch keine Risikoanalyse stattgefunden hat, sollen die Investitionskosten um 44% bis 66% erhöht werden (vgl. folgende Tabelle). Werden die Risiken identifiziert und gemanagt,<sup>161</sup> so sinkt der Korrekturfaktor.<sup>162</sup> Es gibt ein ausgeklügeltes System, wie der Korrekturfaktor angepasst werden kann, wenn gewisse Risiken eliminiert werden konnten.<sup>163</sup> Können alle Risiken eliminiert werden, so sinkt der Korrekturfaktor auf beinahe 0%.

**Tabelle 13: Englische Vorgaben zur Korrektur des optimism bias, wenn keine Risikoanalyse vorgenommen wurde**

	Investitionskosten	Bauzeit
Standardprojekt	44%	20%
Nicht-Standard-Projekt	66%	25%

Quelle: Mott MacDonald (2002), Review of Large Public Procurement in the UK, S. S-2.

Es wird aber immer Risiken geben, die nicht vorhergesehen werden können. Deshalb sinkt der Korrekturfaktor zum Ausgleich des optimism bias nicht ganz bis auf 0%, sondern nur auf einen Minimalwert von 3 – 6% (für Standard- bzw. Nicht-Standard-Projekte).<sup>164</sup> Es ist somit immer noch eine Reserve für Unvorhergesehenes einzuplanen.

<sup>159</sup> Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 12-3 und Treasury (2003), Supplementary Green Book Guidance – Optimism Bias, S. 1/15.

<sup>160</sup> Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 12-2 und Treasury (2003), Supplementary Green Book Guidance – Optimism Bias, S. 2/15.

<sup>161</sup> Eine Liste mit den Risiken, die in England berücksichtigt werden, befindet sich in Mott MacDonald (2002, Review of Large Public Procurement in the UK, S. 55-59).

<sup>162</sup> Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 6/4.

<sup>163</sup> Treasury (2003), Supplementary Green Book Guidance – Optimism Bias.

<sup>164</sup> Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 12-5 und Treasury (2003), Supplementary Green Book Guidance – Optimism Bias, S. 2/15.

In anderen Ländern ausser England sind uns keine so genauen Analysen zum optimism bias bekannt. In allen uns bekannten Bewertungssystemen, in denen die Reserven Erwähnung finden, werden sie jedoch berücksichtigt.<sup>165</sup>

Der optimism bias beschränkt sich aber nicht nur auf die Kosten des Projektes. Vielmehr wird häufig auch die Bauzeit unterschätzt. In England wird daher auch für die Abschätzung der Bauzeit eine Anpassung vorgeschlagen:<sup>166</sup> Die Bauzeit soll um 20% bis 25% verlängert werden (vgl. Tabelle 13). Diese Korrektur ist aber weniger entscheidend als die Korrektur für die Investitionskosten: Dadurch wird lediglich der Nutzenstrom nach Eröffnung des Bauwerks nach hinten verschoben und damit stärker abdiskontiert. Bei einer Bauverzögerung von einem Jahr (was bei einer geplanten vierjährigen Bauzeit einer Erhöhung der Bauzeit um 25% entspricht) und einem Diskontsatz von 2% würde der Nutzen des Projektes dadurch lediglich um etwa 2% abnehmen.

Schliesslich kann auch bei der Verkehrsprognose ein optimism bias auftreten, wenn das Verkehrsvolumen auf der neuen Strasse kleiner als erwartet ausfällt. Damit würden neben der oben beschriebenen Unterschätzung der Baukosten auch die Nutzen überschätzt. In England wurde hier aber nur ein sehr kleiner optimism bias von 0 - 5% beobachtet.<sup>167</sup> Flyvbjerg et al. (2003)<sup>168</sup> finden für Strassenprojekte sogar, dass das Verkehrsvolumen im Durchschnitt um 9% unterschätzt wird. Die Studien zeigen also, dass die Verkehrsprognosen in etwa zutreffen und nicht systematisch verzerrt sind.

Wie erwähnt müssen in die KNA die tatsächlich zu erwartenden Kosten und Nutzen einfließen. Zur Berücksichtigung der Risiken sind Reserven zu veranschlagen (da unseres Wissens in der Schweiz bisher nie von einem Korrekturfaktor für den optimism bias gesprochen wurde, wird auch weiterhin von einer Reserve gesprochen). Durch den Einbezug der Reserve wird auch das Risiko von Kostenüberschreitungen verkleinert<sup>169</sup> und es wird sichergestellt, dass das Projekt selbst dann rentabel ist, wenn die Reserven aufgebraucht werden.

Die zentrale Frage ist nun, wie gross die Reserve sein sollte. Die Risiken eines Projektes sollten vor dem Bauentscheid genau analysiert werden (die Risikoanalyse ist dabei nicht nur auf die Baukosten zu beschränken). Mit Hilfe der Risikoanalyse kann die Genauigkeit der Baukostenschätzung ermittelt und erhöht werden. Dabei führt die Risikoanalyse meist dazu, dass die Schätzung der Baukosten sich erhöht, weil weitere bisher nicht berücksichtigte Risi-

---

<sup>165</sup> ARGE Züring (2002), ZMB Seetunnel / Stadttunnel. Teilbericht Kosten-Nutzen Analyse, Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, S. 16 und European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 18.

<sup>166</sup> Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 6/4.

<sup>167</sup> Mott MacDonald (2002), Review of Large Public Procurement in the UK, S. 14.

<sup>168</sup> Flyvbjerg et al. (2003), Megaprojects and Risk, S.26.

<sup>169</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 72.

ken mit betrachtet werden und weil die Kosten von Massnahmen zur Risikoreduktion dem Projekt angelastet werden müssen.<sup>170</sup> Massnahmen zur Risikoreduktion führen auch zu einer Senkung der tatsächlichen Kosten, da das Risiko z.B. nicht eintritt. Mittels der Risikoanalyse kann die nötige Reserve für vorhersehbare Risiken bestimmt werden, d.h. es kann der erwartete Wert der Baukosten ermittelt werden (wobei darauf zu achten ist, dass diese Analyse nicht ebenfalls dem optimism bias unterliegt). Doch selbst wenn eine umfassende Risikoanalyse durchgeführt wurde, sind neben der daraus bestimmten nötigen Reserve noch eine Reserve für Unvorhergesehenes von 3% für Strassenprojekte bzw. 6% für Tunnel- und Brückenprojekte vorzusehen (vgl. folgende Tabelle). Diese Zahlen stützen sich auf die oben erwähnte englische Studie.<sup>171</sup> Es ist zu beachten, dass selbst nach der Durchführung der Risikoanalyse noch Unsicherheit über die Höhe der Baukosten besteht (z.B.  $\pm 10\%$ ). Dies muss im Rahmen der Sensitivitätsanalyse untersucht werden (vgl. Kapitel K).

Bei überregionalen und nationalen Grossprojekten ist eine Risikoanalyse vor dem Bauentscheid durchzuführen, bei regionalen Grossprojekten ist zumindest eine einfache Risikoanalyse sinnvoll.<sup>172</sup>

**Tabelle 14: Reserven (Zuschlag auf Investitionskosten bzw. Bauzeit in Prozent)**

	Investitionskosten <sup>1</sup>		Bauzeit
	mit Risikoanalyse	ohne Risikoanalyse <sup>2</sup>	
Strasse	$\geq 3\%$	20%	20%
Tunnel, Brücke	$\geq 6\%$	40%	25%

<sup>1</sup> Die Investitionskosten umfassen die Baukosten, Ersatzinvestitionen und Landkosten.

<sup>2</sup> Bei überregionalen und nationalen Grossprojekten ist eine Risikoanalyse durchzuführen. Diese Zahl dient also für kleine und mittlere Projekte sowie regionale Grossprojekte, die auf eine Risikoanalyse verzichten, oder für eine Grobevaluation (vgl. Kapitel B).

Schliesslich gilt es festzulegen, wie die Reserve zu wählen ist, wenn keine umfassende Risikoanalyse durchgeführt wurde. Für die Schweiz gibt es keine empirisch fundierten Grundlagen zur richtigen Grösse der Reserve. Beim Zürcher Seetunnel wurde eine Reserve von 10%

<sup>170</sup> Werden die Risiken identifiziert, so können Massnahmen ergriffen werden, welche die Eintretenswahrscheinlichkeit eines bestimmten Risikos reduzieren oder den Schaden verringern, falls das Risiko eintreten sollte (Mott MacDonald 2002, Review of Large Public Procurement in the UK, S. S-2). Dabei müssen natürlich die Kosten der Risikoreduktion kleiner sein als das Risiko selbst (Scottish Executive 2003, Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 12-1). Die Kosten der Risikoreduktion sind dem Projekt anzulasten. Sie können als Kosten einer Risikoprämie für eine Versicherung gegen Kostenüberschreitungen verstanden werden (ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 72).

<sup>171</sup> Die Erfahrung des ASTRA deutet darauf hin, dass Tunnels risikoreicher sind als Brücken. Deshalb schlägt, das ASTRA 5% für Brücken und 10% für Tunnels vor. Wir verwenden jedoch die englischen Zahlen, da diese auf einer Studie beruhen. Allerdings zeigen die Zahlen des ASTRA, dass hier Forschungsbedarf herrscht.

<sup>172</sup> Erste Hinweise zur Risikoanalyse können z.B. gefunden werden in Mott MacDonald (2002), Review of Large Public Procurement in the UK und Treasury (2003), Supplementary Green Book Guidance – Optimism Bias.

eingerechnet.<sup>173</sup> Im NISTRA wird je nach Grösse des Risikos für Kostenüberschreitungen eine Reserve von 5%, 12% oder 20% berücksichtigt.<sup>174</sup> Diese Zahlen basieren jedoch nicht auf empirischen Studien. Nur im Ausland liegen empirische Studien vor: Wie erwähnt fallen in einer internationalen Studie, in der 158 Projekte in Europa ausgewertet werden, die Kosten für Strassen durchschnittlich 22% höher als geschätzt aus, für Tunneln und Brücken 43% höher.<sup>175</sup> In England wurden mit 44% und 66% beinahe doppelt so hohe Werte ermittelt – es wurden aber nur 20 Projekte untersucht.<sup>176</sup> In Norwegen ergab eine Studie, dass in 620 Strassenprojekten die durchschnittliche Kostenüberschreitung 8% beträt, wobei allerdings zu bemerken ist, dass das norwegische Transportministerium eine auf 5% genaue Kostenschätzung verlangt.<sup>177</sup> In Schweden dagegen beträt die Kostenüberschätzung von 8 Strassenprojekten 86%.<sup>178</sup>

Es ist jedoch nicht klar, dass Resultate aus dem Ausland direkt auf die Schweiz übertragen werden können. Beim heutigen Wissensstand schlagen wir vor, die Werte der umfassenden, internationalen Studie zu übernehmen und zu runden: **Bei Strassenprojekten beträt die Reserve 20% der Investitionskosten, bei Tunnel- und Brückenprojekten 40%** (vgl. Tabelle 14). **Diese Werte gelten sowohl für staatliche Projekte als auch für Projekte von Privaten<sup>179</sup> und gelten für grosse und kleine Projekte gleichermassen:** Flyvbjerg et al.<sup>180</sup> untersuchten Projekte mit Kosten zwischen 1.5 Millionen US\$ und 8.5 Milliarden US\$ und es wurde bei den Strassenprojekten kein Zusammenhang zwischen Projektgrösse und Kostenüberschreitung gefunden, bei Brücken und Tunneln wurde ein solcher Zusammenhang zwar festgestellt, soll hier aber – der Einfachheit halber und weil bei Grossprojekten eine Risikoanalyse vorgeschrieben wird – nicht berücksichtigt werden.<sup>181</sup>

**Ob eine grössere Reserve (bzw. ein optimism bias) zu berücksichtigen ist, hängt also davon ab, wie detailliert das Projekt bisher untersucht wurde (z.B. Grob- versus Feinevaluation, vgl. Kapitel B) bzw. ob bereits eine Risikoanalyse durchgeführt wurde oder nicht.**

Die **Bauzeit** sollte aufgrund des optimism bias bzw. aufgrund von möglichen Problemen **um 20% (Strasse) bzw. 25% (Tunnel, Brücke) höher als bei einem Bau nach Plan ange-**

---

<sup>173</sup> ARGE Züriring (2002), Indikatorenbericht für Beurteilungskriterium 31: Kapitalkosten, S.2.

<sup>174</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 72.

<sup>175</sup> Flyvbjerg et al. (2002), Underestimating Costs in Public Works Projects, S. 285.

<sup>176</sup> Mott MacDonald (2002), Review of Large Public Procurement in the UK, S. 14 und 47-48.

<sup>177</sup> Odeck (2004), Cost overruns in road construction, S. 43 und 45.

<sup>178</sup> Auditor General Sweden (1994), Riksrevisionsverket, zitiert in Odeck (2004), Cost overruns in road construction, S. 44.

<sup>179</sup> Flyvbjerg et al. (2004), What Causes Cost Overrun in Transport Infrastructure Projects, S. 17.

<sup>180</sup> Flyvbjerg et al. (2002), Underestimating Costs in Public Works Projects, S. 293.

<sup>181</sup> Flyvbjerg et al. (2004), What Causes Cost Overrun in Transport Infrastructure Projects, S. 10.

nommen werden (vgl. Tabelle 14). Diese Werte stützen sich auf die erwähnten Ergebnisse aus England.

Auf eine Berücksichtigung des optimism bias bei der Verkehrsprognose von Strassenprojekten wird verzichtet, da die Empirie gezeigt hat, dass hier der optimism bias klein ist und sogar negativ sein kann.

Stellt sich beim Bau heraus, dass die Reserve nicht (vollständig) gebraucht wird, so ist zu betonen, dass die Reserve keinesfalls ohne eine weitere KNA zur Finanzierung zusätzlicher Projekte bzw. Projektergänzungen herangezogen werden darf, welche dann sozusagen „gratis“ einen Zusatznutzen erzeugen.

### 30.2 Aufteilung der Baukosten

Die Baukosten sind aufgrund von Schätzungen auf die einzelnen Jahre der Planungs- und Bauphase aufzuteilen. Liegen keine Schätzungen für die Bauphase vor, können die eigentlichen Baukosten (ohne Landkosten) entsprechend der Vorgabe in der folgenden Tabelle aufgeteilt werden, die auf einem Durchschnitt aus vielen englischen Bauten beruht.

**Tabelle 15: Aufteilung der Baukosten auf die Bauphase**

Bauzeit	Anteil an den gesamten Baukosten (in %)				1. Jahr nach Inbetriebnahme
	Jahre vor Inbetriebnahme				
	4	3	2	1	
1.5			29%	68%	3%
2.0			47%	50%	3%
2.5		16%	42%	39%	3%
3.0		30%	34%	33%	3%
3.5	11%	29%	30%	27%	3%
4.0	22%	25%	25%	25%	3%

Quelle: Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 7/5.

Die Baukosten sind auch auf ihre einzelnen Bestandteile aufzuteilen, da die Bestandteile unterschiedliche Lebensdauern besitzen können. Zu den Lebensdauern verschiedener Bestandteile liegen zwei relativ genaue Vorgaben aus dem Ausland – Deutschland und Österreich – vor. Die folgende Tabelle zeigt diese Vorgaben zusammen mit den Vorgaben aus NISTRA, die auf den deutschen Zahlen beruhen und diese vereinfachen<sup>182</sup>, und weiteren Schweizer Zahlen sowie den Vorgaben der Norm selbst. Es ist zu bemerken, dass in den Vorgaben zu den Zweckmässigkeitsbeurteilungen die Werte aus Deutschland übernommen

<sup>182</sup> Mündliche Auskunft von Herrn Gubler, einem Autoren der NISTRA-Studie, vom 21.1.2004.

**Tabelle 16: Lebensdauern bzw. Abschreibungszeiträume in Jahren für verschiedene Baubestandteile in verschiedenen Bewertungssystemen und in der Norm**

	Deutsch- land	Österreich RVS	Österreich Wegekosten	NIS- TRA	Stadt Zürich	Kanton Luzern	Kanton Zürich	Norm
Planung und Bauleitung	unendlich	unendlich		100				1
Landkosten	unendlich	unendlich		100				unendlich
Untergrund, Unterbau, Wälle, Frostschuttschichten, Aus- gleichsmassnahmen	100	85	60-90	100	60-85	100	100-150	90
Entwässerung	75	75		100		50	100	75
Hangsicherung			50-80					65
Tragschichten	50	50	15-40	50	35-50	50	50	50
Fahrbahndecken			10-25	25	25-35	25	25	25 <sup>2</sup>
– Bituminös (Binder / Deck- schicht)	25 / 12.5	20					25	20
– Beton	25	30						25
– Pflaster	50	50						50
Brücken, Galerien und Tun- nel in offener Bauweise	50			50				50 <sup>2</sup>
– Tragwerk und Unterbau		75	60-75			100		75
– Brückenausrüstung		20	15-30			25	25	20
Stützwände	50	70						60
Tunnel in bergmännischer Bauweise	50			50				50 <sup>2</sup>
– Tunnelbauwerk		100	90-100					100
– Tunnelausrüstung		20	15-30				25	20
Ausstattung	10	20	10-30	10				15
Lärmschutzwände und -fenster	25	25	15-30	25				25
Leitschranken, Zäune, Rand- borde						50	25-50	50

<sup>1</sup> Die Kosten für Planung und Bauleitung sind bei ihrem Anfallen zu berücksichtigen. Es sind keine Ersatzinvestitionen und keine Restwerte miteinzubeziehen. <sup>2</sup> Dieser Wert ist nur zu benutzen, wenn keine genaueren Angaben über die Aufteilung der Kosten vorliegen.

Quellen: EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 30, Arbeitsgruppe Grundlagen des Verkehrswesen (2001), Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen. Entscheidungshilfen RVS 2.22, S. 16, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Strassenforschung (2002), Österreichische Wegekostenrechnung für die Strasse 2000, Tabelle 13-16, ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 69, Bürgi (2003), Werterhaltung im Strassennetz am Beispiel Zürich, S. 20, Bürgi (2001), Die Ermittlung des Erhaltungsbedarfs für ein Strassennetz, S. 419 und Eckstein et al. (2004), Werterhaltung von Hochleistungsstrassen: Beispiel Zürich, S. 33-34.

werden.<sup>183</sup> Die Vorgaben in der Norm basieren weitgehend auf diesen Referenzwerten. Einige Festlegungen sollen kurz kommentiert werden:

- Planung und Bauleitung: Die Kosten für Planung und Bauleitung sind bei ihrem Anfallen während der Bauphase in der KNA zu berücksichtigen. Es sind keine Ersatzinvestitionen und keine Restwerte miteinzubeziehen.
- Landkosten: Das Land hat eine unendliche Lebensdauer, denn es kann am Schluss des Betrachtungszeitraums (bzw. wenn die neue Strasse je wieder abgebrochen werden sollte) verkauft werden – und zwar zu demselben (realen) Preis.<sup>184</sup> Deshalb muss am Ende der Betrachtungsperiode der volle Wert des Landes als Restwert berücksichtigt werden. Diese Meinung vertritt auch das ASTRA.<sup>185</sup> Weitere Ausführungen zu den Landkosten befinden sich in Abschnitt 32).
- Die Lebensdauer für Brücken von 50 Jahren sollte nur benutzt werden, wenn keine genaueren Angaben über die Aufteilung der Kosten in Tragwerk / Unterbau und Brückenausrüstung vorliegen.
- Bei Tunnels sind die Kosten auf Bauwerk und Ausrüstung aufzuteilen, da diese klar unterschiedliche Lebensdauern haben.

Je nach Planungsstand eines Projektes liegen relativ genaue oder grobe Daten zur Aufteilung der Kosten auf die einzelnen Bestandteile vor. In der KNA sollten immer die genauesten vorhandenen oder leicht zu beschaffenden Zahlen verwendet werden. Wird ein Projekt in einem frühen Stadium grob bewertet und liegen deshalb noch keine Zahlen zur Aufteilung der Kosten vor, kann nach Tabelle 17 verfahren werden, die in Deutschland verwendet wird. Vor dem Bauentscheid sind jedoch genauere Daten zu ermitteln.

**Tabelle 17: Aufteilung der Baukosten und Lebensdauern falls keine genaueren Daten vorliegen**

	Anteil an Gesamtkosten	Lebensdauer
Landkosten	10%	unendlich
Kunstabauten	30%	50
Erdbau	30%	100
Fahrbahndecke	30%	25

Quelle: EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 29. Die Lebensdauer der Fahrbahndecke folgt der Festlegung in Tabelle 16.

<sup>183</sup> Jenni + Gottardi AG (1997), Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen, S. 141.

<sup>184</sup> Unter der Annahme, dass die Bodenpreise sich real nicht verändern.

<sup>185</sup> ASTRA (2001), Bau der Nationalstrassen, S. 9.

### 30.3 Restwerte

Endet die Lebensdauer eines Bestandteiles (Erst- und Ersatzinvestitionen) nach Ende des Betrachtungszeitraums, so muss im Jahr nach Ablauf des Betrachtungszeitraumes ein **Restwert** berücksichtigt werden.<sup>186</sup> Dieser Restwert berechnet sich mittels einer linearen Abschreibung ab dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Bestandteils über die Lebensdauer des Bestandteils. Ist die Lebensdauer eines Bestandteiles kürzer als der Betrachtungszeitraum, so müssen **Ersatzinvestitionen** getätigt werden (vgl. folgender Abschnitt).

Bei **Bauprovisorien** ist am Ende des Betrachtungszeitraums nicht ein Restwert, sondern allfällige Abbruch- oder Rückbaukosten zu berücksichtigen (nötige Ersatzinvestitionen vor Ablauf des Betrachtungszeitraums sind aber auch bei Bauprovisorien zu berücksichtigen).

## 31 Ersatzinvestitionen

Ist die Lebensdauer eines Bestandteiles kürzer als der Betrachtungszeitraum, so müssen Ersatzinvestitionen getätigt werden. Ersatzinvestitionen müssen nicht gleich hoch sein wie die Erstinvestitionen. Als Musterbeispiel werden Tunnels genannt: Die Kosten für das Bohren des Tunnels fallen nur einmal an, d.h. die Ersatzinvestitionen für das Tunnel sollten kleiner sein als die ursprünglichen Erstinvestitionen. Hingegen muss auch in einem Tunnel der Fahrbahnbelag von Zeit zu Zeit ersetzt werden oder ist eine Erneuerung der Entlüftung fällig. Weitere Beispiele für nicht wiederkehrende Kosten sind: Kosten für Planung und Bauleitung, Landerwerb, Dammschüttungen, Rodungen, Erdarbeiten, Verlegung von Bächen, Leitungen, Strassen, Bahnen, Umweltschutzmassnahmen während der Bauzeit, Ersatz- und Ausgleichsmassnahmen etc.<sup>187</sup>

Die Höhe der Ersatzinvestitionen ist möglichst genau abzuschätzen.<sup>188</sup> Ist eine Abschätzung nicht möglich, so kann angenommen werden, dass die Ersatzinvestitionen (real) gleich hoch sind wie die Erstinvestitionen. Allfällige Restwerte der Ersatzinvestitionen (die beim Ende des Betrachtungszeitraums ihre Lebensdauer noch nicht erreicht haben) sind zu berücksichtigen.

---

<sup>186</sup> Vgl. z.B. Quinet (2000), Evaluation methodologies of transportation projects in France, S. 29, Morisugi (2000), Evaluation methodologies of transportation projects in Japan, S. 37 und European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 18.

<sup>187</sup> Bürgi (2001), Die Ermittlung des Erhaltungsbedarfs für ein Strassennetz, S. 418 und Eckstein et al. (2004), Werterhaltung von Hochleistungsstrassen: Beispiel Zürich, S. 32-33.

<sup>188</sup> Die Kosten könnten einerseits aufgrund des technischen Fortschritts abnehmen, aber auch aufgrund von Reallohnwachstum zunehmen (Eckstein et al. 2004, Werterhaltung von Hochleistungsstrassen: Beispiel Zürich, S. 32 und 34).

## 32 Landkosten

Die Landkosten sind wie die Baukosten ein Teil der Investitionskosten. Zu den Landkosten zählen der Wert des Landes, über das die neue Strasse führt, allfällige Wertminderung von angrenzendem Land (inkl. Kompensationszahlungen) sowie allfällige Transaktionskosten (Kosten für Grundstückmakler, Notar und Enteignungsverfahren).<sup>189</sup>

Der Kaufpreis des Landes stimmt möglicherweise nicht mit dem Wert des Landes bzw. den Opportunitätskosten des Landes überein. Verschiedene Gründe können dafür verantwortlich sein. Nachstehend sind einige wenige erwähnt:<sup>190</sup>

- Der Preis könnte zu tief sein, wenn der Staat für den Bau der neuen Strasse das Land enteignet. In diesem Fall besteht kein echter Markt für das Land – besonders dann nicht, wenn mit der Enteignung während eines langwierigen Entscheidungsprozesses über den Strassenbau schon während mehrerer Jahre zu rechnen war und deshalb mögliche Kaufinteressenten abgeschreckt wurden.
- Da das Enteignungsverfahren meist sehr viel Zeit beansprucht und zu langen Bauverzögerungen führen kann, ist aber in Einzelfällen auch der umgekehrte Fall denkbar: Private Grundstückbesitzer können im Wissen dieses Zeitfaktors in Verkaufsverhandlungen einen Preis erzielen, der über dem normalen Marktwert liegt.
- Agrarsubventionen können den Preis von Ackerland ebenso über den echten Opportunitätskosten des Landes anheben.

In die KNA geht nicht der Kaufpreis, sondern der Wert (d.h. die echten Opportunitätskosten) des Landes ein.<sup>191</sup> Sofern die erforderlichen Informationen vorliegen, ist der Kaufpreis dementsprechend anzupassen.<sup>192</sup> Gehört das Land bereits vorher dem Bauherrn, so ist der Wert des Landes trotzdem in der KNA zu berücksichtigen, da das Land einer alternativen Nutzung entzogen wird (Opportunitätskosten).<sup>193</sup> Wird mehr Land gekauft als für die neue Strasse nötig ist, so darf der Wert dieses zusätzlich gekauften Landes nicht in die KNA der neuen Strasse eingehen.<sup>194</sup>

<sup>189</sup> European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 18, Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 6/2 und 6/3 und Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 73.

<sup>190</sup> Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impacts of Transport Initiatives, Deliverable D9 of EUNET, S. 23.

<sup>191</sup> In England wird in der KNA nicht der Kaufpreis verwendet, sondern die Schätzung des zuständigen Beamten (District Valuer, Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 6/2). Siehe auch Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 72.

<sup>192</sup> Andernfalls kann der Kaufpreis in der KNA berücksichtigt werden (Nellthorp et al. 1998, Measurement and Valuation of the Impacts of Transport Initiatives, Deliverable D9 of EUNET, S. 23-24), denn häufig stellt der Kaufpreis eine relativ gute Schätzung des Landwertes dar (Abay 1984, Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 73).

<sup>193</sup> Im Gegensatz zu den Planungskosten können also die Landkosten nie sunk costs sein (vgl. Abschnitt H30) – mit der Ausnahme der Transaktionskosten.

<sup>194</sup> Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 6/3.

Eine neue Strasse kann den Wert von angrenzendem Land vermindern (weil es sich neu z.B. nicht mehr um eine attraktive Bauparzelle handelt). In diesem Fall müssen möglicherweise Kompensationszahlungen im Umfang der Wertminderung durch die neue Strasse an die Eigentümer dieses Landes bezahlt werden.<sup>195</sup> Gehört das Land dem Bauherrn selbst, ist die Wertminderung (im Sinne von Opportunitätskosten) ebenfalls zu berücksichtigen.

Die Landkosten sind in dem Jahr in der KNA zu berücksichtigen, in dem das Land einer anderweitigen Nutzung entzogen wird. Dies dürfte meist das erste Baujahr der neuen Strasse sein.<sup>196</sup>

Wie in Abschnitt 30.2 dargestellt, muss am Ende des Betrachtungszeitraumes der volle Wert des Landes als Restwert berücksichtigt werden.<sup>197</sup> Dies gilt sowohl für den Landwert als auch für die Wertminderung angrenzender Grundstücke (weil bei einem allfälligen späteren Rückbau der Strasse die Wertminderung dahinfallen würde), nicht aber für die Transaktionskosten.

### 33 Betriebs- und Unterhaltskosten der Strassen

Die Betriebs- und Unterhaltskosten des Verkehrsweges umfassen:<sup>198</sup>

- Betriebskosten (wie Signalisation, Verkehrskontrolle, Mauterhebung, Winterdienst, Säuberung, Grünpflege, Entwässerung, Beleuchtung, Tunnelbelüftung)
- Routineunterhalt (wie kleine lokale Reparaturen sowie die üblichen jährlichen und periodischen Instandhaltungsarbeiten)

Häufig werden in der Literatur auch noch periodische grössere Unterhaltsarbeiten (wie die Erneuerung des Fahrbahndecke) bei den Unterhalts- und Betriebskosten berücksichtigt. In der Norm werden diese Kosten jedoch im Indikator Ersatzinvestitionen berücksichtigt. Es ist allerdings zu beachten, dass die Ersatzinvestitionskosten nur dann stimmen, wenn der Routineunterhalt durchgeführt wird.<sup>199</sup>

In Bayern und in England wird berücksichtigt, dass durch den Bau/Ausbau einer Strasse auch Einsparung von Erneuerungskosten auf einer anderen, durch den Neubau entlasteten Strecke entstehen können, da die Erneuerungen entbehrlich werden oder auf später ver-

---

<sup>195</sup> Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 6/3.

<sup>196</sup> Die Transaktionskosten sind jedoch im Jahr des Kaufes zu berücksichtigen (Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 6/2 und 6/3).

<sup>197</sup> Falls in der Betriebsphase der Boden verschmutzt wird, kann der Wert des Landes geringer sein als vor dem Bau.

<sup>198</sup> European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 19, Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impacts of Transport Initiatives, Deliverable D9 of EUNET, S. 15, Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 9/1 und Müller AG (2002), Schweizerische Mittelwerte 2001, Betrieblicher Unterhalt der Nationalstrassen.

<sup>199</sup> Jenni + Gottardi AG (1997), Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen, S. 139.

schoben werden können.<sup>200</sup> Einsparungen an Betriebs- und Unterhaltskosten auf anderen Strecken sind auch in der vorliegenden Norm miteinzubeziehen.

Die Kostensätze für Betriebs- und Unterhaltskosten werden in der Detailnorm SN 641 826: Betriebs- und Unterhaltskosten von Strassen gegeben.

### 34 Auswirkungen auf den öffentlichen Strassenverkehr

Die Auswirkungen auf den öffentlichen Strassenverkehr können Veränderungen der Reisezeiten, der Betriebskosten, der Zuverlässigkeit und der Einnahmen des ÖV-Betreibers umfassen. Die Veränderungen der Reisezeiten und der Betriebskosten werden im Rahmen der entsprechenden Indikatoren berechnet (vgl. Abschnitt 35, 37, I50 und I51): Dort findet die Berechnung für verschiedene Fahrzeugkategorien statt – unter anderen auch für die Fahrzeugkategorie öffentliche Busse. Über die Veränderung der Zuverlässigkeit werden hier keine Vorgaben gemacht. Es ist jedoch zu bedenken, dass bei weniger Stau die Verspätungen im ÖV abnehmen und damit die fahrplanmässige oder tatsächliche Reisezeit sinken kann.

Die Veränderung der Einnahmen kann wie folgt berechnet werden: Aus dem Verkehrsmodell geht hervor, wie gross der Umsteigeeffekt vom ÖV auf den MIV (oder umgekehrt) in Personenkilometern oder in Personenfahrten ist. Daraus und aus den durchschnittlichen Billeteinnahmen des betroffenen ÖV-Betreibers lässt sich die Veränderung der Billeteinnahmen im ÖV berechnen.

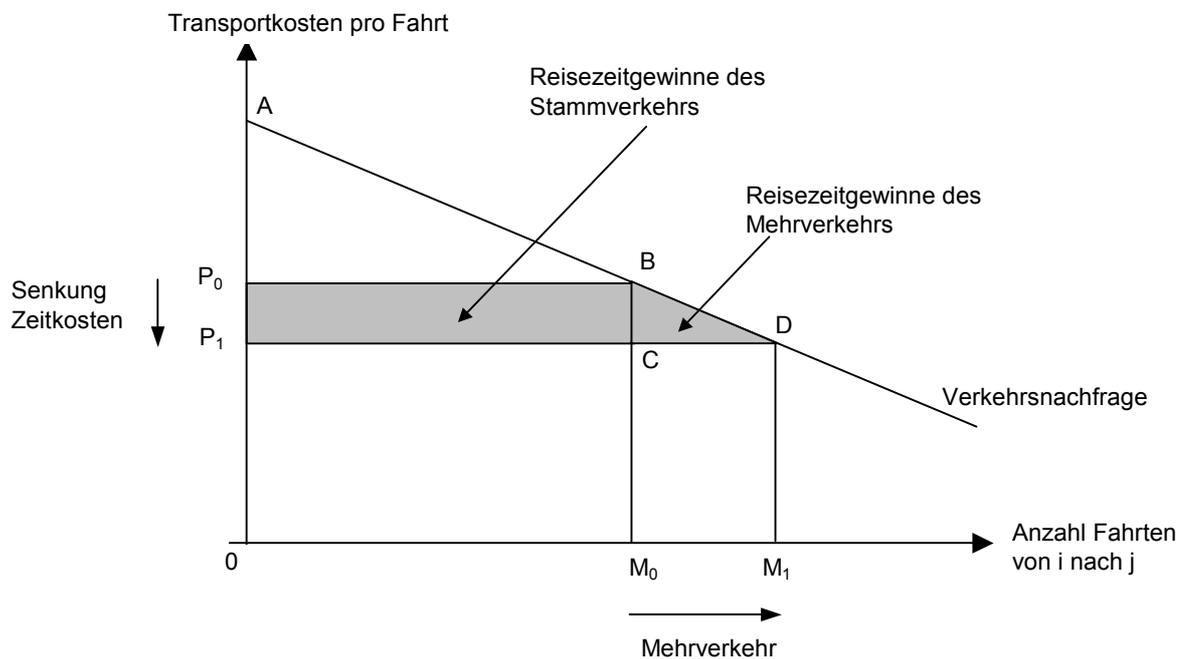
Wie in Abschnitt E17.4 erläutert, werden nur Vorgaben zu den Auswirkungen auf den öffentlichen Strassenverkehr gemacht, nicht aber auf den öffentlichen Schienenverkehr.

### 35 Reisezeitveränderungen

Die Reisezeitgewinne werden üblicherweise anhand der folgenden Grafik berechnet: Durch eine neue Strasse sinken die Zeitkosten pro Fahrt von  $i$  nach  $j$  von  $P_0$  auf  $P_1$ . Dadurch erhöht sich die Verkehrsmenge von  $M_0$  auf  $M_1$ . Die Reisezeitgewinne des Stammverkehrs werden durch das Rechteck  $P_1P_0BC$  wiedergegeben (Anzahl Fahrten  $M_0$  multipliziert mit der Senkung der Zeitkosten  $P_0 - P_1$ ), die Reisezeitgewinne des **Mehrverkehrs** durch das Dreieck  $BCD$  (Anzahl Mehrfahrten  $M_1 - M_0$  multipliziert mit der Senkung der Zeitkosten  $P_0 - P_1$  und dividiert durch 2).

---

<sup>200</sup> Degelmann et al. (2002), Bewertungsverfahren zum Ausbauplan für die Staatsstrassen in Bayern unter Einbezug der EWS, S. 56 und Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 9/3.

**Grafik 9: Berechnung der Reisezeitgewinne**

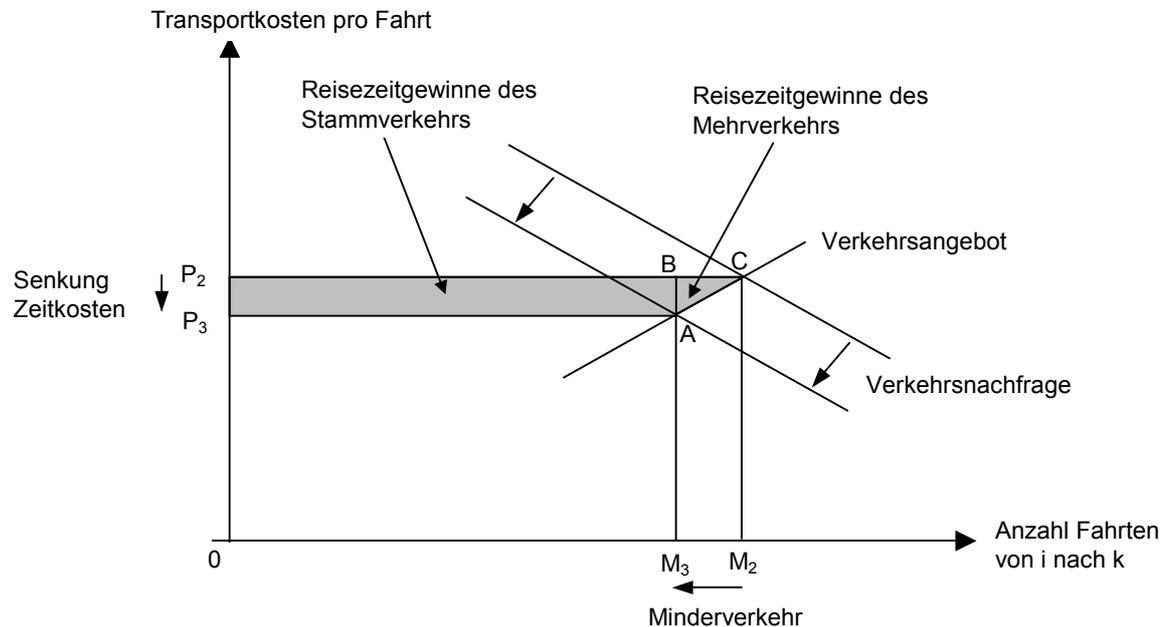
In der Praxis sollten die Reisezeitgewinne wenn immer möglich nicht für ein Projekt als ganzes, sondern für jede Relation einzeln berechnet werden.<sup>201</sup> Dabei ist zu beachten, dass auf gewissen Relationen der Verkehr abnehmen kann, weil sich aufgrund einer neuen Strasse die Wunschlinien ändern (der Verkehr richtet sich z.B. auf andere Ziele aus, weil z.B. das grosse Einkaufszentrum zeitlich näher rückt). Es kann also z.B. zu einer teilweisen Verlagerung der Verkehrs von i nach k auf den Verkehr von i nach j erfolgen. Falls auf der Verbindung von i nach k Stau herrscht, kann es sein, dass durch den Minderverkehr der Stau abnimmt und damit auch die Reisezeit sinkt.

Eine solche Situation ist in der folgenden Grafik abgebildet.<sup>202</sup> Die Verkehrsnachfrage auf der Relation von i nach k sinkt wegen der Verlagerung auf die attraktivere Relation von i nach j. Das Verkehrsangebot ist steigend, weil bei einer höheren Anzahl Fahrten von i nach k der Stau und damit die Zeitkosten zunehmen. Aufgrund der kleineren Nachfrage nehmen also die Stau- bzw. Zeitkosten ab. Im Stammverkehr werden Reisezeitgewinne im Umfang des Rechtecks  $P_2P_3AB$  erzielt, im **Mehrverkehr** im Ausmass des Dreiecks ABC.

<sup>201</sup> Werden die Reisezeitgewinne nicht nach Relationen aufgeteilt, so werden die Reisezeitgewinne tendenziell unterschätzt, weil der Mehrverkehr mit dem durchschnittlichen Reisezeitgewinn auf allen Strecken bewertet werden muss, während er tatsächlich vor allem auf den Relationen mit besonders grossen Reisezeitgewinnen erzielt wird.

<sup>202</sup> Die folgenden Erläuterungen und Grafik folgen ARGE Abay & Meier / Emch & Berger (2002), Richtlinien und Ansätze für NWA und KNA, Anhang S. H.

**Grafik 10: Berechnung der Reisezeitgewinne auf einer Relation, auf welcher der Verkehr abnimmt und deshalb der Stau und die Zeitkosten abnehmen**



Im Indikator Reisezeitgewinne werden nur die **Reisezeitgewinne des Stammverkehrs** berücksichtigt, wobei der Stammverkehr definiert ist als die Verkehrsmenge, die sowohl ohne als auch mit Projekt auf der Relation von i nach j fährt (d.h. Minimum der Fahrten mit bzw. ohne Projekt). Die Reisezeitgewinne können nach der folgenden Formel berechnet werden.<sup>203</sup>

$$\text{Reisezeitgewinne} = \sum_k B_k \sum_i \sum_j F_{i,j,k} \Delta t_{i,j,k}$$

wobei  $F_{i,j,k} = \min \{F_{i,j,k}^0, F_{i,j,k}^P\}$ , d.h. Stammverkehr

$F_{i,j,k}^0$  = Anzahl Fahrzeugfahrten im Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j der Fahrzeugkategorie k

$F_{i,j,k}^P$  = Anzahl Fahrzeugfahrten in der Projektvariante P auf der Relation von i nach j der Fahrzeugkategorie k

$B_k$  = Besetzungsgrad (Anzahl Personen pro Fahrzeug) der Fahrzeugkategorie k

$\Delta t_{i,j,k}$  = Reisezeitgewinn in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j (d.h.  $\Delta t_{i,j,k} = t_{i,j,k}^0 - t_{i,j,k}^P$ ) der Fahrzeugkategorie k

Der durchschnittliche Besetzungsgrad pro Fahrzeug für verschiedene Fahrzeugkategorien wird in der Detailnorm SN 641 822: Zeitkosten im Personenverkehr gegeben. Erläuterungen

<sup>203</sup> ARGE Abay & Meier / Emch & Berger (2002), Richtlinien und Ansätze für NWA und KNA, S. 6.

zu dieser Formel folgen nach der Darstellung der Formel für die Berechnung des Nettonutzens des **Mehrverkehrs** in Abschnitt 36.

Die Reisezeitveränderungen werden mit dem Anteil des Güterverkehrs am Gesamtverkehr auf den Güter- und Personenverkehr aufgeteilt. Angaben zum Anteil des Güterverkehrs werden im Verkehrsmodell ermittelt. Es ist sinnvoll, lokale Daten zu verwenden, da je nach Projekt der Anteil des Güterverkehrs auf der neuen Strasse stark variieren kann.

Die Reisezeitgewinne (in Stunden) müssen anschliessend noch mit dem Zeitkostensatz multipliziert werden, der in Abschnitt I50 festgelegt wird. Wie sich dort zeigt, ist es nötig, die obige Formel direkt mit den monetarisierten Reisezeitgewinnen (in CHF) zu berechnen, da im Personenverkehr die Bewertung eines Reisezeitgewinnes je nach befahrener Strecke unterschiedlich ist (die Distanz der Fahrt ist entscheidend für die Bewertung).

### **Berücksichtigung der Reisezeitgewinne von Ausländern**

Schliesslich ist noch die Frage zu klären, ob Reisezeitgewinne von Ausländern (Personen mit Wohnsitz im Ausland) in der KNA berücksichtigt werden sollten oder nicht (die folgenden Ausführungen gelten auch für Betriebskosteneinsparungen und Gewinne an Zuverlässigkeit). Aus einer volkswirtschaftlichen Gesamtsicht (Weltsicht) spielt es keine Rolle, ob es In- oder Ausländer sind, welche die Reisezeitgewinne realisieren – genau so wenig wie die Reisezeitgewinne unterschiedlicher Kantonsangehöriger. Aus dieser Sicht sind die Reisezeitgewinne der Ausländer zu berücksichtigen.<sup>204</sup> Ausserdem würde die Vernachlässigung von Reisezeitgewinnen von Ausländern grenznahe Projekte benachteiligen.

Im Rahmen von regionalen Teilbilanzen (vgl. Abschnitt F20) kann von dieser volkswirtschaftlichen Gesamtsicht (Weltsicht) abgewichen werden und zum Beispiel eine Sicht aus der Perspektive der Schweizer Volkswirtschaft eingenommen werden. Aus dieser Sicht können die Reisezeitgewinne der Ausländer vernachlässigt werden. Mit Hilfe solcher regionaler Teilbilanzen für die Schweiz und das Ausland kann ermittelt werden, wie stark das Ausland von einem Projekt profitieren. Bei einem grossen Nutzengewinn wäre eine finanzielle Beteiligung des Auslands angebracht. Sofern diese nicht zustande kommt, bleibt es letztlich eine politische Frage, ob bei der gesamtwirtschaftlichen Bewertung des Projektes die Nutzen der Ausländer einbezogen werden oder nicht.

### **Reisezeitverluste während des Baus**

Während des Baus/Ausbaus einer Strasse und während Unterhaltsarbeiten kann es zu einer Beeinträchtigung des Verkehrs kommen. Die dadurch entstehenden Reisezeitverluste sind in

---

<sup>204</sup> Streng genommen müssten die Reisezeitgewinne der Ausländer mit einem ausländischen Zeitkostenansatz bewertet werden. Ausser bei grenzüberschreitenden Grossprojekten dürften diese jedoch selten zur Verfügung stehen. Stehen keine ausländischen Kostensätze zur Verfügung, wird der Einfachheit halber der Schweizer Kostensatz verwendet.

der KNA zu berücksichtigen – wie dies auch im Ausland geschieht.<sup>205</sup> Die Berücksichtigung von Verspätungen während der Bauzeit ist dann von besonderer Bedeutung, wenn eine Umfahungsstrasse (mit fast keinen Behinderungen während des Baus) mit einer Verbreiterung einer bestehenden Strasse (mit grösseren Behinderungen des bestehenden Verkehrs) verglichen wird.<sup>206</sup>

Kommt es beim Bau einer neuen Strasse zu (beinahe) keiner Beeinträchtigung des bestehenden Verkehrs, kann auf die Berücksichtigung der Reisezeitverluste während des Baus verzichtet werden, der Verzicht ist aber zu begründen.<sup>207</sup>

Manchmal werden die Reisezeitverluste während des Baus als Teil der Baukosten betrachtet. Dies führt jedoch zu Problemen bei der Bildung der Teilbilanzen, weil die Reisezeitverluste von den Benutzern und nicht von der Allgemeinheit getragen werden. Ausserdem handelt es sich bei den Reisezeitverlusten nicht um Kosten sondern um negative Nutzen. Deshalb sind die Reisezeitverluste im Indikator Reisezeitveränderungen zu berücksichtigen (wie dies auch im TINA geschieht<sup>208</sup>).

Die Reisezeitverluste können nach einer einfachen Methode abgeschätzt werden: Die Dauer der Behinderung wird multipliziert mit der Verkehrsmenge pro Tag auf der betroffenen Strasse und dem erwarteten durchschnittlichen Zeitverlust pro Fahrzeug. Anschliessend ist das Ergebnis noch mit dem durchschnittlichen Besetzungsgrad (Anzahl Personen pro Fahrzeug) zu multiplizieren. Bei der Berechnung des durchschnittlichen Zeitverlustes kann es wichtig sein, zwischen Schwachlast- und Spitzenlastzeiten zu unterscheiden, da die erwarteten Zeitverluste zu Schwachlast- und Spitzenlastzeiten sehr unterschiedlich sein können.

## 36 Nettonutzen des Mehrverkehrs

Der Mehrverkehr im Strassennetz umfasst diejenigen Fahrten,

- die dank dem Projekt neu generiert werden (bisher keine Fahrt, auch Neuverkehr genannt),
- die aufgrund des Umsteigens von anderen Verkehrsträgern (z.B. Schienen- und Langsamverkehr) auf die Strasse zustande kommen (bisher Fahrt mit anderem Verkehrsträger) sowie
- die auf ein veränderte Zielwahl zurückzuführen sind (bisher Fahrt an einen anderen Ort). Das Projekt kann dazu führen, dass neu andere Ziele angefahren werden (z.B. weil das

---

<sup>205</sup> Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 10/1, European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 19 und Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impacts of Transport Initiatives, Deliverable D9 of EUNET, Appendix II, S. 43.

<sup>206</sup> Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 10/1.

<sup>207</sup> Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 10/1.

<sup>208</sup> European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 19.

grosse Einkaufszentrum zeitlich näher rückt). Es kann also z.B. zu einer teilweisen Verlagerung der Verkehrs von i nach k auf den Verkehr von i nach j erfolgen.

Auf einer einzelnen Strecke zu einer bestimmten Zeit kann der Mehrverkehr aber auch durch eine andere Wahl der Route oder der Reisezeit (Schwachlast versus Spitzenlast) entstehen.

Entscheidend für das Ausmass des Mehrverkehrs auf einer Relation von i nach j ist die Senkung der **generalisierten Transportkosten**: Die generalisierten Transportkosten setzen sich zusammen aus den (monetär bewerteten) Zeitkosten, den (monetarisierten) Kosten der (Un-) Zuverlässigkeit, den Betriebskosten des Fahrzeugs (inkl. Treibstoff ohne Steuern) sowie den Abgaben für Treibstoffsteuern und Maut. Es werden also nur die internen Kosten berücksichtigt, nicht die externen. Die monetären Werte dieser einzelnen Komponenten der generalisierten Transportkosten werden im Kapitel I bei den entsprechenden Indikatoren gegeben.

Im Vergleich zu den Effekten im Stammverkehr sind die Auswirkungen auf den Mehrverkehr meist gering.<sup>209</sup> Der Nettonutzen des Mehrverkehrs kann nach folgender Formel berechnet werden:<sup>210</sup>

$$\text{Nettonutzen des Mehrverkehrs} = 0.5 \sum_k \sum_i \sum_j |\Delta F_{i,j,k}| \Delta BK_{i,j,k} + 0.5 \sum_k B_k \sum_i \sum_j |\Delta F_{i,j,k}| \Delta ZK_{i,j,k}$$

wobei  $|\Delta F_{i,j,k}|$  = Absolute Differenz der Anzahl Fahrzeugfahrten in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j in der Fahrzeugkategorie k

$\Delta BK_{i,j,k}$  = Veränderung der Betriebskosten Fahrzeug (inkl. Treibstoff, Steuern und Maut) in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf einer Fahrt von i nach j (d.h.  $\Delta BK_{i,j,k} = BK_{i,j,k}^0 - BK_{i,j,k}^P$ ) in der Fahrzeugkategorie k

$\Delta ZK_{i,j,k}$  = Veränderung der Zeitkosten (Reisezeit und Zuverlässigkeit) in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf einer Fahrt von i nach j (d.h.  $\Delta ZK_{i,j,k} = ZK_{i,j,k}^0 - ZK_{i,j,k}^P$ ) in der Fahrzeugkategorie k

$B_k$  = Besetzungsgrad (Anzahl Personen pro Fahrzeug) der Fahrzeugkategorie k (siehe Detailnorm SN 641 822: Zeitkosten im Personenverkehr)

Die Summe von  $\Delta BK$  und  $B_k \Delta ZK$  entspricht der Veränderung der generalisierten Transportkosten.

Zur Erläuterung sollen nochmals die beiden Fälle in Grafik 9 und Grafik 10 betrachtet werden (wobei wir vereinfachend davon ausgehen, dass sich nur die Zeitkosten verändern und die andern Komponenten der generalisierten Transportkosten konstant bleiben, d.h.  $\Delta BK=0$ , und dass es nur eine Fahrzeugkategorie gibt mit einem Besetzungsgrad von 1):

<sup>209</sup> Beträgt der Mehrverkehr z.B. 10% des Stammverkehrs, so entsprechen die Reisezeitgewinne des Mehrverkehrs nur 5% der Reisezeitgewinne im Stammverkehr (vgl. Grafik 9).

<sup>210</sup> ARGE Abay & Meier / Emch & Berger (2002), Richtlinien und Ansätze für NWA und KNA, S. 7.

- Auf der Relation von  $i$  nach  $j$  (vgl. Grafik 9), die durch den Bau einer neuen Strasse verbessert wird, wird der Reisezeitgewinn des Stammverkehrs im Umfang des Rechtecks  $P_1P_0BC$  in der Formel für die Reisezeitgewinne (vgl. Abschnitt 35) berücksichtigt ( $F_{i,j}$  entspricht in diesem Fall  $F_{i,j}^0$  oder in Grafik 9  $M_0$ ). Die Reisezeitgewinne des Mehrverkehrs im Umfang des Dreiecks  $BCD$  werden mit der Formel für den Mehrverkehr abgebildet ( $|\Delta F_{i,j}|$  entspricht  $M_1 - M_0$  und  $\Delta GTK_{i,j}$  entspricht  $P_0 - P_1$ ).
- Auf der Relation von  $i$  nach  $k$  (vgl. Grafik 10) werden die Reisezeitgewinne des Stammverkehrs (Rechteck  $P_2P_3AB$ ) in der Formel für die Reisezeitgewinne abgebildet ( $F_{i,j}$  entspricht nun  $F_{i,j}^P$  oder in Grafik 10  $M_3$  und  $\Delta t_{i,j}$  entspricht  $P_2 - P_3$ ). Im Mehrverkehr wird das Dreieck  $ABC$  durch obige Formel erfasst ( $|\Delta F_{i,j}|$  entspricht  $M_2 - M_3$  und  $\Delta GTK_{i,j}$  entspricht  $P_2 - P_3$ ). Man beachte, dass der Mehrverkehr auf der Relation von  $i$  nach  $j$ , der von der Relation von  $i$  nach  $k$  umgelagert wird, doppelt gezählt wird (auf beiden Relationen). Dieses Vorgehen ist korrekt.<sup>211</sup>
- In der Formel für den Nettonutzen des Mehrverkehrs wird der Faktor 0.5 verwendet. Dass der Nettonutzen des Mehrverkehrs in Grafik 9 bzw. Grafik 10 als Fläche des Dreiecks  $BCD$  bzw.  $ABC$  berechnet werden kann, bedingt, dass die Nachfrage- bzw. Angebotskurve linear ist. Für kleine Änderungen in den generalisierten Transportkosten trifft diese Annahme zu (bzw. führt diese Annäherung nur zu einem geringen Fehler). Das Vorgehen ist nur dann problematisch, wenn ein neuer Verkehrsträger eingeführt wird (in dieser Norm nicht relevant) oder wenn grosse Veränderungen in den Kosten stattfinden.<sup>212</sup> Im Fall von grossen Veränderungen müsste mindestens ein zusätzlicher Punkt entlang der Nachfragekurve berechnet werden.<sup>213</sup> In der Praxis dürfte dies jedoch selten relevant sein.

### 37 Betriebskosten Fahrzeuge

Wie bei der Reisezeit geht es bei den Betriebskosten der Fahrzeuge um die Veränderungen der Betriebskosten. Auch wird wiederum nur der Stammverkehr betrachtet (der Mehrverkehr wird im Indikator Nettonutzen des Mehrverkehrs berücksichtigt).

Die Berechnung der Betriebskosten ergibt sich als Multiplikation der Veränderung der Fahrzeugkilometer mit den Kosten pro Fahrzeugkilometer (vgl. Abschnitt 151). Die Veränderung der Fahrzeugkilometer berechnet sich analog zu den Reisezeitveränderungen (vgl. Abschnitt

<sup>211</sup> Man könnte argumentieren, dass diejenigen Fahrer, die von der Relation von  $i$  nach  $k$  auf die Strecke von  $i$  nach  $j$  wechseln, vom gesamten Reisezeitgewinn auf der Strecke von  $i$  nach  $k$  profitieren und nicht nur vom halben Reisezeitgewinn wie es in Grafik 10 zu sehen ist, da sie mit ihrer bisherigen Fahrt von  $i$  nach  $k$  den vollen Reisezeitgewinn auf dieser Strecke erzielen würden. Die Verbesserung auf der Strecke von  $i$  nach  $j$  ist aber offenbar noch grösser, so dass sie trotz der Verbesserung auf der Strecke von  $i$  nach  $k$  auf die Strecke von  $i$  nach  $j$  wechseln. Dies wird genau durch die obigen Formeln abgebildet: Die verlegte Fahrt von  $i$  nach  $j$  anstatt nach  $k$  wird beim Mehrverkehr zweimal je halb (Faktor 0.5) berücksichtigt, einmal auf der Strecke von  $i$  nach  $k$  und einmal auf der Strecke von  $i$  nach  $j$ . Der zusätzliche Nutzen des Umsteigens (grössere Abnahme der Zeitkosten auf der Strecke von  $i$  nach  $j$  als von  $i$  nach  $k$ ) wird jedoch nur halb miteinbezogen.

<sup>212</sup> White et al. (2001), Economic Appraisal of Multi-Modal Transport Investments und Nellthorp und Hyman (2001), Alternatives to the rule of a half in matrix based appraisal.

<sup>213</sup> White et al. (2001), Economic Appraisal of Multi-Modal Transport Investments.

35), wobei die Reisezeitgewinne durch die Distanzen ersetzt werden müssen und der Besetzungsgrad aus der Berechnung herausfällt. Es ergibt sich also folgende Formel:

$$\text{Abnahme der Fahrzeugkilometer} = \sum_i \sum_j F_{i,j} \Delta d_{i,j}$$

wobei  $F_{i,j} = \min \{F_{i,j}^0, F_{i,j}^P\}$ , d.h. Stammverkehr

$F_{i,j}^0 =$  Anzahl Fahrzeugfahrten im Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j

$F_{i,j}^P =$  Anzahl Fahrzeugfahrten in der Projektvariante P auf der Relation von i nach j

$\Delta d_{i,j} =$  Distanz (in km) in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j (d.h.  $\Delta d_{i,j} = d_{i,j}^0 - d_{i,j}^P$ )

Es ist durchaus möglich, dass sich die Betriebskosten erhöhen, z.B. wenn eine Umfahrungsstrasse zwar deutlich schneller, aber mit einer etwas grösseren Distanz verbunden ist. In diesem Fall gibt die oben berechnete Formel ein negatives Ergebnis.

Falls während der Bauphase Umwegfahrten (Umleitungen) nötig sind, sind diese zu berücksichtigen. Die zusätzlichen Fahrzeugkilometer aufgrund der Umleitung können grob abgeschätzt werden,<sup>214</sup> indem die Dauer der Umleitung multipliziert wird mit der Verkehrsmenge pro Tag und der Verlängerung der Strecke pro Fahrzeug. In diesem Fall sind die veränderten Fahrzeugkilometer während dem Bau auch bei der Berechnung der externen Kosten zu berücksichtigen.

### 38 Veränderung der Zuverlässigkeit

Keine Ergänzungen zu den Ausführungen in der Norm.

### 39 Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr

Die Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr können mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$\text{Zusätzliche Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr} = \text{TSM} \sum_i \sum_j \Delta F_{i,j} d_{i,j}^P$$

wobei TSM = Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut pro Kilometer

$\Delta F_{i,j} =$  Zunahme der Anzahl Fahrzeugfahrten in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j  
(d.h.  $\Delta F_{i,j} = F_{i,j}^P - F_{i,j}^0$ )

$d_{i,j}^P =$  Distanz (in km) in der Projektvariante P auf der Relation von i nach j

Die Höhe von TSM wird im Rahmen des Wertgerüsts in Abschnitt I53 festgelegt.

Diese Formel kann wie folgt erläutert werden: Die Berechnung muss über die Veränderung der Anzahl Fahrten geschehen, um sicherzustellen, dass nicht auch die Veränderung der Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Stammverkehr mitberücksichtigt wird, die einen reinen Transfer zwischen dem Stammverkehr (den Benutzern) und dem Staat darstellen. Erhöht sich also die Anzahl Fahrten auf einer Relation von i nach j, so steigen die Einnahmen des Staates um einen Betrag, welcher sich aus der Multiplikation aus dem Mehrverkehr mit den Einnahmen pro Kilometer und der Distanz der Relation von i nach j ergibt.<sup>215, 216</sup> Dabei sind die Distanzen im Projektfall (nicht im Referenzfall) zu betrachten, weil der Mehrverkehr nur im Projektfall fährt.

Auf einzelnen Relationen (z.B. von i nach k) kann der Verkehr jedoch auch abnehmen, weil er sich auf andere Relationen (von i nach j) verlagert, die dank dem Projekt attraktiver geworden sind. In diesem Fall hat der Staat Mindereinnahmen auf der Relation von i nach k aber Mehreinnahmen auf der Relation von i nach j. Dies wird in der Formel berücksichtigt.

#### 40 Veränderung der MWST-Einnahmen im öffentlichen Verkehr

Durch Umsteigeeffekte vom ÖV (Strasse und Schiene) auf den MIV (oder umgekehrt) verändern sich die Einnahmen der ÖV-Betreiber und damit auch die auf dem Biletverkauf erhobenen MWST-Einnahmen des Staates. Aus dem Verkehrsmodell geht hervor, wie gross dieser Umsteigeeffekt in Personenkilometern oder in Personenfahrten für den öffentlichen Strassen- und Schienenverkehr ist. Daraus und aus den durchschnittlichen Biletteinnahmen der betroffenen ÖV-Betreiber lässt sich die Veränderung der Biletteinnahmen im ÖV berechnen (für den öffentlichen Strassenverkehr wurde dies bereits in Abschnitt 34 vorgenommen). Diese Veränderung ist dann noch mit dem MWST-Satz zu multiplizieren. Dabei sind absehbare künftige Veränderungen des MWST-Satzes zu berücksichtigen.

#### 41 Unfälle

Solange die Detailnorm SN 641 824: Unfallraten und Unfallkostensätze im Verkehr noch nicht besteht, können Unfallraten auf der Homepage der Beratungsstelle für Unfallverhütung ([www.bfu.ch](http://www.bfu.ch)) gefunden werden.

---

<sup>214</sup> Da dieser Effekt in der Gesamtbeurteilung des Projektes kaum entscheidend ist, genügt eine grobe Abschätzung.

<sup>215</sup> Die Distanzen sind hier ohne allfällige Umwegfahrten während dem Bau zu berechnen, da Veränderungen der Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut aufgrund von Umwegfahrten während dem Bau reine Transfers zwischen Benutzern und Staat darstellen.

<sup>216</sup> In der Regel kann vernachlässigt werden, dass ein Teil der Fahrzeugkilometer (bzw. Distanzen) im Ausland zurückgelegt wird: Erstens erzielt die Schweiz aufgrund des Tanktourismus auch bei Fahrzeugkilometern im Ausland Einnahmen aus der Treibstoffsteuer (gilt heutzutage für Benzin, aber nicht für Diesel). Zweitens wäre für eine korrekte Berücksichtigung (neben dem Problem des Tanktourismus) auch noch die Höhe von Treibstoffsteuer

## 42 Lärm

Keine Ergänzungen zu den Ausführungen in der Norm.

## 43 Luftverschmutzung

Wie in Abschnitt 37 erwähnt, ist beim Mengengerüst zu berücksichtigen, dass während der Bauphase Umwegfahrten (Umleitungen) nötig sein können, welche die Fahrtstrecke und damit die Schadstoffemissionen erhöhen.

Solange die Detailnorm SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr noch nicht besteht, können Emissionsfaktoren in UBA und BUWAL (2004, Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs (HBEFA). Version 2.1) gefunden werden.

## 44 Klima

Wie in Abschnitt 37 erwähnt, ist beim Mengengerüst zu berücksichtigen, dass während der Bauphase Umwegfahrten (Umleitungen) nötig sein können, welche die Fahrtstrecke und damit die Schadstoffemissionen erhöhen.

Solange die Detailnorm SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr noch nicht besteht, können Emissionsfaktoren in UBA und BUWAL (2004, Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs (HBEFA). Version 2.1) gefunden werden.

## 45 Externe Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur

Keine Ergänzungen zu den Ausführungen in der Norm.

## 46 Bodenversiegelung

Solange die SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr noch nicht besteht, können die Kosten der Bodenversiegelung in Buser et al. (im Erscheinen, Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft) gefunden werden.

---

ern und Maut im Ausland zu erheben. Da drittens der Anteil der zusätzlichen Fahrzeugkilometer im Ausland an allen zusätzlichen Fahrzeugkilometern meist klein ist, lohnt sich der Aufwand meist nicht.

## 47 Landschafts- und Ortsbild

Solange die SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr noch nicht besteht, können die Kosten für Landschafts- und Ortsbild in ASTRA (2003, NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 84-85) gefunden werden.

## 48 Nur in Teilbilanzen relevante Indikatoren

### 48.1 Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Stammverkehr

Die Veränderung der Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Stammverkehr ist leicht zu berechnen, indem zuerst die Veränderung der Einnahmen im gesamten Verkehr berechnet wird und davon die Einnahmenänderung im Mehrverkehr abgezogen wird:

- Die Veränderung der Einnahmen im gesamten Verkehr ergibt sich aus der Veränderung der gesamten gefahrenen Fahrzeugkilometer im Projektfall relativ zum Referenzfall (aus dem Verkehrsmodell) multipliziert mit den Treibstoffsteuern und der Maut pro Fahrzeugkilometer, die in der Detailnorm SN 641 827: Betriebskosten von Strassenfahrzeugen festgelegt sind.
- Die Veränderung der Einnahmen im Mehrverkehr wurde bereits im entsprechenden Indikator berechnet.

### 48.2 Finanzierungskosten

Die Finanzierungskosten werden dann relevant, wenn die Investitionskosten über einen Kredit finanziert werden. In diesem Fall muss der Bauherr (meist der Staat) als Kreditnehmer die Finanzierungskosten tragen, während der Kreditgeber einen Ertrag in demselben Umfang erzielt (vgl. Abschnitt F19.1). Die Gewinne der Kreditgebers entsprechen also genau den Finanzierungskosten des Bauherrn.

Bei der Berechnung der Finanzierungskosten ist von den tatsächlichen (bzw. den erwarteten) Kosten auszugehen: Der Staat berücksichtigt in den frühen Jahren der Bauphase die erhaltenen Kredite (die auch nur einem Teil der Investitionskosten entsprechen können) und in den späteren Jahren die Rückzahlungen und Zinszahlungen über die ganze Laufzeit des Kredites. Dabei ist darauf zu achten, dass zur Berechnung der Zinskosten vom realen Zinssatz auszugehen ist (der nominale Zinssatz ist also um die erwartete Inflation zu reduzieren). Zur Berechnung des Nettobarwertes aus den Kredit-, Rück- und Zinszahlungen wird der übliche Diskontsatz verwendet.<sup>217</sup>

---

<sup>217</sup> Als Alternative kann bei der Berechnung des Barwertes der Finanzierungskosten auch der Diskontsatz um die Inflation erhöht werden, wenn bei der Berechnung der Finanzierungskosten mit dem nominalen Zinssatz gerechnet wurde. Diese Alternative bietet sich vor allem dann an, wenn die Rückzahlung über eine einheitliche fixe Zahlung pro Jahr erfolgt, die der Summe aus Rückzahlung und Zinszahlung entspricht.

# I Bestimmung des Wertgerüsts

## 49 Grundregeln

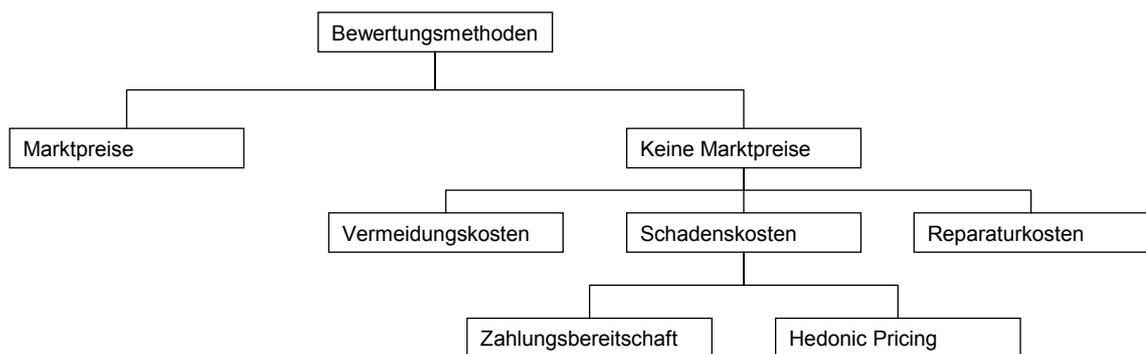
Die im folgenden dargestellten Grundregeln gelten auch für Indikatoren, die in Abschnitt E17 nicht aufgeführt sind, aber z.B. dank neuen Forschungsergebnissen zukünftig in der KNA berücksichtigt werden können.

### 49.1 Bewertungsmethode

Es gibt verschiedene Methoden, um die Auswirkungen eines Projektes zu bewerten (vgl. folgende Grafik). Zuerst ist zu fragen, ob es für eine bestimmte zu bewertende Auswirkung einen Marktpreis gibt. Liegen Marktpreise vor, so sind die Auswirkungen mit den Marktpreisen zu bewerten.<sup>218</sup> Dies ist z.B. bei den Betriebskosten der Fahrzeuge der Fall. Für viele Auswirkungen z.B. auf die Umwelt liegen jedoch keine Marktpreise vor. In diesem Fall gibt es drei Bewertungsmethoden:<sup>219</sup>

- **Schadenskosten-Ansatz:** Bei diesem Ansatz wird versucht, den entstehenden Schaden (z.B. durch Luftverschmutzung, Lärm oder Unfälle) abzuschätzen. Beim Schadenskosten-Ansatz gibt es zwei Untervarianten:

**Grafik 11: Übersicht über verschiedene Bewertungskonzepte**



<sup>218</sup> Sundqvist und Söderholm (2002), Valuing the Environmental Impacts of Electricity Generation, S. 6.

<sup>219</sup> Ecoplan (1998), Externalitäten im Verkehr – methodische Grundlagen, S. 28-31, World Road Association (1999), Economic Evaluation Methods for Road Projects in PIARC Member Countries, S. 31-37 und Sundqvist und Söderholm (2002), Valuing the Environmental Impacts of Electricity Generation, S. 4-6.

- **Zahlungsbereitschafts-Ansatz:** In direkten Umfragen wird mittels ausgeklügelter Fragebogen die Zahlungsbereitschaft (willingness to pay WTP) der Leute (z.B. für eine Reduktion des Unfallrisikos oder einen Zeitgewinn) erfragt. Es handelt sich dabei meist um sogenannte stated preference Ergebnisse: Die Bewertung beruht auf Aussagen der Befragten, die ihre Präferenzen in einer hypothetischen Situation während einem Interview angeben.<sup>220</sup>
- **Hedonic Pricing:** Im Gegensatz dazu beruht die Hedonic Pricing Methode auf Marktpreisen. Aus dem Marktpreis eines Gutes (z.B. Mietpreis) und seinen verschiedenen Eigenschaften (z.B. Lage, Grösse, Lärmbelastung etc.) wird mittels statistischer Verfahren der Preis für die einzelnen Eigenschaften geschätzt. So wird z.B. der Wert der Ruhe (bzw. des Lärms) aus dem Vergleich der Mietpreise einer ruhigen und einer belärmten Wohnung ermittelt. Im Wohnungsmarkt offenbaren also die Konsumenten ihre Präferenzen für Ruhe (revealed preference).
- **Vermeidungskosten-Ansatz:** Bei diesem Ansatz werden die Kosten von Massnahmen verwendet, welche die Entstehung von Schäden verhindern. Es werden also nicht wie beim Schadenskosten-Ansatz die Kosten des Schadens ermittelt, sondern es wird untersucht, wie teuer es ist, den Schaden zu vermeiden.
- **Reparaturkosten- oder Ersatzkosten-Ansatz:** In einem dritten Ansatz werden die Kosten von Massnahmen ermittelt, die den entstandenen Schaden reparieren oder das beschädigte Gut ersetzen. So kann z.B. das durch eine neue Strasse verlorene Land (z.B. ein Moor) mit den Kosten bewertet werden, die entstehen, wenn das verlorene Moor andernorts ersetzt wird.

Diese verschiedenen Bewertungsansätze sollen im Folgenden gewürdigt werden. Da in einer KNA die Veränderung des Wohlstandes durch ein Projekt bewertet werden soll, ist prinzipiell der Schadenskosten-Ansatz vorzuziehen, da mit ihm direkt die Veränderung der Wohlfahrt gemessen wird.<sup>221</sup>

Die Reparatur- oder Ersatzkosten sind nur ein schlechtes Mass des Schadens- bzw. des Wohlfahrtsverlustes, da sie keinen direkten Zusammenhang mit dem Schaden haben.<sup>222</sup> Es ist sowohl eine Unter- als auch eine Überschätzung des Schadens möglich. Der Reparatur- oder Ersatzkosten-Ansatz ist in der Praxis nur selten zu finden und wird bei Aufzählungen von Bewertungsmethoden sogar häufig vernachlässigt.

Auch bei den Vermeidungskosten besteht kein direkter Zusammenhang zwischen den Vermeidungskosten und dem Schaden – es ist wiederum sowohl eine Überschätzung als auch

<sup>220</sup> Es sind auch revealed preference Ergebnisse möglich, wenn mit Entscheidungsmodellen gearbeitet wird, in denen die Zahlungsbereitschaft nicht direkt erfragt wird, sondern aus den Antworten abgeleitet wird.

<sup>221</sup> Sundqvist und Söderholm (2002), Valuing the Environmental Impacts of Electricity Generation, S. 5, ARGE Abay & Meier / Emch & Berger (2002), Richtlinien und Ansätze für NWA und KNA, S. 21 und EcoPlan (1998), Externalitäten im Verkehr – methodische Grundlagen, S. 30.

<sup>222</sup> World Road Association (1999), Economic Evaluation Methods for Road Projects in PIARC Member Countries, S. 37.

eine Unterschätzung des Schadens möglich.<sup>223</sup> Deshalb werden meist die Vermeidungskosten für ein politisch akzeptiertes Ziel berechnet (z.B. Kyoto-Ziel für Treibhausgase). Dieses Ziel ist implizit mit einer gesellschaftlichen Bewertung des Schadens verbunden, welche aufgrund des durch Lobbying beeinflussten Entscheidungsprozesses, den tatsächlichen Schaden oft unterschätzten dürfte<sup>224</sup> (obwohl theoretisch auch eine Überschätzung möglich ist).

Wie bereits erwähnt misst der Schadenskosten-Ansatz direkt den Wohlfahrtsverlust. Der Schadenskosten-Ansatz beruht entweder auf Marktpreisen (Hedonic Pricing) oder auf hypothetischen Fragestellungen (Zahlungsbereitschaft). Da Marktpreise auf tatsächlichen Entscheidungen beruhen, ist ihnen prinzipiell mehr Vertrauen zu schenken als Zahlungsbereitschaften. Die Bedingung für die Hedonic Pricing Methode ist allerdings, dass ein Markt besteht, auf dem das zu bewertende Gut eine Rolle spielt (z.B. Lärm als Teil des Mietpreises). Dies ist jedoch nicht für alle zu bewertenden Güter der Fall. Ausserdem braucht es meist viele Daten, um mit der Hedonic Pricing Methode Werte zu schätzen.<sup>225</sup> Hedonic Pricing ist also nicht immer anwendbar.

Dann kann auf Zahlungsbereitschaftsstudien zurückgegriffen werden. Diese Studien ermitteln zwar Werte auf einem hypothetischen Markt, doch kann mit einem geeigneten Design des Fragebogens dieser Nachteil zumindest teilweise behoben werden, indem z.B. der hypothetische Markt realistisch dargestellt wird. Die Zahlungsbereitschaft ist die dominante Bewertungsmethode geworden: Mit ihr können die Fragen so gestellt werden, dass man genau die benötigten Informationen erhält. So gewinnt die Zahlungsbereitschaftsmethode auch für die Bewertung von Schmerz und Leid (z.B. bei einer Krankheit) zunehmend Akzeptanz.<sup>226</sup>

#### **Exkurs: Willingness to pay versus willingness to accept**

In Zahlungsbereitschaftsstudien wird entweder die willingness to pay (WTP) oder die willingness to accept (WTA) erhoben. Bei der WTP wird gefragt, wie viel man zu zahlen bereit ist, um ein vorhandenes Risiko (z.B. Lärm, Unfallrisiko) zu reduzieren. Bei der WTA wird untersucht, wie hoch eine Entschädigung sein muss, damit ein höheres Risiko (z.B. am Arbeitsplatz) akzeptiert wird. Es stellt sich die Frage, ob in einer KNA WTP-Zahlen oder WTA-Zahlen verwendet werden sollten.

Tatsächlich können beide Zahlen die richtigen sein: Dazu stelle man sich z.B. den Bau einer neuen Umfahrungsstrasse vor, die entlang der neuen Strasse den Lärm für die Anwohner erhöht, aber dafür die Anwohner der bisherigen Strasse entlastet, weil sich der Verkehr von dieser Strasse auf die neu gebaute Umfahrungsstrasse verlagert. In diesem Fall müsste für

<sup>223</sup> Sundqvist und Söderholm (2002), Valuing the Environmental Impacts of Electricity Generation, S. 4.

<sup>224</sup> Litman (2002), Transportation Cost and Benefit Analysis, S. 4-2.

<sup>225</sup> World Road Association (1999), Economic Evaluation Methods for Road Projects in PIARC Member Countries, S. 31-33.

<sup>226</sup> Bristow und Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union, S. 56.

die Anwohner der neuen Umfahrungsstrasse die WTA erhoben werden (wie hoch müsste die Entschädigung sein, damit sie den Mehrlärm akzeptieren) und für die Anwohner der alten Strasse die WTP (wie viel sind die zu zahlen bereit, um den Lärm zu reduzieren). Weil WTA-Werte sowohl theoretisch als auch empirisch höher sind als WTP-Werte, führt dies zu einer grösseren Ungleichbehandlung, die störend sein kann. Dies dürfte politisch deshalb kaum durchsetzbar sein.

In der Praxis muss man sich deshalb für WTP- oder WTA-Zahlen entscheiden. Man ist sich einig, dass WTP-Zahlen vorzuziehen sind, weil WTA-Zahlen beliebig hoch sein können, da sie nicht durch das Einkommen beschränkt sind.<sup>227</sup>

Zusammenfassend kommen wir für die Norm zu folgender Festlegung zur Bewertungsmethode:

- Liegen Marktpreise vor, sind die **Marktpreise** zu benutzen.
- Ohne Marktpreise ist wenn möglich der **Schadenskosten-Ansatz** zu verwenden. Der Schadenskosten-Ansatz ist aus wohlfahrtstheoretischer Sicht die zu bevorzugende Methode, da mit ihr der Wohlfahrtsverlust adäquater erfasst werden kann.<sup>228</sup>

Kann das zu bewertende Gut mit der **Hedonic Pricing** Methode festgelegt werden, so ist diese dem **Zahlungsbereitschafts-Ansatz** vorzuziehen, da der Hedonic Pricing Ansatz auf Marktpreisen beruht. Dies ist allerdings nur dann der Fall, wenn das zu bewertende Gut von den Konsumenten klar als Teil des auf dem Markt gehandelten Gutes wahrgenommen wird und damit die Hedonic Pricing Methode zu zuverlässigen Ergebnissen führt.

- Nicht immer ist es jedoch einfach, die Schäden zu identifizieren und zu quantifizieren (z.B. bei Klimaschäden), so dass der Schadenskosten-Ansatz nicht angewendet werden kann, bisher nicht angewendet wurde oder zu sehr unsicheren Resultaten führt.<sup>229</sup> In diesen Fällen ist der **Vermeidungskostenansatz** wertvoll, insbesondere wenn ein breiter Konsens über das anzustrebende Umweltziel in der Gesellschaft besteht. Können keine Vermeidungskosten bestimmt werden (wie z.B. bei der Bewertung von Natur und Landschaft), ist der **Reparatur- oder Ersatzkosten-Ansatz** ein möglicher Ausweg.

Die gänzliche Vernachlässigung von Effekten, für die kein (zuverlässiges) Resultat aus einer Zahlungsbereitschaftsstudie vorliegt, ist kein empfehlenswertes Vorgehen. In diesem Fall ist es besser, Resultate aus dem Vermeidungs-, Reparatur- oder Ersatzkosten-Ansatz zu verwenden, als auf eine Bewertung vollständig zu verzichten. Bei einer Ver-

<sup>227</sup> Sundqvist und Söderholm (2002), Valuing the Environmental Impacts of Electricity Generation, S. 4, EU (2000), Workshop on the value of reducing the risk of ill health or a fatal illness, S. 5 und Nellthorp et al. (2001), Valuation Convention for UNITE, S. 20-21.

<sup>228</sup> Sundqvist und Söderholm (2002), Valuing the Environmental Impacts of Electricity Generation, S. 5, ARGE Abay & Meier / Emch & Berger (2002), Richtlinien und Ansätze für NWA und KNA, S. 21 und EcoPlan (1998), Externalitäten im Verkehr – methodische Grundlagen, S. 30.

<sup>229</sup> EcoPlan (1998), Externalitäten im Verkehr – methodische Grundlagen, S. 31.

nachlässigung der monetären Bewertung drohen nämlich nicht bewertete Effekte im Entscheidungsprozess unterzugehen (ausser sie werden im Rahmen der nicht-monetarisierten Indikatoren berücksichtigt).

In vielen Fällen hängt die Wahl der Bewertungsmethode also auch von den vorhandenen Daten ab. Es ist zu erwarten, dass für einem zunehmend breiteren Problembereich Bewertungssätze aus Zahlungsbereitschafts-Studien zur Verfügung stehen, so dass der Vermeidungskosten- und der Reparatur- oder Ersatzkosten-Ansatz immer weniger benutzt werden müssen.

Diese Festlegung spiegelt sich auch in der internationalen Literatur:

- In Frankreich wird die Zahlungsbereitschaft stark empfohlen für Umweltgüter, für die keine Marktpreise bestehen (wobei die Hedonic Pricing Methode keine direkte Erwähnung findet).<sup>230</sup>
- Bei Unfällen werden die Sachschäden meist mit Marktpreisen bewertet, während die Verletzten und Getöteten mit der Zahlungsbereitschaften bewertet werden, die teilweise mit Produktionsausfällen (zu Marktpreisen) ergänzt werden.<sup>231</sup>
- Der Lärm wird meist mit dem Hedonic Pricing Ansatz monetarisiert, indem die Mietzinsausfälle berechnet werden (so z.B. in Belgien, Frankreich, Japan und der Schweiz). Manchmal findet sich aber auch noch der Vermeidungskosten-Ansatz (z.B. in Spanien). In Deutschland werden Lärmkosten in der Nacht mit dem Vermeidungskosten-Ansatz bewertet und Lärmkosten am Tag mit dem Hedonic Pricing Methode.<sup>232</sup> In der Schweiz erlaubt eine aktuelle Studie, neben den mit dem Hedonic Pricing Ansatz bestimmten Mietzinsausfällen auch die Kosten von lärmbedingten Krankheits- und Todesfällen zu bestimmen, die mit dem Zahlungsbereitschaftsansatz und Marktpreisen (für Produktionsausfall und medizinische Behandlungskosten) bestimmt werden.<sup>233</sup>
- Da die Schäden der Klimaveränderung sehr schwer monetarisierbar sind, wird bei Klimaschäden häufig auf Vermeidungskosten zurückgegriffen (so z.B. in Deutschland und Bayern und im NISTRA), obwohl sonst meist der Schadenskosten-Ansatz zum Zug kommt.<sup>234</sup>

---

<sup>230</sup> Quinet (2000), Evaluation methodologies of transportation projects in France, S. 28.

<sup>231</sup> Hayashi und Morisugi (2000), International comparison of background concept and methodology of transportation project appraisal, S. 84, Ecoplan (2002), Unfallkosten im Strassen- und Schienenverkehr der Schweiz 1998 und World Road Association (1999), Economic Evaluation Methods for Road Projects in PIARC Member Countries, S. 53.

<sup>232</sup> Bristow und Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union, S. 56 und Hayashi, Morisugi (2000), International comparison of background concept and methodology of transportation project appraisal, S. 83 und EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 9.

<sup>233</sup> Ecoplan et al. (im Erscheinen), Externe Lärmkosten des Strassen- und Schienenverkehrs.

<sup>234</sup> Degelmann et al. (2002), Bewertungsverfahren zum Ausbauplan für die Staatsstrassen in Bayern unter Einbezug der EWS, S. 57, EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 9 und ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 106.

## 49.2 Reale Preise und Preisstand

Die Berechnung der KNA erfolgt zu realen (nicht nominalen) Preisen. Die korrekte Berücksichtigung der Inflation würde zwar die Ergebnisse nicht beeinflussen, weil dann künftige Zahlen zwar grösser würden, jedoch gleichzeitig auch stärker abdiskontiert würden. Die Berechnung zu realen Preisen ist aber international üblich (so z.B. in England, Deutschland und der EU).<sup>235</sup>

Für jede KNA ist ein einheitlicher Preisstand zu wählen, der aber in verschiedenen Untersuchungen nicht gleich sein muss, da das Entscheidungskriterium unabhängig vom Preisstand ist (vgl. Abschnitt J63):

- Wird nur ein einzelnes Projekt betrachtet, ist entscheidend, ob der Nettobarwert positiv oder negativ ist. Die Veränderung des Preisstandes verändert das Vorzeichen nicht.
- Bei mehreren Projektvarianten ist das Nutzen-Kosten-Verhältnis ausschlaggebend. Eine Veränderung des Preisstandes verändert Nutzen und Kosten in genau demselben Ausmass (prozentual), so dass das Verhältnis unverändert bleibt.
- Beim Vergleich mehrerer Varianten wird die Infrastrukturbudgeteffizienz (Verhältnis aus Nettobarwert und Belastung des Infrastrukturbudgets) verwendet. Es handelt sich ebenfalls um ein Verhältnis, das durch eine Veränderung des Preisstandes nicht tangiert wird.

Verschiedene Projekte dürfen also mit einem unterschiedlichen Preisstand bewertet werden.

Die Detailnormen SN 641 822 bis SN 641 828 schreiben vor, wie das Wertgerüst auf den Preisstand der KNA umgerechnet werden muss.

## 49.3 Faktorpreise

Bei der Berechnung der Kosten und Nutzen sind Faktorpreise (nicht Marktpreise) zu verwenden, d.h. die indirekten Steuern (und allfällige Subventionen) müssen herausgerechnet werden. Indirekte Steuern wie die MWST und Treibstoffsteuern stellen reine Transfers vom Steuerzahler an den Staat dar, sind aber mit keinen volkswirtschaftlichen Kosten oder Nutzen verbunden.<sup>236</sup> Einzig in den Teilbilanzen Staat (Betreiber), Benutzer und Allgemeinheit sind Steuerzahlungen von Bedeutung, da sie zu einer Umverteilung hin zum Staat führen. Dieses Vorgehen – Berechnung in Faktorkosten und indirekte Steuern nur in Teilbilanzen relevant – ist international üblich, so z.B. in England, der EU und der Schweiz.<sup>237</sup>

---

<sup>235</sup> Department for Transport (2002), Economic Concepts in COBA, S.4/1, EWS (1997), Kommentar zum Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen, S. 11 und Europäische Kommission (1997), Anleitung zur Kosten-Nutzen-Analyse von Grossprojekten, S. 88.

<sup>236</sup> Eine Ausnahme bilden die Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr sowie die Veränderung der MWST-Einnahmen im öffentlichen Verkehr (vgl. Abschnitt E17.1 und E17.3).

<sup>237</sup> Department for Transport (2002), Economic Concepts in COBA, S. 6/1, European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 12 und Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analysen für Verkehrsinvestitionen, S. 6-7. Siehe auch Odeck (2000), Valuing the Cost and Benefits of Road Transport, S. 8. Im EWS

In Studien ermittelte Zahlungsbereitschaften sind Marktpreise, denn die Konsumenten überlegen sich, wie viel sie für ein Gut zu zahlen bereit wären. Dabei vergleichen sie mit den von ihnen bezahlten Preisen für andere Güter, d.h. sie vergleichen mit Marktpreisen. Deshalb sind alle in Zahlungsbereitschaftsstudien ermittelten Zahlen mit dem durchschnittlichen Steuersatz der indirekten Steuern nach unten anzupassen.<sup>238</sup> Der durchschnittliche Steuersatz der indirekten Steuern beläuft sich zur Zeit für die Schweiz auf 7.7%.<sup>239</sup>

#### 49.4 Örtliche Differenzierung

In den Normen SN 641 820 bis SN 641 828 werden jeweils schweizerische Durchschnittswerte gegeben. Dies stellt sicher, dass die Ergebnisse verschiedener KNA miteinander vergleichbar sind.

Schweizerische Durchschnittswerte können jedoch relativ stark von lokalen Werten abweichen und deshalb ein falsches Bild zeichnen. Deshalb ist es zulässig, von den Durchschnittswerten abzuweichen, wenn zuverlässige, methodisch gleichwertige lokale Zahlen vorliegen<sup>240</sup> – dies ist auch in England und Deutschland erlaubt.<sup>241</sup> Die verwendeten lokalen Daten sind genau zu dokumentieren und Abweichungen vom Schweizer Durchschnitt sind zu erklären.

Auch beim **Mengengerüst** ist es zulässig, lokale Daten zu verwenden.

#### 49.5 Durchschnitts- versus Grenzkostensätze

Bei der Berechnung der externen Effekte auf die Umwelt stellt sich die Frage, ob Durchschnittskosten oder Grenzkosten benutzt werden sollten. Die Durchschnittskosten (z.B. CHF/Fzkm berechnet aus Gesamtschaden dividiert durch gesamte Fahrzeugkilometer in der Schweiz) können in gewissen Fällen relativ ähnlich sein wie die Grenzkosten (zusätzliche Kosten eines zusätzlichen Fzkm). Dies dürfte z.B. bei der Luftverschmutzung in etwa der Fall sein. In diesem Fall ist die Unterscheidung in Durchschnitts- oder Grenzkosten nicht entscheidend. In anderen Fällen sind die beiden aber klar unterschiedlich, z.B. beim Lärm, da

---

(Deutschland) wird nicht speziell auf diese Problematik eingegangen, die Baukosten werden jedoch ebenfalls ohne MWST berücksichtigt (EWS 1997, Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 29).

<sup>238</sup> Dies wird im COBA am Beispiel der Reisezeiten demonstriert (Department for Transport (2002), Economic Concepts in COBA, S. 6/1).

<sup>239</sup> Nellthorp et al. (2001), Valuation Convention for UNITE, S. 18.

<sup>240</sup> Dies ist auch dann zulässig, wenn es sich nicht um lokale Daten handelt, sondern um aktuellere Daten als die in den Normen enthaltenen Daten. Wird in diesem Fall das Projekt anschliessend mit anderen Projekten verglichen, muss das Projekt im Rahmen der Sensitivitätsanalyse auch mit den Daten der Norm bewertet werden und diese Ergebnisse müssen für den Vergleich mit anderen Projekten verwendet werden, da andernfalls die Vergleichbarkeit nicht gegeben ist.

<sup>241</sup> Department for Transport (2002), The Application of COBA, S. 7/1 und EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 55.

ein zusätzliches Auto auf einer (dicht befahrenen) Strasse zu einer kaum bemerkbaren Zunahme der Lärmbelastung führt (Grenzkosten praktisch gleich Null).

Theoretisch ist klar, dass Grenzkosten verwendet werden sollten, denn dies führt zu einem Ergebnis, das die Wohlfahrt maximiert.<sup>242</sup> Es ist allerdings zu betonen, dass für die Bewertung von Projekten in einer KNA nicht die Grenzkosten einer zusätzlichen Autofahrt benutzt werden dürfen, sondern die durch das Projekt im Vergleich zum Referenzfall ausgelösten zusätzlichen Kosten. Um Verwechslungen zu vermeiden, sollte also eher von den durch das Projekt ausgelösten zusätzlichen Kosten gesprochen werden.

Die meisten vorhandenen Daten sind jedoch Durchschnittskosten und nicht Grenzkosten.<sup>243</sup> So beruht z.B. auch die LSV (leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe) in der Schweiz auf Durchschnitts- und nicht auf Grenzkosten.<sup>244</sup> Es kann folglich sein, dass Grenzkosten nicht verfügbar sind. In diesem Fall ist auf Durchschnittskosten zurückzugreifen. International wird der Problematik von Durchschnitts- versus Grenzkosten im Rahmen von KNA kaum Beachtung geschenkt, so dass dort meist die Durchschnittskosten zur Anwendung gelangen.

#### **49.6 Entwicklung des Wertgerüsts über die Zeit**

Das Wertgerüst bleibt über die Zeit meist nicht real unverändert. Vielmehr wächst es z.B. zusammen mit dem Reallohnwachstum oder dem realen Wachstum der Mietpreise. Insbesondere nehmen Kostensätze, die auf Zahlungsbereitschaften beruhen, mit dem (erwarteten) Reallohnwachstum zu. Denn es ist davon auszugehen, dass mit dem grösseren Einkommen auch die Zahlungsbereitschaft steigt.

Eine Fortschreibung der Kostensätze ist also nötig, erfolgt aber unterschiedlich, je nachdem welcher Kostensatz betrachtet wird. Deshalb wird die Entwicklung des Wertgerüsts über die Zeit in den Detailnormen SN 641 822 bis SN 641 828 genauer festgelegt.

## **50 Reisezeitveränderungen**

### **50.1 Reisezeitveränderungen im Personenverkehr**

Reisezeitgewinne verursachen Nutzen, weil die gewonnene Zeit für andere Tätigkeiten verwendet werden kann und weil dank kurzen Reisezeiten die verschiedenen Tätigkeiten eher in der bevorzugten Reihenfolge ausgeführt werden können.<sup>245</sup>

---

<sup>242</sup> Ecoplan (2002), Theoretical view on pricing, S. 4.

<sup>243</sup> Litman (2002), Transportation Cost and Benefit Analysis, S. 8-2.

<sup>244</sup> Ecoplan (2002), Theoretical view on pricing, S. 9 und 11.

<sup>245</sup> Mackie et al. (2001), The value of travel time savings in evaluation, S. 94.

Der Wert der Zeit wird in der Detailnorm SN 641 822: Zeitwerte im Personenverkehr gegeben. Die Zeitwerte werden dort differenziert nach MIV und ÖV, nach der Distanz und nach verschiedenen Fahrtzwecken (Pendlerfahrten, Einkaufsfahrten, touristische Fahrten (dies sind alle anderen Freizeitfahrten) und Nutzfahrten (Geschäftsreisen)).<sup>246</sup>

### **Bewertung kleiner und negativer Reisezeitgewinne**

Es wird manchmal gefordert, dass kleine Zeitgewinne (von weniger als z.B. 5 Minuten) nicht oder weniger hoch bewertet werden sollten und dass Zeitverluste höher zu bewerten sind. Im Folgenden wird die Diskussion über diese beiden Themenbereiche kurz zusammengefasst, wobei wir mit den Zeitverlusten beginnen und anschliessend die kleinen Zeitgewinne betrachten.

Zeitverluste (z.B. auch während dem Bau) können dazu führen, dass das bisherige Aktivitätsmuster nicht mehr durchführbar ist.<sup>247</sup> Dies führt neben den Zeitverlusten zu Anpassungskosten und könnte daher ein Argument sein, Zeitverluste höher zu gewichten als Zeitgewinne. Erhebungen in England zeigen jedoch, dass Zeitgewinne und –verluste von den befragten Personen gleich bewertet werden.<sup>248</sup> Daher werden in England und im TINA<sup>249</sup> Zeitgewinne und Zeitverluste gleich behandelt. Dieses Vorgehen wird für die Schweiz übernommen.

Die Frage, ob kleine Zeitgewinne nicht oder weniger hoch bewertet werden sollen, ist von grosser Bedeutung: Der Nutzen einer neuen Strasse besteht oft zu 70-90% aus Zeitgewinnen.<sup>250</sup> Oft nehmen die Reisezeitgewinne jedoch massiv ab, wenn Zeitgewinne von weniger als 3 oder 5 Minuten nicht berücksichtigt werden: Bei der Hochleistungsstrassen-Strategie des Kantons Zürich machen die Zeitgewinne kleiner 3 oder 5 Minuten ca. 40 oder 60% aller Reisezeitgewinne aus.<sup>251</sup> In einer englischen Studie sind je nach Projekt 26-100% der Reisezeitgewinne kleiner als 2 Minuten.<sup>252</sup> Ob ein Projekt zu empfehlen ist oder nicht, hängt also nicht unerheblich vom Entscheid ab, wie kleine Reisezeitgewinne zu bewerten sind.

---

<sup>246</sup> Die Zeitveränderungen eines Fahrers im öffentlichen Verkehr werden bei den Betriebskosten berücksichtigt.

<sup>247</sup> Mackie et al. (2001), The value of travel time savings in evaluation, S. 102.

<sup>248</sup> Bates und Whelan (2001), Size and Sign of Time Savings, S. 44.

<sup>249</sup> Mackie et. al (2003), Value of Travel Time Savings in the UK, S. 7, Bates und Whelan (2001), Size and Sign of Time Savings, S. 44 und European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 19 und 44.

<sup>250</sup> Welch und Williams (1997), The Sensitivity of Transport Investment Benefits to the Evaluation of Small Travel-Time Savings, S. 231. European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 42.

<sup>251</sup> Bei dieser Aussage handelt es sich um zwei Synthesevarianten, in denen die Nordumfahrung von Zürich, die K10 im Glattal, verschiedene See- und Stadttunnelvarianten sowie eine Südostumfahrung von Winterthur enthalten sind (Ecoplan 2002, Reisezeitgewinne und Fahrkostenveränderungen der beiden Synthesevarianten, S. 8).

<sup>252</sup> Welch und Williams (1997), The Sensitivity of Transport Investment Benefits to the Evaluation of Small Travel-Time Savings, S. 248.

Es wird manchmal argumentiert, dass kleinere Zeitgewinne (meist Zeitgewinne kleiner 5, 3 oder 2 Minuten<sup>253</sup>) aus den folgenden Gründen nicht oder weniger hoch bewertet werden sollten:<sup>254</sup>

- Zeitgewinne können so klein sein, dass der Gewinner die gewonnene Zeit gar nicht sinnvoll verwenden kann, weil gewisse Aktivitäten ein Mindestmass an Zeit benötigen.
- Das Verkehrsmodell kann die Zeitgewinne nicht präzise voraussagen. Es könnte sein, dass sich kleine Reisezeitgewinne in Wirklichkeit gar nicht einstellen. Die Berücksichtigung der kleinen Reisezeitgewinne würde in diesem Fall zu einer massiven Überschätzung der Projektnutzen führen.
- Kleine Zeitgewinne werden von den Gewinnern gar nicht bemerkt und können deshalb keinen Wert für sie haben.

Der letzte Punkt ist jedoch ein Scheinargument: Wir profitieren von Nutzengewinnen auch dann, wenn wir sie nicht explizit oder nicht im vollen Ausmass wahrnehmen:<sup>255</sup> Wenn wir in einem etwas günstigeren Supermarkt einkaufen, profitieren wir von den tieferen Preisen, auch wenn wir diese gar nicht bemerken. Ausserdem ist zu erwähnen, dass bei der Frage der Routenwahl eine kleine Zeitersparnis auf einer Route sehr wohl wahrgenommen wird.<sup>256</sup>

Es gibt jedoch auch drei Argumente, dass alle Zeitgewinne gleich bewertet werden sollten:<sup>257</sup>

- Über die Zeit passen die Personen ihre Aktivitätsmuster den neuen Gegebenheiten an. Auch wenn also kurzfristig die Zeitgewinne nicht genutzt werden können, so werden sie längerfristig nutzbar.
- Nehmen wir an, dass alle Aktivitäten mindestens 5 Minuten brauchen. Dann ist davon auszugehen, dass vor dem Bau der neuen Strasse, gewisse Personen ihre Zeit nicht optimal nutzen können, so dass sie z.B. 3 Minuten übrig haben. Bringt nun die neue Strasse 2 Minuten Reisezeitgewinn, so erfahren diese Personen tatsächlich einen Gewinn von 5 Minuten. Fowkes (1999)<sup>258</sup> hat gezeigt, dass die nicht nutzbare Zeit vor dem Strassenbau gleichverteilt ist zwischen 0 und 5 Minuten (wenn die Aktivitäten mindestens 5 Minuten benötigen). Deshalb haben selbst kleine Zeitgewinne für gewisse Personen einen grossen

---

<sup>253</sup> Welch und Williams (1997), *The Sensitivity of Transport Investment Benefits to the Evaluation of Small Travel-Time Savings*, S. 236 und 248. Die genaue Definition würde in der Praxis allerdings zu Problemen führen, da keine Grenze theoretisch oder empirisch festgelegt werden kann (Nellthorp et al. 1998, *Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, Appendix II*, S. 6).

<sup>254</sup> Mackie et al. (2001), *The value of travel time savings in evaluation*, S. 102 und Bates und Whelan (2001), *Size and Sign of Time Savings*, S. 43-44.

<sup>255</sup> Mackie et al. (2001), *The value of travel time savings in evaluation*, S. 102.

<sup>256</sup> Nellthorp et al. (1998), *Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, Appendix II*, S. 5.

<sup>257</sup> Mackie et al. (2001), *The value of travel time savings in evaluation*, S. 102-103, Welch und Williams (1997), *The Sensitivity of Transport Investment Benefits to the Evaluation of Small Travel-Time Savings*, S. 235 und 253 und Nellthorp et al. (1998), *Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, Appendix II*, S. 4-7.

<sup>258</sup> Fowkes A.S. (1999), *Issues in Evaluation*.

Nutzen. Das Ergebnis ist dasselbe, wie wenn alle kleinen Reisezeitgewinne bewertet werden.

- Neue Strassen müssen als Teil des gesamten Strassennetzwerkes gesehen werden. Selbst wenn eine neue Strasse nur kleine Zeitgewinne erlaubt, so führen mehrere Verbesserungen zu grossen Zeitgewinnen. Deshalb würde eine Nicht-Bewertung kleiner Reisezeitgewinne zu einem inkonsistenten Ergebnis führen: Dann könnten grosse lohnende Projekte in kleine unprofitable Teilprojekte aufgeteilt werden. Die Nicht-Bewertung kleiner Reisezeitgewinne kann auch als unfair gegenüber kleinen Projekten angeschaut werden, weil die Reisezeitgewinne kleiner Projekte dann gar nicht berücksichtigt würden. Die Nichtberücksichtigung kleiner Reisezeitgewinne würde dazu führen, dass verschiedene kleine Projekte zu grossen Projekten verbunden werden müssten. Dies kann jedoch nicht das Ziel sein.

Diese Argumente sprechen dafür, alle Reisezeitgewinne gleich zu bewerten. Tatsächlich ist dies international auch der Standard: Einerseits kommen umfassende Zeitkostenstudien zu diesem Ergebnis (z.T. auch aufgrund der Analyse von Umfrageergebnissen),<sup>259</sup> andererseits wird dieses Vorgehen von vielen Ländern – z.B. allen EU-Ländern ausser Deutschland<sup>260</sup> – gewählt.<sup>261</sup> Allerdings wird meist betont, dass die Frage der kleinen Zeitgewinne noch nicht endgültig gelöst ist.<sup>262</sup> Die Norm folgt dem aktuellen internationalen Standard: Alle Zeitgewinne werden gleich bewertet.

## 50.2 Reisezeitveränderungen im Güterverkehr

Die Zeitkosten im Güterverkehr werden meist nicht genauer analysiert, so z.B. in Deutschland, England, Frankreich und Japan.<sup>263</sup> Es gibt jedoch auch Ergebnisse zu den Zeitwerten im Güterverkehr:<sup>264</sup> Diese beruhen mehrheitlich auf den Lohnkosten des Fahrers, aber auch auf Effizienzgewinnen aus dem schnelleren Transport der Güter. Die Zeitwerte im Güterver-

<sup>259</sup> Mackie et. al (2003), Value of Travel Time Savings in the UK, S. 7, Bates und Whelan (2001), Size and Sign of Time Savings, S. 44 und Mackie et al. (2001), The value of travel time savings in evaluation, S. 103.

<sup>260</sup> In Deutschland wird der Zeitkostensatz für alle Reisezwecke ausser Nutzfahrten um 30% gekürzt, weil etwa 30% der Zeitgewinne sehr klein seien, so dass sie nicht für andere ökonomische Zwecke eingesetzt werden können (vgl. Rothengatter 2000, Evaluation of Infrastructure Investments in Germany, S. 20.). Dieses Vorgehen scheint jedoch nicht geeignet, da je nach Projekt der Anteil der kleinen Reisezeitgewinne stark variiert.

<sup>261</sup> Welch und Williams (1997), The Sensitivity of Transport Investment Benefits to the Evaluation of Small Travel-Time Savings, S. 234, Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, S. 10 und Appendix II, S. 4 und Department for Transport (2003), The Valuation of Costs and Benefits, S. 1/2.

<sup>262</sup> Welch und Williams (1997), The Sensitivity of Transport Investment Benefits to the Evaluation of Small Travel-Time Savings, S. 239 und 252 und Mackie et. al (2003), Value of Travel Time Savings in the UK, S. 7.

<sup>263</sup> Hayashi und Morisugi (2000), International comparison of background concept and methodology of transportation project appraisal, S. 81 und 87.

<sup>264</sup> Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, Appendix II, S. 19-21.

kehr – das Ergebnis einer aktuellen Forschungsarbeit – werden in der Detailnorm SN 641 823: Zeitkosten im Güterverkehr ausgewiesen.

Wie bei den Zeitgewinnen im Personenverkehr werden alle Reisezeitgewinne – auch kleine und negative – mit demselben Zeitwert (CHF/h) bewertet.

## 51 Betriebskosten Fahrzeuge

Bei den Betriebskosten werden entsprechend Abschnitt 49.5 nur die Grenzkosten betrachtet. Folglich werden die variablen, d.h. fahrleistungsabhängigen Fahrzeugkosten berücksichtigt.<sup>265</sup> Die fahrleistungsabhängigen Fahrzeugkosten setzen sich aus den folgenden Kosten zusammen:<sup>266</sup>

- fahrleistungsabhängige Abschreibung
- Reifen
- Öl
- Wartung und Reparaturen
- Treibstoffkosten (ohne Treibstoffsteuern, da es sich bei den Steuern auf den Treibstoff im Stammverkehr nur um einen Transfer zwischen Benutzer und Staat handelt)

Die fixen (fahrleistungsunabhängigen oder zeitabhängigen) Kosten werden nur im Güterverkehr und bei Nutzfahrten miteinbezogen – dies ist auch im NISTRA, in Bayern und bei der Bewertung von Schienenprojekten in der Schweiz der Fall.<sup>267</sup> Der Grund dafür ist, dass dank Reisezeitverkürzungen im Güterverkehr und bei Nutzfahrten mit den vorhandenen Fahrzeugen in der gleichen Zeit mehr Transporte gefahren werden können bzw. die Fahrzeuge effizienter eingesetzt werden können. Dies kann zur Einsparung ganzer Fahrzeuge führen. Die fixen Fahrzeugkosten werden über die veränderte Reisezeit, nicht über die veränderte Fahrleistung berechnet.<sup>268, 269</sup> Die Fixen Kosten bestehen aus:<sup>270</sup>

---

<sup>265</sup> Dies ist auch in England der Fall (Department for Transport 2003, The Valuation of Costs and Benefits, S. 2/1).

<sup>266</sup> Touring Club (2002), Kilometerkosten 2002 und Ecoplan (2003), Wirtschaftlichkeit des Anschlusses der Schweiz an das europäische Eisenbahn-Hochleistungsnetz (HGV-Anschluss). S. 59-60.

<sup>267</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 70, Degelmann et al. (2002), Bewertungsverfahren zum Ausbauplan für die Staatsstrassen in Bayern unter Einbezug der EWS, S. 56 und Ecoplan (2003), Wirtschaftlichkeit des Anschlusses der Schweiz an das europäische Eisenbahn-Hochleistungsnetz (HGV-Anschluss). S. 59-60.

<sup>268</sup> ASTRA (2003), NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 70.

<sup>269</sup> Im EWS werden deshalb die fixen Fahrzeugkosten bei den Reisezeitveränderungen berücksichtigt, nicht bei den Betriebskosten Fahrzeuge (EWS 1997, Kommentar zum Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen, S. 49). Da es sich aber um Kosten der Fahrzeuge handelt, scheint uns die Zuordnung zu den Betriebskosten sinnvoller.

<sup>270</sup> Touring Club (2002), Kilometerkosten 2002 und Ecoplan (2003), Wirtschaftlichkeit des Anschlusses der Schweiz an das europäische Eisenbahn-Hochleistungsnetz (HGV-Anschluss). S. 59-60.

- zeitbedingten Abschreibung
- Garagierung
- Versicherungen
- Kapitalzinsen
- Fahrzeugpflege
- Nebenauslagen (exkl. Fahrzeugsteuern, die wiederum einen Transfer darstellen<sup>271</sup>)

Die Aufteilung des Verkehrs in Geschäftsverkehr und übrige Verkehrszwecke wird in der Detailnorm SN 641 822: Zeitkosten im Personenverkehr vorgegeben.

Im öffentlichen Verkehr sind neben den Betriebskostenveränderungen der Fahrzeuge auch die Lohnkosten der Fahrer zu berücksichtigen: Zeitveränderungen für den Fahrer werden mit den Lohnkosten des entsprechenden ÖV-Unternehmens bewertet. Die Lohnkosten nehmen über die Zeit mit dem Reallohnwachstum zu.

Solange die SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr noch nicht besteht, können die Betriebskosten Fahrzeuge in ASTRA (2003, NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 104-105) gefunden werden.

## 52 Veränderung der Zuverlässigkeit

Keine Ergänzungen zu den Ausführungen in der Norm.

## 53 Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr

Die Steuern auf Treibstoffe setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen:<sup>272</sup>

- Mineralölsteuer
- Mineralölsteuerzuschlag
- Carbur-Gebühr (für die Lagerhaltung der Treibstoffe) sowie
- MWST auf den Verkaufspreis des Treibstoffs.

Die einzige Maut, die auf Schweizer Strassen erhoben wird ist die LSVA (leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe) im Güterverkehr. Die LSVA wird proportional zur Fahrleistung erhoben. Die Treibstoffsteuern sind an den Treibstoffverbrauch gekoppelt, der wiederum von der Anzahl der gefahrenen Fahrzeugkilometer abhängt. Somit hängen sowohl Treibstoffsteuer wie auch Maut von den Fahrzeugkilometern ab. Deshalb können die Einnahmen aus Treib-

---

<sup>271</sup> Bei den Teilbilanzen müssen die Fahrzeugsteuern nicht beachtet werden, da dieser Effekt in vielen Fällen sehr klein sein dürfte.

<sup>272</sup> Ecoplan (2004), Wirtschaftlichkeit des HGV-Ostanschlusses, S. 63-64

stoffsteuer und Maut – wie in Abschnitt H39 beschrieben – über die Distanzen berechnet werden. Treibstoffsteuern und Maut pro Fahrzeugkilometer werden in der Detailnorm SN 641 827: Betriebskosten von Strassenfahrzeugen vorgegeben.

Weitere Probleme sind zu lösen, wenn auf einem bestimmten Streckenabschnitt (z.B. einer Brücke oder einem Tunnel) eine Maut erhoben wird. Auf diese Probleme wird hier jedoch nicht eingegangen, da in der Schweiz nebst der LSVA zur Zeit keine Mauten erhoben werden.<sup>273</sup>

## 54 Unfälle

Die Unfallkosten setzen sich aus folgenden Komponenten zusammen:

- immaterielle Kosten (Schmerz und Leid)
- medizinische Behandlungskosten
- Nettoproduktionsausfall
- Wiederbesetzungskosten (Arbeitsplatz)
- Sachschäden
- Polizeikosten
- Rechtsfolgekosten
- Administrativkosten

All diese Kostenbestandteile sind mit dem Marktpreis zu Faktorkosten zu bewerten ausser den immateriellen Kosten, die mit der Zahlungsbereitschaftsmethode bewertet werden.<sup>274</sup> Dies ist auch international meist der Fall.<sup>275</sup> Die Unfallkostensätze werden in der Detailnorm SN 641 824: Unfallraten und Unfallkostensätze im Verkehr festgelegt.

Solange die SN 641 824: Unfallraten und Unfallkostensätze im Verkehr noch nicht besteht, können Unfallkostensätze in Ecoplan (2002, Unfallkosten im Strassen- und Schienenverkehr der Schweiz 1998) gefunden werden.

---

<sup>273</sup> Wird die KNA dazu benutzt, die Höhe einer neuen Maut zu optimieren oder gilt es die Höhe der Einnahmen auf einer neu bemauteuten Strasse zu bestimmen, darf nicht einfach ein durchschnittlicher Zeitkostensatz verwendet werden. Denn wie viele Autos die bemauteute Strasse bzw. eine Ausweichroute nehmen, hängt auch stark von der Verteilung der Zeitwerte in der Bevölkerung ab, nicht nur vom Durchschnitt. Dazu und zu weiteren Problemen verweisen wir auf Hensher und Goodwin (2004, Using values of travel time savings for toll roads).

<sup>274</sup> Die Zahlungsbereitschaft gewinnt als Methode zur Bewertung von Schmerz und Leid zunehmend Akzeptanz (Bristow und Nellthorp 2000, Transport project appraisal in the European Union, S. 56).

<sup>275</sup> Hayashi und Morisugi (2000), International comparison of background concept and methodology of transportation project appraisal, S. 83.

## 55 Lärm

Der Lärm führt zu einer Beeinträchtigung der Lebensqualität, die wie folgt bewertet wird:

- Mietzinsausfälle: Belärmte Wohnungen werden weniger nachgefragt als vergleichbare Wohnungen in ruhigen Gebieten. Diese Mindernachfrage schlägt sich in einem tieferen Mietpreis nieder. Die Differenz zwischen einer belärmten und einer vergleichbaren unbelärmten Wohnung entspricht den Lärmkosten des Verkehrs.
- Lärmbedingte Gesundheitskosten (Krankheits- und Todesfälle: medizinische Behandlungskosten, Produktionsausfälle und immaterielle Kosten (für Schmerz und Leid)): Der Lärm führt z.B. zu einer Erhöhung des Blutdruckes (Bluthochdruck) und zu einer grösseren Anzahl von Fällen ischämischer Herzkrankheiten.<sup>276</sup>

Die Kostensätze werden in der Detailnorm SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr gegeben.

Solange die SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr noch nicht besteht, können durchschnittliche Lärmkosten in EcoPlan, Planteam, IHA-ETH (im Erscheinen, Externe Lärmkosten des Strassen- und Schienenverkehrs) gefunden werden.

## 56 Luftverschmutzung

Bei der Bewertung der Luftverschmutzung sind die folgenden Schäden zu berücksichtigen:

- Gesundheitsschäden (Krankheits- und Todesfälle: medizinische Behandlungskosten, Produktionsausfälle und immaterielle Kosten (für Schmerz und Leid))
- Gebäudeschäden und
- Vegetationsschäden (inkl. Ernteauffälle).

Das Wertgerüst zur Veränderung der Luftverschmutzung wird in der Detailnorm SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr festgeschrieben.

Solange die SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr noch nicht besteht, können die Kosten der Luftverschmutzung in EcoPlan, Infrac, ISPM (im Erscheinen, Externe Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung), Infrac, Wüest & Partner (im Erscheinen, Verkehrsbedingte Gebäudeschäden) und EWS (1997, Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS) gefunden werden.

---

<sup>276</sup> EcoPlan et al. (im Erscheinen), Externe Lärmkosten des Strassen- und Schienenverkehrs.

## 57 Klima

Solange die SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr noch nicht besteht, können die Klimakosten in Suter et al. (2001, The Pilote Accounts of Switzerland – Appendix Report, S. 30) gefunden werden.

## 58 Externe Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur

Der Energieverbrauch durch den Betrieb der Infrastruktur entsteht durch die Beleuchtung der Strasse und durch den Tunnelbetrieb (Beleuchtung, Belüftung). Die monetär zu bezahlenden Kosten des Energieverbrauchs sind bereits im Indikator Betriebskosten der Strassen enthalten. Hier sind deshalb nur die zusätzlichen externen Kosten zu berücksichtigen. Der Energieverbrauch der Fahrzeuge wird ebenfalls nicht miteinbezogen, weil sich sonst eine Doppelzählung mit den dem Indikator Luftverschmutzung ergeben würde. Das Wertgerüst wird in der Detailnorm SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr festgelegt.

Solange die SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr noch nicht besteht, können die externen Kosten des Energieverbrauchs in ASTRA (2003, NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 106) gefunden werden.

## 59 Bodenversiegelung

Solange die SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr noch nicht besteht, können die Kosten der Bodenversiegelung in Buser et al. (im Erscheinen, Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft) gefunden werden.

## 60 Landschafts- und Ortsbild

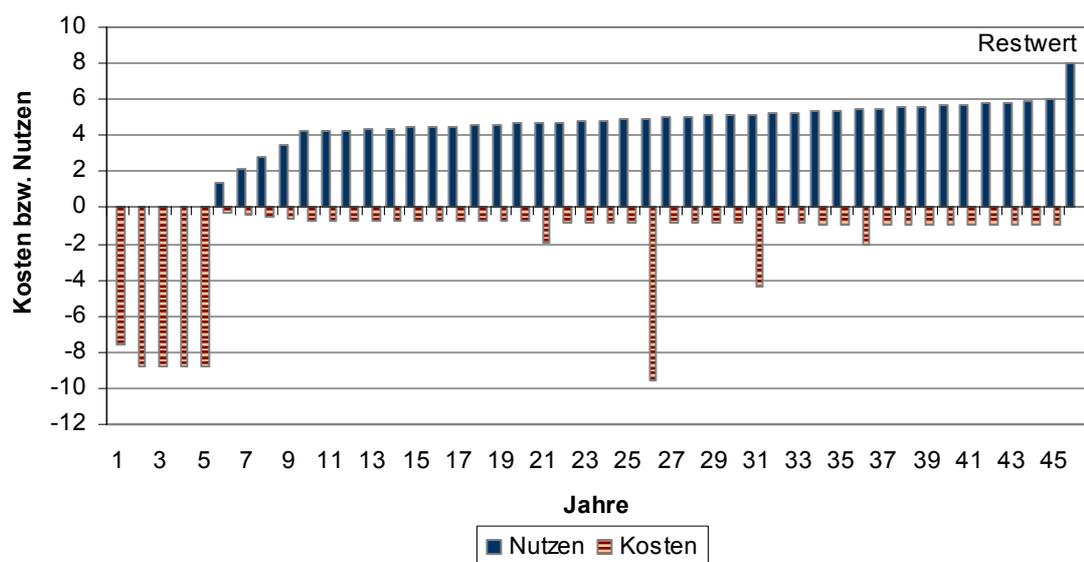
Solange die SN 641 828: Externe Kosten im Strassenverkehr noch nicht besteht, können die Kosten für Landschafts- und Ortsbild in ASTRA (2003, NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte, S. 106) gefunden werden.

## J Bilanzierung von Kosten und Nutzen

Projekte sind meist mit Kosten und Nutzen verbunden, die in verschiedenen Jahren anfallen. Typischerweise fallen zuerst die Investitionskosten an und erst nach Inbetriebnahme der neuen Strasse treten die Nutzen auf (vgl. folgende Grafik). Die Nutzen und Kosten nehmen häufig über die Zeit zu, z.B. aufgrund des Verkehrswachstums oder des Reallohnwachstums. In den ersten Jahren nach der Inbetriebnahme sind die Nutzen und Kosten häufig noch etwas kleiner als in den Folgejahren, weil die Leute ihre Aktivitätsmuster zuerst an das neue Bauwerk anpassen müssen. In einigen Jahren fallen Ersatzinvestitionen an und im letzten Jahr ist der Restwert des Bauwerks zuberücksichtigen.

Um die Kosten und Nutzen, die in unterschiedlichen Zeitperioden anfallen, vergleichbar zu machen, müssen sämtliche Ausgaben und Einnahmen auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt umgerechnet werden. Die Wahl des Vergleichszeitpunktes wird in Abschnitt 61 besprochen. Bei der Umrechnung von Ausgaben und Einnahmen auf den Vergleichszeitpunkt ist zu beachten, dass zu verschiedenen Zeitpunkten anfallende Einnahmen und Ausgaben einen unterschiedlichen Wert besitzen. Diesem Umstand wird mit der Anwendung eines Diskontsatzes Rechnung getragen. Die Wahl des Diskontsatzes wird in Abschnitt 62 erläutert. Sind alle Kosten und Nutzen auf den Vergleichszeitpunkt umgerechnet worden, ist eine Gegenüberstellung möglich. Für die Entscheidung darüber, welche Projekte aus Sicht der volkswirtschaftlichen KNA vorteilhaft resp. nicht vorteilhaft sind, müssen Entscheidungskriterien festgelegt werden. Auf die Wahl des Entscheidungskriteriums wird in Abschnitt 63 eingegangen.

Grafik 12: Typischer zeitlicher Anfall von Nutzen und Kosten



## 61 Vergleichszeitpunkt

Vergleichszeitpunkt ist der Entscheidungszeitpunkt.<sup>277</sup> Zu diesem Zeitpunkt fällen die Entscheidungsträger nach bestem Wissen und Gewissen ihren Entscheid zugunsten des Istzustandes oder eines Ausbaus. Zugleich fällt der Variantenentscheid. Eine KNA sollte immer möglichst aktuell sein und möglichst knapp auf den Entscheidungszeitpunkt hin erstellt oder aktualisiert werden (falls eine frühere KNA vorliegt). Der Vergleichszeitpunkt fällt demnach mit dem Zeitpunkt der Erstellung der KNA zusammen.

## 62 Diskontsatz

Der Diskontsatz trägt dem Effekt Rechnung, dass unsere Gesellschaft eine Gegenwartspräferenz besitzt, d.h. wir ziehen ein bestimmtes Einkommen im heutigen Zeitpunkt einem gleich hohen Einkommen in der Zukunft vor. Umgekehrt gilt, dass eine Ausgabe in der Zukunft einer gleich grossen Ausgabe im heutigen Zeitpunkt vorgezogen wird. Mit dem Diskontsatz wird versucht, das Austauschverhältnis von heute auf morgen abzubilden. Beträgt der Diskontsatz z.B. 5%, so besitzt ein heute anfallender Nutzen von 1 im nächsten Jahr einen Wert von 1.05. Ein im nächsten Jahr anfallender Nutzen von 1 entspricht heute einem geringeren Wert von 0.952 (=1/1.05).

Die Wahl des Diskontsatz kann die Wirtschaftlichkeit eines Projektes massgeblich beeinflussen. Je höher der Diskontsatz, desto weniger fallen jene Nutzen (und Kosten) ins Gewicht, welche erst in ferner Zukunft anfallen. Eine hoher Diskontsatz bevorteilt also Projekte, in denen in den ersten Jahren hohe Nutzen anfallen.

Für einen internationalen Vergleich von Diskontsätzen siehe Tabelle 3 und Tabelle 4 in Abschnitt D13.1. Es fällt auf, dass in der Schweiz generell mit tieferen Diskontsätzen gerechnet wird als im Ausland. Für weitere Ausführungen und die Wahl des Diskontsatzes wird auf die Detailnorm SN 641 821: Diskontsatz für Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr verwiesen.

## 63 Entscheidungskriterien

Nachdem mit der Wahl eines Vergleichszeitpunktes und eines Diskontsatzes die Vergleichbarkeit von Kosten und Nutzen gegeben ist, geht es nun um die abschliessende Bewertung von Projekten oder Projektvarianten. Dazu werden in der Literatur unterschiedliche Kennzahlen verwendet. Alle zielen darauf ab, eine Aussage über die Vorteilhaftigkeit des Projektes zu ermöglichen. Es ist zu betonen, dass es sich dabei immer nur um die Vorteilhaftigkeit aus Sicht KNA handeln kann (auch wenn dies im Folgenden nicht immer explizit erwähnt wird).

---

<sup>277</sup> Im Prinzip ist die Wahl des Vergleichszeitpunktes beliebig, da sich durch eine andere Wahl nur der Nettobarwert verändert (aber sein Vorzeichen bleibt unverändert), während es sich bei den anderen im Folgenden betrachteten Entscheidungskriterien um Verhältnisse handelt, bei denen der Umrechnungsfaktor von einem Jahr auf das andere herausfällt.

Insbesondere gilt es zu beachten, dass nicht-monetäre Indikatoren in der KNA nicht enthalten sind. Für eine umfassende Projektbeurteilung müssen diese Indikatoren jedoch auch berücksichtigt werden. Die wichtigsten Kennzahlen für die Bestimmung der Vorteilhaftigkeit von Projekten aus Sicht KNA sowie ihre Vor- und Nachteile werden im Folgenden vorgestellt:

- **Nettobarwert (NBW):** Differenz zwischen den auf den Vergleichszeitpunkt auf- bzw. abdiskontierten Nutzen- und Kostenströmen. Ein Projekt ist aus Sicht KNA vorteilhaft bzw. für die Realisierung zu empfehlen, wenn der Nettobarwert grösser als 0 ist.
- **Annuitäten (A):** Umrechnung des Nettobarwertes in Jahreswerte, d.h. in den durchschnittlich Nettonutzen pro Jahr während dem Betrachtungszeitraum.<sup>278</sup> Bei positiver Annuität kann das Projekt zur Realisierung empfohlen werden.
- **Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV):** Verhältnis der oben erwähnten Nutzen und Kosten. Ein  $NKV > 1$  bedeutet, dass das Projekt aus Sicht KNA empfohlen werden kann. Die Bestvariante ist diejenige mit dem höchsten NKV.
- **Interner Zinsfuss:** Entspricht der Rendite einer Investition, d.h. dem durchschnittlichen Zinssatz, zu welchem sich eine Investition über ihre Nutzungsdauer verzinst. Man sucht also den Zinssatz, der zu einem Nettobarwert von Null führt. Ein Projekt ist empfehlenswert, wenn der interne Zinsfuss grösser ist als die Diskontrate. Die Bestvariante ist diejenige mit dem höchsten internen Zinsfuss.
- **Amortisationsdauer:** Dauer bis die Investitionskosten zurückgezahlt werden können. Ein Projekt ist empfehlenswert, wenn es innerhalb des Betrachtungszeitraums zurückbezahlt werden kann.

Die Amortisationsdauer ist als Entscheidungskriterium abzulehnen, weil Kosten und Nutzen nach dem Amortisationszeitpunkt unberücksichtigt bleiben und damit Projekte bevorzugt werden, die einen hohen Anfangsnutzen aufweisen.<sup>279</sup>

Die Anwendung des internen Zinsfusses ergibt grundsätzlich dieselbe Projektrangliste wie das Nutzen-Kosten-Verhältnis.<sup>280</sup> Allerdings gilt die Aussage, dass ein möglichst hoher interner Zinsfuss vorteilhaft ist, nur, wenn die Kosten zuerst auftreten und die Nutzen erst danach anfallen – wie dies in Neubauprojekten der Fall ist. Fallen hingegen die Nutzen vor den Kosten an, so ist ein möglichst kleiner interner Zinsfuss anzustreben, weil bei einem hohen Zinssatz die anfänglichen Erträge gewinnbringend angelegt werden können.<sup>281</sup> Wechseln Perioden mit Kosten- und Nutzenüberschüssen einander ab, so wird die Interpretation des inter-

---

<sup>278</sup> Mit der Annuität werden unregelmässige Zahlungsströme (z.B. Investitionskosten oder mit der Zeit wachsende Reisezeitgewinne) in konstante jährliche Beträge über den gesamten Betrachtungszeitraum umgerechnet, so dass der Barwert der Annuitäten dem Barwert eines unregelmässigen Zahlungsstromes entspricht.

<sup>279</sup> EWS (1997), Kommentar zum Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 11, Lee (2000), Methods for evaluation of transportation projects in the USA, S. 48 und Shapiro (1990), Modern Corporate Finance, S. 182-183.

<sup>280</sup> ECMT (2001), Assessing the Benefits of Transport, S. 28. Es sind jedoch Situationen denkbar, in denen die beiden Methoden Nettobarwert und interner Zinsfuss zu unterschiedlichen Ranglisten führen (Abay 1984, Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 110-111).

nen Zinsfusses schwierig. Zudem ist es dann auch möglich, dass sich für den internen Zinsfuss keine oder mehrere Lösungen ergeben. Aus diesen Gründen ist der interne Zinsfuss nicht zu verwenden.<sup>282</sup>

Die Annuität ist lediglich eine Umrechnung des Nettobarwertes in durchschnittliche jährliche Beträge. Das Vorzeichen des Nettobarwertes und der Annuität sind deshalb immer identisch. Folglich sind auch die Schlussfolgerung unabhängig davon, ob der Nettobarwert oder die Annuität als Kriterium verwendet wird. Da international der Nettobarwert die grössere Verbreitung findet (vgl. Tabelle 19), verzichten wir auf eine Verwendung der Annuität.

Es verbleiben also noch zwei Kennzahlen: Der Nettobarwert und das Nutzen-Kosten Verhältnis. Bei der Bewertung eines Projektes sollte zuerst der **Nettobarwert** betrachtet werden: Alle Projekte mit einem positiven Nettobarwert lohnen sich grundsätzlich.<sup>283</sup> Projekte mit einem negativen Nettobarwert können nicht zur Ausführung empfohlen werden und scheiden aus der weiteren Betrachtung aus.

Nachdem mit der Erfordernis eines positiven Nettobarwertes die nachteiligen Projekte ausgeschieden wurden, werden die verbleibenden, vorteilhaften Projekte in eine Rangliste gebracht. Bei der Bildung einer **Rangliste** verschiedener Projekte eignet sich der Nettobarwert (oder die Annuität) jedoch nicht, weil dadurch kleinere Projekte generell benachteiligt würden. Deshalb muss bei der Bildung einer Rangliste das **Nutzen-Kosten-Verhältnis** berücksichtigt werden.<sup>284</sup> Diese Aussage wird anhand eines Beispiels in der folgenden Tabelle verdeutlicht: Das Projekt 1 schneidet nur dann besser ab, wenn das Nutzen-Kosten-Verhältnis betrachtet wird. Viele kleine Projekte ähnlich zu Projekt 1 würden bei gleichen Investitionskosten deutlich mehr Nutzen erzielen.

**Tabelle 18: Nettobarwert (NBW) versus Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV)**

Projekt 1	Kosten	= 2	NBW	= 3 (= 5-2)
	Nutzen	= 5	NKV	= 2.5 (= 5/2)
Projekt 2	Kosten	= 40	NBW	= 20 (= 60-40)
	Nutzen	= 60	NKV	= 1.5 (= 60/40)

<sup>281</sup> Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 110.

<sup>282</sup> Diese Schlussfolgerung wird auch in der Literatur häufig gezogen: Siehe European Commission (1996), Cost-benefit and multi-criteria analysis for new road construction, S. 73, EWS (1997), Kommentar zum Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 11, und Lee (2000), Methods for evaluation of transportation projects in the USA, S. 48.

<sup>283</sup> European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 23, Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 111 und Shapiro (1990), Modern Corporate Finance, S. 177-191.

<sup>284</sup> Department for Transport (2002), The Application of COBA, S-1/1, European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 23, EWS (1997), Kommentar zum Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 12, European Commission (1996), Cost-benefit and multi-criteria analysis for new road construction, S. 72 und Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 112.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über das Entscheidungskriterium in verschiedenen Ländern. In allen betrachteten Ländern wird das Nutzen-Kosten-Verhältnis verwendet und nur teilweise durch den Nettobarwert ergänzt. Dies ist möglicherweise auch darauf zurückzuführen, dass das Nutzen-Kosten-Verhältnis unabhängig vom Vergleichszeitpunkt ist, während der Nettobarwert sich mit der Wahl des Vergleichszeitpunktes verändert.

**Tabelle 19: Entscheidungskriterium in verschiedenen Bewertungssystemen**

	Deutschland	England	Frankreich	Japan	Österreich	USA	TINA
Entscheidungs-kriterium	NKV	NKV und NBW	NKV und NBW	NKV	NKV	NKV und NBW	NKV

Quellen: Siehe Tabelle 3.

Problematisch ist allerdings, dass das Nutzen-Kosten-Verhältnis manipulierbar ist, indem Indikatoren entweder zu den Nutzen hinzugezählt oder von den Kosten abgezogen werden können. So ist z.B. unklar, ob eine Lärmentlastung eine Kostenminderung oder einen Nutzen darstellt. Oder es können zusätzliche Lärmbelastungen auf einer Strasse als Kosten und die Lärmentlastung auf einer anderen Strasse als Nutzen verrechnet werden oder die beiden Effekte werden saldiert, so dass nur der Nettoeffekt ins Nutzen-Kosten-Verhältnis eingeht. Auch bei anderen Indikatoren ist die Zuordnungsfrage nicht in jedem Fall klar.<sup>285</sup> Es besteht somit die Gefahr, dass Kosten und Nutzen arbiträr zugeteilt werden.<sup>286</sup> Diese Unklarheit führt sogar dazu, dass die Reihenfolge von zwei Projekten von der Einteilung von Indikatoren als Kosten oder Nutzenminderung abhängt. Dies wird anhand eines Beispiels mit Lärm in der folgenden Tabelle illustriert: Wird der zusätzliche Lärm als Kostenbestandteil betrachtet, so ist das Projekt 3 besser. Hingegen ist das Projekt 4 besser, wenn der Lärm als Nutzenminderung verstanden wird.

**Tabelle 20: Die Einteilung als Kosten oder Nutzenminderung bestimmt die Reihenfolge**

Projekt 3	Investitionskosten	= 5	Lärm = Kosten:	NKV = 2.0 (= 12/(5+1))
	Projektnutzen	= 12	Lärm = Nutzenminderung:	NKV = 2.2 (= (12-1)/5)
	Lärm	= 1		
Projekt 4	Investitionskosten	= 7	Lärm = Kosten:	NKV = 1.9 (= 19/(7+3))
	Projektnutzen	= 19	Lärm = Nutzenminderung:	NKV = 2.3 (= (19-3)/7)
	Lärm	= 3		

<sup>285</sup> Ein weiteres Beispiel sind die Ausführungen zum Nettonutzen des Mehrverkehrs in Abschnitt E17, bei dem auch der Bruttonutzen und die entsprechenden Kosten berücksichtigt werden könnten.

<sup>286</sup> Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 111.

Deshalb muss genau definiert werden, welche Indikatoren auf der Kosten- resp. der Nutzen- seite einzurechnen sind. Dies ist bereits in Abschnitt 17 geschehen. Mit den dort definierten Nutzen und Kosten kann das **Nutzen-Kosten-Verhältnis** (NKV)

$$\frac{\text{Nutzen}}{\text{Kosten}}$$

gebildet werden (bei allen Indikatoren ist jeweils der Barwert zu verwenden) und verschiedene Projekte oder Projektvarianten können in eine Rangliste gebracht werden.

Schliesslich kann der Entscheidungsträger vor dem Problem stehen, dass er mit einem **beschränkten Budget** aus verschiedenen Projekten das optimale Bündel auswählen muss. In diesem Fall kommt ein weiteres Entscheidungskriterium zur Anwendung, das den optimalen Einsatz der knappen finanziellen Mittel sicherstellt und in Schottland und der EU Verwendung findet.<sup>287</sup> Die Rangliste muss in diesem Fall aufgrund der **Infrastrukturbudgeteffizienz** gebildet werden:

$$\frac{\text{Nettobarwert}}{\text{Belastung des Infrastrukturbudgets}}$$

wobei unter der **Belastung des Infrastrukturbudgets** der **Barwert der Kosten** zu verstehen ist, **die aus dem betroffenen beschränkten Budget bezahlt werden müssen**. Dies entspricht meist etwa den Investitionskosten (Bau- und Landkosten inkl. Steuern, da die Steuern ebenfalls aus dem beschränkten Budget gezahlt werden müssen). Bei einer Budgetbeschränkung ist genau zu analysieren, welche Kosten aus dem beschränkten Budget bezahlt werden müssen. Gehört z.B. das Land, auf dem eine neue Strasse gebaut wird, bereits dem Staat, so dass der Staat das Land nicht kaufen muss, so sind die Opportunitätskosten des Landes zwar im Nettobarwert zu berücksichtigen, aber nicht bei der Belastung des Budgets.<sup>288</sup>

Das Entscheidungskriterium entspricht einer Art Nutzen-Kosten-Verhältnis: Im Zähler ist mit dem Nettobarwert der volkswirtschaftliche Nutzenüberschuss enthalten. Im Nenner wird dieser Überschuss in ein Verhältnis zu den knappen finanziellen Ressourcen des Staates gesetzt. Mit der klaren Festschreibung des Nenners wird das oben beschriebene Problem der Willkür bei der Zuteilung der Indikatoren zu Nutzen oder Kosten vermieden. Es gilt aber zu beachten, dass in diesem Verhältnis die Belastung des Infrastrukturbudgets sowohl im Zähler

<sup>287</sup> ECMT (2001), Assessing the Benefits of Transport, S. 28, Odeck (2000), Valuing the Cost and Benefits of Road Transport, S. 29, European Commission (1996), Cost-benefit and multi-criteria analysis for new road construction, S. 73 und 385 und Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 5-12. In Schottland wird die Belastung des Budgets etwas breiter definiert. Siehe auch Bonnafous und Jensen (2004), Ranking Transport Projects by their Socioeconomic Value or Financial Interest rate of return?

<sup>288</sup> Werden die Investitionskosten durch einen Kredit finanziert, ist wie folgt vorzugehen: Wie in Abschnitt F19.1 erwähnt, sind die Finanzierungskosten beim Nettobarwert nicht relevant, da es sich um einen Transfer handelt (zwischen Kreditgeber und Kreditnehmer). Bei der Belastung des Budgets sind die Finanzierungskosten meist auch nicht relevant, weil nur diejenigen Kosten, die aus dem beschränkten Budget bezahlt werden müssen, betrachtet werden und weil die Finanzierungskosten diese Kosten meist nicht tangieren. Andernfalls sind die Finanzierungskosten zu berücksichtigen.

als auch im Nenner enthalten ist. Die Infrastrukturbudgeteffizienz ist deshalb bei vorteilhaften Projekten grösser als 0 – und nicht grösser als 1 wie beim Nutzen-Kosten-Verhältnis.<sup>289</sup>

Mit der Infrastrukturbudgeteffizienz können Projekte in eine Rangliste gebracht werden (für Details siehe Abschnitt L66.1). Beim besten Projekt beginnend können dann entlang der Rangliste alle Projekte ausgeführt werden bis das Budget aufgebraucht ist.<sup>290</sup> Da im Nenner der Infrastrukturbudgeteffizienz die knappe Ressource – das beschränkte Budget – steht, wird mit diesem Vorgehen sichergestellt, dass mit der knappen Ressource der grösstmögliche Nettonutzen erreicht wird.

Wird ein Projekt (teilweise) privat finanziert, so führt dies zu einer Entlastung der Budgetrestriktion.<sup>291</sup> Nach wie vor ist aber im Entscheidungskriterium nur die Belastung des Budgets im Nenner zu berücksichtigen (nicht auch die Belastung der Privaten),<sup>292</sup> denn das Ziel ist, mit dem beschränkten Budget einen möglichst grossen Nettobarwert zu erzielen. Übernehmen also Private einen Teil der Kosten, so wird das knappe Budget weniger beansprucht und kann deshalb für weitere lohnende Projekte verwendet werden. Damit werden privat finanzierte Projekte bevorteilt. Allerdings sind auch privat finanzierte Projekte nur dann durchzuführen, wenn der Nettobarwert positiv ist und wenn das Verhältnis aus Nettobarwert und der (verbleibenden) Belastung des Infrastrukturbudgets gross genug ist. Wird ein Projekt vollständig privat finanziert, sollte es durchgeführt werden, wenn der Nettobarwert positiv ist.<sup>293</sup>

Ein (grenznahe) Projekt kann vom Ausland, einem anderen Kanton oder einer anderen Gebietskörperschaft mitfinanziert werden (vgl. Abschnitt H35). Wir erläutern diese Problematik am Beispiel des Auslandes: In diesem Fall ist im Nenner des Entscheidungskriteriums nur die Belastung des Schweizer Infrastrukturbudgets zu berücksichtigen und im Zähler nur die Nutzen und Kosten der Schweizer (vgl. räumliche Teilbilanzen im Abschnitt F20), weil die Nutzen der Ausländer mit dem Beitrag des Auslandes abgegolten werden.<sup>294</sup> Wenn der Nettonutzen des Auslandes im Entscheidungskriterium nochmals berücksichtigt würde, ergäbe sich eine Doppelzählung. Für das Ausland, das einen Teil der Kosten übernimmt, gilt dieselbe Regel: Es werden nur der Nettobarwert des Auslandes und die Belastung des ausländischen Infrastrukturbudgets berücksichtigt. Wurden keine räumlichen Teilbilanzen berechnet bzw. wurde die Aufteilung der Nutzen und Kosten auf die Länder nicht vorgenommen, so muss im In- und

---

<sup>289</sup> Man könnte jedoch im Zähler die Belastung des Budgets abziehen. Die so definierte Infrastrukturbudgeteffizienz wäre dann für die vorteilhaften Projekte (mit positivem Nettobarwert) immer grösser als 1, während die Infrastrukturbudgeteffizienz ohne Korrektur des Zähler nur grösser als 0 ist.

<sup>290</sup> European Commission (1996), Cost-benefit and multi-criteria analysis for new road construction, S. 385.

<sup>291</sup> Zapp (2003), Private könnten öffentliche Kassen entlasten.

<sup>292</sup> Odeck (2000), Valuing the Cost and Benefits of Road Transport, S. 29 und Bonnafous und Jensen (2004), Ranking Transport Projects by their Socioeconomic Value or Financial Interest rate of return?

<sup>293</sup> Odeck (2000), Valuing the Cost and Benefits of Road Transport, S. 29.

<sup>294</sup> Ist der Nutzen des Auslandes kleiner (grösser) als sein Beitrag, hat dies negative (positive) Konsequenzen auf die Beurteilung aus Schweizer Sicht (Vergleich Schweizer Nettobarwert mit Belastung des Schweizer Budgets).

Ausland das Verhältnis aus Nettobarwert und Belastung des Infrastrukturbudgets für das Gesamtprojekt (In- und Ausland) berücksichtigt werden.

Zusammenfassend schlagen wir also ein dreistufiges Konzept von **Entscheidungskriterien** vor:

- Mit dem **Nettobarwert** wird die Vorteilhaftigkeit eines Projektes beurteilt (Nettobarwert positiv).
- Um verschiedene vorteilhafte Projekte oder Projektvarianten in eine Rangliste zu bringen, wird das **Nutzen-Kosten-Verhältnis** als Mass der Rentabilität verwendet.
- Bei beschränktem Budget und dem gleichzeitigen Vergleich mehrerer Projekte ist die Rangliste gemäss der **Infrastrukturbudgeteffizienz** zu erstellen.<sup>295</sup> Damit wird erreicht, dass die knappen Finanzmittel des Staates optimal eingesetzt werden, d.h. dass unter der Budgetbeschränkung ein maximaler Nettobarwert erzielt wird.

Ohne Budgetrestriktion können alle Projekte mit positivem Nettobarwert durchgeführt werden. Bei Budgetrestriktionen soll jedoch zuerst das Nutzen-Kosten-Verhältnis und nicht direkt die Infrastrukturbudgeteffizienz berechnet werden: Es soll zuerst unabhängig von der Finanzierungsfrage untersucht werden, welche Projekte besonders zu empfehlen sind bzw. eine besonders hohe Rentabilität erreichen. Denn einerseits ist die Finanzierungsfrage manchmal noch nicht geklärt und andererseits kann bei guten Projekten (mit einem hohen Nutzen-Kosten-Verhältnis) möglicherweise die Finanzierung noch verbessert werden (Finden von privaten Geldgebern<sup>296</sup>, Teilfinanzierung durch das Ausland etc.). So kann ein grösserer Unterschied im Rang eines Projektes in den Ranglisten gemäss Nutzen-Kosten-Verhältnis und gemäss Infrastrukturbudgeteffizienz darauf hindeuten, dass in diesem Projekt die Finanzierungsfrage besonders gut bzw. schlecht gelöst ist. Ist nur ein Entscheid zwischen mehreren Projektvarianten zu treffen, muss die Infrastrukturbudgeteffizienz nicht berechnet werden, da für diesen Entscheid das Nutzen-Kosten-Verhältnis genügt.

Schliesslich gilt es noch eine weitere Problematik zu diskutieren. Es wird manchmal gefordert, dass ein Projekt ein Nutzen-Kosten-Verhältnis erreichen muss, das klar über 1 liegt (oder eine Infrastrukturbudgeteffizienz, die klar über 0 liegt), weil das Beschaffen der Finanzmittel zu zusätzlichen Verlusten in der Volkswirtschaft führt: Das Erheben von Steuern

---

<sup>295</sup> Sowohl beim Nutzen-Kosten-Verhältnis als auch bei der Infrastrukturbudgeteffizienz kann auch die Annuität anstatt der Nettobarwert (bzw. der Barwert aller Indikatoren) verwendet werden: Ist der Nettobarwert positiv (negativ), so ist es auch die Annuität. Ausserdem ist z.B. das Verhältnis aus Nettobarwert und Barwert der Belastung des Budgets genau identisch mit dem Verhältnis aus Annuität des Nettobarwertes und Annuität der Belastung des Budgets (da bei der Umrechnung in Annuitäten der Zähler und der Nenner mit demselben Faktor multipliziert werden). Der Nettobarwert eines Projektes ist häufig eine grosse Zahl, unter der man sich wenig vorstellen kann. Die Annuität, d.h. der Nettonutzen pro Jahr, ist jedoch besser vorstellbar. Für die Kommunikation der Ergebnisse an Politiker und Öffentlichkeit kann die Annuität besser geeignet sein als der Nettobarwert.

<sup>296</sup> Dabei ist allerdings darauf zu achten, dass in einem privat finanzierten Projekt möglicherweise neu eine Maut erhoben wird. Dies kann die Verkehrsflüsse und die Bewertung des Projektes verändern. In diesem Fall ist eine neue Variante mit der Maut mittels der KNA zu untersuchen.

verursacht möglicherweise (um x%) höhere Wohlfahrtsverluste als Steuereinnahmen.<sup>297</sup> Dann sollte die Belastung des Budgets (um x%) erhöht werden, damit nicht Projekte realisiert werden, die nur deshalb vorteilhaft scheinen, weil die Kosten der Mittelbeschaffung vernachlässigt werden. In Norwegen wird z.B. die Belastung um 20% erhöht.<sup>298</sup> In dieser Norm wird jedoch auf eine Korrektur der Belastung verzichtet. Mehrere Gründe sprechen gegen diese Korrektur:

- Es hat sich gezeigt, dass Steuereinnahmen auch grösser sein können als die Wohlfahrtsverluste, die durch die Steuererhebung entstehen.<sup>299</sup> So finden empirische Schätzungen Werte zwischen -38% und +75% für die zusätzlichen Kosten der Steuereinnahmen.<sup>300</sup> Diese grosse Unsicherheit spricht gegen eine Berücksichtigung.
- Die Frage, ob die Finanzmittel für Verkehrsprojekte oder für andere Zwecke eingesetzt werden sollen, sollte eher in den politischen Entscheidungsprozess einfließen. Ausserdem werden in anderen Politikbereichen die Kosten der Finanzmittelbeschaffung meist nicht berücksichtigt. Eine Berücksichtigung bei Verkehrsprojekten würde deshalb zu Verzerrungen führen.
- Schliesslich könnte das Argument in der Praxis irrelevant sein: Weil bei beschränktem Budget nicht genug Geld für alle vorteilhaften Projekte zur Verfügung steht, werden aus Sicht KNA nur diejenigen Projekte empfohlen, welche die höchsten Nutzen-Kosten-Verhältnisse bzw. höchste Infrastrukturbudgeteffizienz erreichen. Diese könnten damit ohnehin ein genügend grosses Nutzen-Kosten-Verhältnis bzw. eine genügend grosse Infrastrukturbudgeteffizienz erzielen. In Deutschland erreichen z.B. fast 70% der realisierten Strassen- und Wasserstrassenprojekte und 40% der realisierten Schienenprojekte ein Nutzen-Kosten-Verhältnis grösser 3.<sup>301</sup> Auch in England erzielen die akzeptierten Projekte (37 von 68 Projekten, d.h. 54%) ein Nutzen-Kosten-Verhältnis von 3 und mehr.<sup>302</sup>

---

<sup>297</sup> Brent (1996), Applied Cost-Benefit Analysis, S. 212.

<sup>298</sup> Minken et al. (2001), Cost benefit analysis of public transport.

<sup>299</sup> Brent (1996), Applied Cost-Benefit Analysis, S. 214-226.

<sup>300</sup> Brent (1996), Applied Cost-Benefit Analysis, S. 221 und 226.

<sup>301</sup> Gehrung et al. (2003), Generalverkehrsplanung für Deutschland, S. 521.

<sup>302</sup> Mackie (1998), The UK Transport Policy White Paper, S. 402 und Glaister (1999), Observations on the New Approach to Appraisal of Road Projects, S. 233.

## K Sensitivitätsanalysen

### 64 Sensitivitätsanalysen

Kein Resultat einer KNA ist exakt.<sup>303</sup> Um eine KNA berechnen zu können, sind immer viele Annahmen nötig, die teilweise unsicher sind. Selbst mit der besten Prognosetechnik kann nur die wahrscheinlichste, nicht aber die tatsächliche Entwicklung vorausgesagt werden.<sup>304</sup> Kleine Fehler bei den Annahmen können aber relevante Auswirkungen auf das Resultat haben. Deshalb ist es wichtig, die Robustheit des Resultats bei veränderten Annahmen in Sensitivitätsanalysen zu überprüfen.<sup>305</sup>

#### a) Partielle versus generelle Sensitivitätsanalyse

Meistens werden **partielle Sensitivitätsanalysen** durchgeführt, d.h. es wird jeweils nur eine Annahme verändert, während alle anderen Annahmen konstant gelassen werden.<sup>306</sup> Dadurch wird untersucht, inwiefern das Resultat von dieser Variable abhängig ist. Meist werden für die unsicheren Parameter neben dem wahrscheinlichen Basiswert, Maximal- und Minimalwerte bestimmt, für welche die KNA dann nochmals durchgerechnet wird.<sup>307</sup>

Eine Variante zur partiellen Sensitivitätsanalyse wäre die generelle Sensitivitätsanalyse:<sup>308</sup> Hier müssen dem Maximal-, Minimal- und mittleren Wert je eine Eintretenswahrscheinlichkeit zugeordnet werden – und zwar für alle Parameter, für die eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt wird. Aus diesen einzelnen Eintretenswahrscheinlichkeiten lässt sich dann z.B. berechnen, wie gross die Wahrscheinlichkeit für das Erreichen eines positiven Nettobarwertes ist. Bei mehreren unsicheren Parametern ist diese Berechnung jedoch ziemlich aufwendig. Ein weiterer Nachteil der generellen Sensitivitätsanalyse besteht vor allem darin, dass es häufig schwierig ist, die Wahrscheinlichkeit verschiedener Annahmen zuverlässig festzulegen.<sup>309</sup>

Eine weitere Alternative wäre für alle unsicheren Annahmen eine Wahrscheinlichkeitsverteilung über die möglichen Werte des Parameters festzulegen (wie gerade erwähnt, ist dies

---

<sup>303</sup> Department for Transport (2002), The Application of COBA, S. 5/1.

<sup>304</sup> Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 114.

<sup>305</sup> Projekte (oder Projektvarianten) mit einem deutlich negativen Nettobarwert im Basisszenario sind nicht zu empfehlen, weil das Basisszenario die wahrscheinlichsten Werte enthält. Für solche Projekte ist deshalb auch keine Sensitivitätsanalyse durchzuführen.

<sup>306</sup> ARGE Abay & Meier / Emch & Berger (2002), Richtlinien und Ansätze für NWA und KNA, S. 25

<sup>307</sup> Manchmal beschränkt sich die Sensitivität aber auf zwei Werte, d.h. dass neben dem Basiswert nur ein höherer (oder ein tieferer) Wert untersucht wird.

<sup>308</sup> Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 116-121.

<sup>309</sup> Department for Transport (2002), The Application of COBA, S. 5/1.

meist schwierig). Anschliessend kann mit Hilfe von Monte-Carlo-Simulationen<sup>310</sup> die Wahrscheinlichkeitsverteilung des Endergebnisses berechnet werden. Dieses Vorgehen stellt jedoch relativ hohe Anforderungen an den Bearbeiter. Deshalb sind Monte-Carlo-Simulationen heutzutage in der Praxis zu anspruchsvoll.

Die partielle Sensitivitätsanalyse besticht durch ihre Einfachheit, so dass sie auch leichter zu vermitteln ist – z.B. an politische Entscheidungsträger. Schliesslich ist uns kein Land bekannt, in dem eine andere als eine partielle Sensitivitätsanalyse durchgeführt wird. Die partielle Sensitivitätsanalyse findet z.B. in England / Schottland, Österreich, der EU und der Schweiz Anwendung (vgl. Tabelle 21).

Deshalb wird auch in dieser Norm eine partielle Sensitivitätsanalyse vorgeschrieben. Längerfristig muss es jedoch das Ziel sein, die partiellen Sensitivitätsanalysen durch anspruchsvollere Verfahren wie Monte-Carlo-Simulationen abzulösen, die eine Wahrscheinlichkeitsverteilung des Endergebnisses errechnen können.

## **b) Vorgeschriebene partielle Sensitivitätsanalysen**

In Tabelle 21 wird ein Überblick über die in verschiedenen internationalen und Schweizer Bewertungssystemen vorgeschriebenen bzw. durchgeführten Sensitivitätsanalysen gegeben. In den meisten Bewertungssystemen werden Sensitivitätsanalysen für das Mengengerüst (Verkehrswachstum bzw. Verkehrsprognose),<sup>311</sup> den Diskontsatz, den Zeitwert sowie das Wirtschafts- bzw. Reallohnwachstum durchgeführt. Teilweise werden auch weitere Sensitivitätsanalysen für die Investitionskosten, die Vernachlässigung kleiner Reisezeitgewinne, für die Nutzungsdauer und die Unfallkosten durchgeführt. In Österreich sind ausserdem einzelne Nutzenkomponenten ganz auszublenden, so z.B. die Zeitgewinne.<sup>312</sup> Im EUNET wird zusätzlich eine Sensitivitätsanalyse für die Bewertung der Klimaschäden vorgeschrieben, da diese Bewertung sehr unsicher ist ( $\pm 95\%$ ).<sup>313</sup> Überraschenderweise enthalten mehrere Bewertungssysteme aber auch gar keine Vorgaben zu den Sensitivitätsanalysen, so z.B. im deutschen EWS und in der Schweiz in der ZMB.<sup>314</sup>

---

<sup>310</sup> In Monte-Carlo Simulationen wird jeweils eine zufällige Parameterkonstellation aus den verschiedenen Verteilungen der unsicheren Parameter gezogen und damit wird das Ergebnis berechnet. Dieser Vorgang wird meist mehr als 1000 mal wiederholt.

<sup>311</sup> So sollen in der EU z.B. das Wachstum des Autobestands, die Veränderungen des Treibstoffpreises und das Ausmass des induzierten Verkehrs verändert werden (European Commission 1996, Cost-benefit and multi-criteria analysis for new road construction, S. 73).

<sup>312</sup> Arbeitsgruppe Grundlagen des Verkehrswesen (2001), Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen. Entscheidungshilfen RVS 2.22, S. 28-29.

<sup>313</sup> Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, S. 21.

<sup>314</sup> EWS (1997), Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS, S. 55 und Jenni + Gottardi AG (1997), Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen.

Tabelle 21: Sensitivitätsanalysen in verschiedenen Bewertungssystemen

	Verkehrswachstum / Verkehrsprognose	Diskontsatz	Zeitwert	Vernachlässigung kleiner Reisezeitgewinne	Wirtschaftswachstum / Reallohnwachstum	Investitionskosten	Nutzungsdauer	Unfallkosten
England <sup>1</sup>	X							
Österreich <sup>2</sup>	X	X	X				X	
TINA <sup>3</sup>	X	X	X		X	X		X
EU-Grossprojekte <sup>4</sup>	X							X
European Commission <sup>5</sup>	X		X		X			
EUNET <sup>6</sup>			X					
ASTRA <sup>7</sup>		X					X	
HLS-Strategie Zürich <sup>8</sup>		X		X	X			
Seetunnel Zürich <sup>9</sup>	X	X		X	X	X		

Quellen: <sup>1</sup> Department for Transport (2002), The Application of COBA, S. 5/1 und und Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 12-5. <sup>2</sup> Arbeitsgruppe Grundlagen des Verkehrswesen (2001), Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen. Entscheidungshilfen RVS 2.22, S. 28-29. <sup>3</sup> European Commission et al. (1999), Transport Infrastructure Needs Assessment, S. 17, 26 und 42. <sup>4</sup> Europäische Kommission (1997), Anleitung zur Kosten-Nutzen-Analyse von Grossprojekten, S. 41. <sup>5</sup> European Commission (1996), Cost-benefit and multi-criteria analysis for new road construction, S. 73. <sup>6</sup> Nellthorp et al. (1998), Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives. Deliverable D9 of EUNET, Appendix II, S. 18. <sup>7</sup> ASTRA 2001, Bau der Nationalstrassen, S. 20. <sup>8</sup> ARGE Abay & Meier / Emch & Berger (2002), Richtlinien und Ansätze für NWA und KNA, S. 7 und 25. <sup>9</sup> ARGE Züriring (2002), ZMB Seetunnel / Stadttunnel. Teilbericht Kosten-Nutzen Analyse, S. 8-16.

Ausgehend von der Überlegungen, dass aus Kosten- und Zeitgründen nicht für alle Indikatoren Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden können, empfehlen wir, sich auf jene Indikatoren zu beschränken, welche<sup>315</sup>

- einen grossen quantitativen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben<sup>316</sup>
- und über deren tatsächlichen Werte Unsicherheit besteht.

Ausgehend von dieser Grundüberlegung werden für die fünf im Folgenden dargestellten Annahmen Sensitivitätsanalysen vorgeschrieben. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Annahmen, die keinen Einfluss haben auf die Verkehrsmodellberechnungen, und solchen, die

<sup>315</sup> Arbeitsgruppe Grundlagen des Verkehrswesen (2001), Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen. Entscheidungshilfen RVS 2.22, S. 28, ASTRA (2001), Bau der Nationalstrassen, S. 20 und Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 115.

<sup>316</sup> Hat ein Indikator kaum einen Einfluss auf das Endergebnis, so führt selbst eine grosse Schwankungsbreite dieses Indikators nicht zu nennenswerten Veränderungen des Gesamtergebnisses.

auch bei der Berechnung des Verkehrsmodells benötigt werden. Unabhängig vom Verkehrsmodell sind die folgenden Sensitivitätsanalysen durchzuführen:

- Diskontsatz gemäss der Detailnorm SN 641 821: Diskontsatz für Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr. Der Diskontsatz hat einen grossen Einfluss auf das Ergebnis.
- Baukosten gemäss der Genauigkeit der Kostenangaben (z.B.  $\pm 10\%$  oder  $\pm 30\%$ ) bzw. gemäss der Risikoanalyse: Da die Baukosten im Nenner des Entscheidungskriteriums Infrastrukturbudgeteffizienz stehen, dürften sie einen grossen Einfluss auf die Reihenfolge verschiedener Projekte (bzw. Projektvarianten) haben. Zudem sind die Kostenschätzungen häufig nicht sehr präzise. Da eine Reserve (bzw. der optimism bias) berücksichtigt wird (vgl. Abschnitt H30.1), ist es durchaus auch möglich, dass die Kosten tatsächlich kleiner ausfallen als im Basisszenario unterstellt.

Die folgenden Annahmen, für die ebenfalls eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen ist, haben jedoch auch einen Einfluss auf die Verkehrsmodellberechnungen:

- Zeitwert gemäss den Detailnormen SN 641 822: Zeitkosten im Personenverkehr und SN 641 823: Zeitkosten im Güterverkehr: Die Zeitgewinne repräsentieren meist einen Grossteil des Nutzens – häufig 70-90%.<sup>317</sup> Deshalb können Änderungen des unsicheren Zeitwertes zu grösseren Veränderungen im Ergebnis führen.
- Reallohnwachstum gemäss verschiedenen plausiblen Entwicklungsszenarien: Das Reallohnwachstum hat einen Einfluss auf viele Indikatoren und kann deshalb einen grossen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben. Zudem ist das Ausmass des Reallohnwachstums als unsicher zu bezeichnen.
- Verkehrswachstum gemäss verschiedenen plausiblen Entwicklungsszenarien: Das Verkehrswachstum hat einen Einfluss auf viele Indikatoren und kann deshalb einen grossen Einfluss auf das Gesamtergebnis haben. Zudem ist das Ausmass des Verkehrswachstums als unsicher zu bezeichnen.

Für die Sensitivitäten dieser drei Annahmen müssen also korrekterweise neue Verkehrsmodellberechnungen durchgeführt werden. Dies ist jedoch mit einem grösseren zeitlichen und finanziellen Aufwand verbunden. Deshalb kann dies nur bei Grossprojekten verlangt werden. Bei kleineren Projekten sind die Sensitivitäten auch durchzuführen, es kann jedoch auf Neuberechnungen des Verkehrsmodells verzichtet werden. Von einem vollständigen Verzicht dieser Sensitivitätsanalysen bei kleineren Projekten ist abzusehen, weil die teilweise Berücksichtigung (in der Bewertung, aber nicht im Verkehrsmodell) bereits hilfreiche Einsichten gewähren kann.<sup>318</sup>

---

<sup>317</sup> Welch und Williams (1997), The Sensitivity of Transport Investment Benefits to the Evaluation of Small Travel-Time Savings, S. 231.

<sup>318</sup> Um Kosten zu sparen, kann ausserdem beim Verkehrswachstum folgende Vereinfachung zur Anwendung kommen: Soll z.B. eine Sensitivitätsanalyse mit einem halb so grossen Verkehrswachstum vorgenommen werden, können die Verkehrsmodellberechnungen z.B. für die Zeitpunkte 5 und 10 Jahre nach Eröffnung für die Zeitpunkte 10 und 20 Jahre nach Eröffnung verwendet werden.

Wird vermutet, dass weitere Annahmen das Schlussresultat der KNA deutlich verändern könnten, so können weitere Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden. Eine Darstellung der Ergebnisse ist jedoch nur dann erforderlich, wenn sich das Resultat der KNA tatsächlich entscheidend verändert.

Zusätzliche Sensitivitätsanalysen sind durchzuführen, wenn von den Normvorgaben abgewichen wird. Als Sensitivität muss das Ergebnis gemäss der Norm berechnet werden.<sup>319</sup> Dies gewährleistet die Vergleichbarkeit mit der KNA anderer Projekte.

Manchmal wird eine zusätzliche Sensitivitätsanalyse verlangt, in der betrachtet wird, wie sich das Ergebnis verändert, wenn die Reisezeitgewinne kleiner 1, 2, 3, 4 und 5 Minuten vernachlässigt werden.<sup>320</sup> Diese Sensitivität stellt allerdings praktische Probleme: Erstens müssten kleine Zeitgewinne definiert werden (kleiner 1, 2, 3, 4 oder 5 Minuten?). Diese Wahl ist entscheidend für das Resultat, kann aber weder theoretisch noch empirisch festgelegt werden.<sup>321</sup> Zweitens würden durch diese Sensitivität kleine Projekte benachteiligt, da bei kleinen Projekten die Sensitivität oft äquivalent zur Vernachlässigung aller Reisezeitgewinne ist. Aufgrund der beschriebenen theoretischen (vgl. Abschnitt I50.1) und praktischen Probleme wird im EUNET-Projekt empfohlen, auf diese Sensitivität zu verzichten.<sup>322</sup> Ausserdem ist uns kein internationales Bewertungssystem bekannt, in dem eine Sensitivitätsanalyse ohne kleine Reisezeitgewinne durchgeführt wird (vgl. Tabelle 21). Folglich wird auch in dieser Norm auf diese Sensitivitätsanalyse verzichtet.

### c) Ermittlung des schlimmsten und besten Falles

Es ist möglich, dass ein Projekt bei der Veränderung jeweils nur einer Annahme immer einen positiven Nettobarwert hat, dass sich aber bei der Veränderung mehrerer Annahmen ein negatives Ergebnis einstellen kann. In der Praxis kann dem dadurch Rechnung getragen werden, dass auch ein schlimmster Fall (worst case) betrachtet wird, in dem alle in der Sensitivität betrachteten Parameter den für das Endergebnis der KNA schlechtesten Wert annehmen. Die Betrachtung des schlimmsten Falles wird z.B. im Hochbau verlangt.<sup>323</sup> Die Betrachtung des schlimmsten Falles<sup>324</sup>

---

<sup>319</sup> Werden z.B. dank neuen Forschungsergebnissen Indikatoren in der KNA berücksichtigt, die nicht in der Liste in Abschnitt E17 enthalten sind, so ist eine Sensitivitätsanalyse ohne diese zusätzlichen Indikatoren durchzuführen.

<sup>320</sup> Welch und Williams (1997), *The Sensitivity of Transport Investment Benefits to the Evaluation of Small Travel-Time Savings*, S. 252 und 233. Dieses Vorgehen wurde auch in Zürich gewählt (Ecoplan 2002, Reisezeitgewinne und Fahrkostenveränderungen der beiden Synthesevarianten, S. 8).

<sup>321</sup> Nellthorp et al. (1998), *Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives*. Deliverable D9 of EUNET, Appendix II, S. 6.

<sup>322</sup> Nellthorp et al. (1998), *Measurement and Valuation of the Impact of Transport Initiatives*. Deliverable D9 of EUNET, Appendix II, S. 7.

<sup>323</sup> SN 506 480 (2003), *Wirtschaftlichkeitsrechnungen für Investitionen im Hochbau*, S. 21.

<sup>324</sup> Flyvbjerg et al. (2003), *Megaprojects and Risk*, S. 81 und 85.

- zeigt, wie robust ein Projekt gegenüber Veränderungen ist (ist der Nettobarwert noch immer positiv? Oder in anderen Worten ist ein Gewinn sicher?)
- hilft beim Ausscheiden von Projekten, die zu riskant sind, d.h. die mit hohen, unannehmbaren Verlusten verbunden sein könnten.
- hilft beim Finden von Massnahmen, mit denen Risiken verringert werden können (Ändern oder Entfernen von riskanten Teilen). Dies kann dazu führen, dass neue Projektvarianten definiert werden.

Der schlimmste Fall ist jedoch sehr unwahrscheinlich, weil kaum alle Annahmen die schlimmstmöglichen Werte annehmen dürften. Deshalb wird der schlimmste Fall nur dann untersucht, wenn Aussagen über dessen Wahrscheinlichkeit möglich sind. In diesem Fall wird auch das Ergebnis des besten Falles ausgewiesen, um nicht nur die Risiken, sondern auch die Chancen abzubilden, d.h. um kein einseitiges Bild zu erhalten.

## **L Darstellung und Interpretation der Ergebnisse**

### **65 Darstellung der Resultate eines Projektes**

In diesem Abschnitt wird nur die Darstellung der Resultate eines Projektes bzw. einer Projektvariante diskutiert. Auf den Vergleich verschiedener Projekte bzw. Projektvarianten wird im folgenden Abschnitt eingegangen.

Die Darstellung der Ergebnisse hat entsprechend den fiktiven Beispiel in Tabelle 22 zu geschehen. Die Tabelle ist mit einem einheitlichen Kopf zu versehen, in dem der Name des Projektes und eine kurze Beschreibung des Projektes enthalten ist.

Als Resultat eines Projektes darf nicht nur der Nettobarwert, das Nutzen-Kosten-Verhältnis und die Infrastrukturbudgeteffizienz ausgewiesen werden. Vielmehr muss der Barwert jedes Indikators (vgl. Abschnitt E17) ausgewiesen werden und als Summe all dieser Barwerte die Kosten, die Nutzen und der Nettobarwert (vgl. fiktives Beispiel in der folgenden Tabelle). Dies erlaubt es, zu erkennen, welche Indikatoren einen besonders grossen Einfluss auf das Endergebnis (Nettobarwert) haben und welche Indikatoren positiv bzw. negativ durch das Projekt tangiert werden.

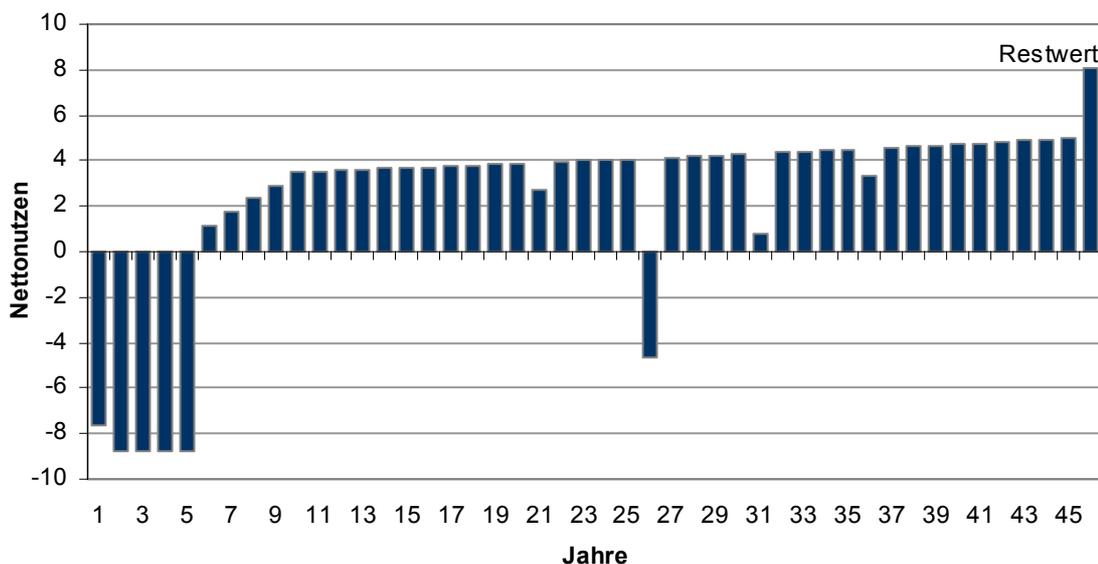
Nach der Berechnung des Nettobarwertes und des Nutzen-Kosten-Verhältnisses ist auch darzustellen, wie hoch die Belastung des Infrastrukturbudgets (bzw. das beschränkte Budget) durch das Projekt ist. Daraus ergibt sich die Infrastrukturbudgeteffizienz (vgl. Tabelle 22).

Neben dieser Darstellung ist auch in einer Grafik darzustellen, wie sich das Ergebnis über die Zeit entwickelt. Dazu ist der Saldo aller Nutzen und Kosten – der Nettonutzen – in jedem Jahr

**Tabelle 22: Fiktives Beispiel für die Darstellung der Resultate**

<b>Projekt A: Umfahrungsstrasse von X-hausen</b>		
<b>Projektbeschreibung</b>	Erstinvestitionskosten: 240 Mio. CHF	
Bau einer 2-spurigen Umfahrungsstrasse von X-hausen; Entlastung der heutigen Kantonsstrasse durch X-hausen		
Indikator	Kosten	Nutzen
Berechnung des Nettobarwertes		
je Barwerte in Mio. CHF		
Baukosten (Erstinvestitionen)	200	
Ersatzinvestitionen	126	
Landkosten	14	
Unterhaltskosten	16	
Betriebskosten der Strassen	24	
Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr	4	
Betriebskosten Fahrzeuge		-9
Reisezeitveränderungen		450
Veränderung der Zuverlässigkeit		93
Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr		20
Nettonutzen im Mehrverkehr		10
Veränderung MWST-Einnahmen im ÖV		-6
Externe Kosten des Verkehrs		
Unfälle		-34
Lärm		-12
Luftverschmutzung		-25
Klima		-15
Externe Kosten der Energie durch Betrieb der Infrastruktur		-8
Bodenversiegelung		-16
Landschafts- und Ortsbild		-18
<b>Total</b>	<b>384</b>	<b>430</b>
<b>Nettobarwert (in Mio. CHF)</b>		<b>46</b>
<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis (430/384=)</b>		<b>1.12</b>
Belastung des Infrastrukturbudgets (z.B. Baukosten inkl. MWST)	215	
<b>Infrastrukturbudgeteffizienz (46/215=)</b>		<b>0.21</b>

**Entwicklung des Nettonutzens über die Zeit**



zu bilden und wie unten in Tabelle 22 darzustellen. Bei dieser Darstellung dürfen die Nutzen und Kosten nicht abdiskontiert werden (die Abdiskontierung erfolgt erst bei der Bildung des Nettobarwertes bzw. der Barwerte der einzelnen Indikatoren).

Für eine umfassendere Darstellung der Resultate ist auch eine ähnliche Tabelle wie Tabelle 5 zu erstellen, in der jedoch das Mengengerüst aller Indikatoren abgebildet wird. Darin sind also z.B. die Reisezeitveränderungen in Stunden, die Veränderung der Anzahl Unfallopfer und die Veränderung der Schadstoffemissionen darzustellen. Da das Mengengerüst sich über die Zeit verändern kann, sind die Werte im ersten Jahr nach der Eröffnung<sup>325</sup> und am Ende des Betrachtungszeitraumes darzustellen.

## 66 Interpretation der Ergebnisse

### 66.1 Wahl der auszuführenden Projekte

Welche Projekte gebaut werden sollen, ist ein **politischer Entscheid**, der in der Norm nicht festgelegt werden kann. Die Norm kann lediglich Kriterien bereitstellen, mit deren Hilfe Projekte aus Sicht KNA beurteilt werden können. Dabei ist auch auf die Grenzen der Aussagekraft der KNA hinzuweisen (vgl. Abschnitt 69).

Je nach Entscheidungssituation ist unterschiedlich vorzugehen. Es sind im Folgenden drei verschiedene Entscheidungssituationen zu analysieren:

- a) Entscheid, ob ein Projekt (mit nur einer Variante) gebaut werden soll oder nicht.
- b) Entscheid, welche Variante eines Projektes gebaut werden soll.
- c) Entscheid, welche Projekte und Projektvarianten innerhalb eines Bauprogramms gebaut werden sollen, wenn bei einem beschränkten Budget nicht alle vorteilhaften Projekte verwirklicht werden können.

Die im Folgenden verwendeten Entscheidungskriterien wurden in Abschnitt J63 beschrieben.

#### a) Bauentscheid

Wird nur eine einzige Variante eines Projektes untersucht, genügt der **Nettobarwert** für den Bauentscheid: Ist der Nettobarwert positiv, kann das Projekt aus Sicht KNA gebaut werden. Ist der Nettobarwert negativ, ist von einer Verwirklichung abzuraten. Die beiden weiteren Entscheidungskriterien (Nutzen-Kosten-Verhältnis und Infrastrukturbudgeteffizienz, vgl. Abschnitt J63) sind in diesem Fall nicht entscheidungsrelevant.

---

<sup>325</sup> Falls das Projekt im ersten Jahr nach der Eröffnung noch nicht seinen vollen Effekt entwickelt, ist das erste Jahr mit dem vollen Effekt darzustellen.

## b) Wahl der optimalen Variante

Häufig ist der Entscheidungsträger mit einem Verkehrsproblem konfrontiert, das es zu lösen gilt. Dafür stehen meist mehrere Varianten zur Verfügung (vgl. Abschnitt D11). Bei der Wahl der optimalen Variante ist in diesem Fall wie folgt vorzugehen:

- Mit Hilfe des **Nettobarwertes** (NBW) können Varianten ausgeschieden werden, welche sich nicht lohnen (negativer Nettobarwert).
- Die Rangliste der verschiedenen Varianten und damit auch die Wahl der optimalen Variante ist aufgrund des **Nutzen-Kosten-Verhältnisses** (NKV) zu bilden. Diejenige Variante mit dem höchsten Nutzen-Kosten-Verhältnis kann zum Bau empfohlen werden.

Die verschiedenen Varianten sind in einer Tabelle darzustellen. Ein Beispiel für die Varianten 1A bis 1F des (fiktiven) Projektes 1 befindet sich in der folgenden Tabelle.

**Tabelle 23: Darstellung verschiedener Projektvarianten**

Variante	NBW	NKV	Rang
1A	1.0	1.3	6
1B	2.5	1.6	5
1C	18.0	2.9	1 (Bestvariante)
1D	17.5	2.7	2
1E	19.5	2.5	3
1F	20.0	2.1	4

Die Infrastrukturbudgeteffizienz ist bei der Wahl der optimalen Variante nicht von Bedeutung.

Es ist jedoch zu bedenken, dass die Konzentrierung auf die Variantenwahl meist geschieht, um ein schwieriges Problem nicht noch komplexer zu machen. Tatsächlich ist es jedoch in vielen Fällen so, dass die für den Bau einer Projektvariante benötigte Beanspruchung des Infrastrukturbudgets später bei der Finanzierung anderer Projekte fehlt. Deshalb können auch bei der Variantenwahl Überlegungen aus dem nächsten Abschnitt (Wahl des optimalen Bauprogramms) einfließen. Schliesslich ist zu bedenken, dass der Entscheid letztendlich ein politischer Entscheid ist.

## c) Wahl des optimalen Bauprogramms

Das komplexeste Entscheidungsproblem steht an, wenn aus einer Vielzahl von Projekten und Projektvarianten bei beschränktem Budget das optimale Bauprogramm zusammengestellt werden muss.

Bevor verschiedene Projekte miteinander verglichen werden, muss sichergestellt werden, dass alle Projekte mit denselben Annahmen berechnet wurden und nicht grundsätzlich andere Vorgehen den Vergleich verhindern bzw. verzerren. So muss z.B. sichergestellt werden,

dass bei allen Projekte und Varianten beim Betrachtungszeitraum mit demselben Begrenzungsjahr gerechnet wird (vgl. Abschnitt D13.4).

Das im Folgenden beschriebene Vorgehen setzt voraus, dass **verschiedene Projekte unabhängig voneinander** sind, d.h. der Nettobarwert eines Projektes darf nicht davon abhängen, ob ein anderes Projekt durchgeführt wird oder nicht. Wechselwirkungen zwischen Projekten sind jedoch nicht selten.<sup>326</sup> Schliessen sich zwei Projekte gegenseitig aus, so werden sie meist als Varianten desselben Projektes betrachtet. Doch auch wenn sich zwei Bauten gegenseitig ergänzen (z.B. eine neue Strasse von A nach B und eine neue Strasse von B nach C), müssen diese beiden Bauten als Varianten desselben Projektes angeschaut werden (und zusätzlich die Variante mit beiden neuen Strassen, d.h. einer neuen Strasse von A nach C).<sup>327</sup> Die verschiedenen Varianten sind also mit demselben Verkehrsmodell zu untersuchen. Aus der Analyse der Varianten ergibt sich dann, welche Variante zu bevorzugen ist (Strasse von A nach B, von B nach C oder Kombination, d.h. Strasse von A nach C). Werden die Strassen von A nach B und von B nach C je als einzelne Projekte betrachtet kann der darauf basierende Entscheid falsch sein – z.B. kann die Strasse von B nach C einen negativen Nettobarwert haben, der aber positiv wird, wenn die Strasse von A nach B auch gebaut wird. Bei der Bildung eines Bauprogramms muss also entweder die Unabhängigkeit verschiedener Projekte angenommen werden oder die Projekte müssen in demselben Verkehrsmodell als Varianten betrachtet werden.

Auch bei einem Bauprogramm ist zuerst einmal für jedes Projekt und jede Projektvariante der Nettobarwert zu berechnen. Besteht keine Budgetbeschränkung bzw. reicht das vorhandene Budget für alle vorteilhaften Projekte (mit positivem Nettobarwert), so muss keine Rangliste erstellt werden bzw. es kann jedes Projekt einzeln betrachtet werden (vgl. oben Bauentscheid und Wahl der optimalen Variante).

Reicht das Budget nicht für alle Projekte aus, sind zwei Ranglisten zu bilden – eine gemäss dem Nutzen-Kosten-Verhältnis und eine gemäss der Infrastrukturbudgeteffizienz (die Bestimmung der Ranglisten wird unten im Detail beschrieben). **Die Rangliste gemäss dem Nutzen-Kosten-Verhältnis zeigt die rentabelsten Projekte auf. Die Rangliste gemäss der Infrastrukturbudgeteffizienz verfolgt das Ziel, mit den gegebenen beschränkten staatlichen Mitteln einen möglichst grossen Nettobarwert zu erzielen.**<sup>328</sup>

Im Normalfall dürften beide Ranglisten (etwa) gleich aussehen. Ist jedoch ein Projekt in der Rangliste gemäss der Infrastrukturbudgeteffizienz weiter oben als in der Rangliste gemäss dem NKV, kann dies z.B. auf geringe Belastung des Infrastrukturbudgets hindeuten (z.B. aufgrund einer Finanzierung durch Private oder aufgrund einer für den betrachteten Kan-

---

<sup>326</sup> Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 113.

<sup>327</sup> European Commission (1996), Cost-benefit and multi-criteria analysis for new road construction, S. 385 und Abay (1984), Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen, S. 113.

<sup>328</sup> Dieses Ziel wird auch in der Norm für Wirtschaftlichkeitsrechnungen für Investitionen im Hochbau verfolgt (SN 506 480 (2003), S. 12).

ton/Staat günstigen Aufteilung der Kosten zwischen den Kantonen/Staaten). Bei Projekten mit einem hohen Nutzen-Kosten-Verhältnis, aber nur einer relativ tiefen Infrastrukturbudgeteffizienz kann möglicherweise durch das Finden neuer Finanzierungsformen auch der Rang in der Rangliste gemäss der Infrastrukturbudgeteffizienz verbessert werden.

Falls die beiden Ranglisten nicht identisch sind, ist es letztendlich ein **politischer Entscheid, ob möglichst rentable Projekte** gebaut werden sollen (gemäss der Rangliste für das Nutzen-Kosten-Verhältnis) **oder** ob mit dem Bauprogramm der **Nettobarwert maximiert** werden soll (gemäss Rangliste für die Infrastrukturbudgeteffizienz).<sup>329</sup> Ausserdem können auch weitere Kriterien (Teilbilanzen oder auch Kriterien ausserhalb der KNA) den Ausschlag geben.

### **Bestimmung der Rangliste der vorteilhaften Projekte**

Sofern bei allen Projekten nur eine Variante besteht, ist die Erstellung der beiden Ranglisten unproblematisch. Meist verfügen aber einige Projekte über verschiedene Varianten. In diesem Fall ist die Erstellung der Ranglisten um einiges komplizierter. Dies soll im Folgenden am Beispiel der Rangliste gemäss der Infrastrukturbudgeteffizienz erläutert werden. Die Rangliste gemäss dem Nutzen-Kosten-Verhältnis kann nach demselben Vorgehen gebildet werden.

Falls ein Projekt aus mehreren Varianten besteht, kann nicht unabhängig von anderen Projekten bestimmt werden, welche Variante empfohlen werden sollte: Denn einerseits sollte gemäss diesem Entscheidungskriterium die Variante mit der besten Infrastrukturbudgeteffizienz realisiert werden, aber andererseits möchte man eigentlich (bei unbeschränktem Budget) die Variante mit dem grössten Nettobarwert verwirklichen. Die Wahl der Variante hängt also von der Grösse des Budgets und der Vorteilhaftigkeit anderer Projekte ab (wenn alle anderen Projekte viel besser sind, wird z.B. keine Variante gebaut). Wie im Folgenden gezeigt wird, ist es deshalb nicht zwingend, dass die Variante mit der höchsten Infrastrukturbudgeteffizienz optimal ist. Vielmehr ist es möglich, dass eine teurere Variante vorzuziehen ist, die zwar eine etwas tiefere Infrastrukturbudgeteffizienz erreicht, aber einen höheren Nettobarwert aufweist.

Das Vorgehen bei Projekten mit mehreren Varianten wird im Folgenden beschrieben und erläutert.<sup>330</sup> Da das Vorgehen komplex ist, wird das Verfahren gleichzeitig anhand eines Beispiels illustriert: In der folgende Tabelle sind die Varianten 1A bis 1F eines hypothetischen Projektes 1 abgebildet. Es ist wie folgt vorzugehen:

---

<sup>329</sup> Die europäischen Transportminister maximieren in diesem Fall eher den Nettobarwert (ECMT 2004, National Systems of Transport Infrastructure Planning, S. 2).

<sup>330</sup> Dieses Vorgehen basiert auf Ideen aus Department for Transport (2002), The Application of COBA, S. 2/1 - 2/2. Dort wird allerdings vorausgesetzt, dass anfangs bekannt ist, welche Infrastrukturbudgeteffizienz das Projekt erreichen muss, damit es gebaut wird. Diese Annahme dürfte jedoch in der Praxis meist nicht gegeben sein. Mit der Rangliste soll ja gerade herausgefunden werden, welche Projekte bei beschränktem Budget lohnend sind und welche nicht. Erst daraus ergibt sich die Infrastrukturbudgeteffizienz des letzten ausgeführten Projektes.

**Tabelle 24: Vorgehen beim Aufnehmen verschiedener Varianten eines Projektes in die Projektrangliste anhand eines Beispiels**

Variante	Nettobarwert	Belastung des Infrastrukturbudgets	Infrastrukturbudgeteffizienz
1A	1.0	1.5	0.7
1B	2.5	2.5	1.0
<b>1C</b>	<b>18.0</b>	<b>4.5</b>	<b>4.0</b>
1D	17.5	5.0	3.5
1E	19.5	6.5	3.0
1F	20.0	10.0	2.0
<b>Neues Projekt: Teurere Varianten abzüglich Bestvariante 1C</b>			
1D-1C	-0.5		
<b>1E-1C</b>	<b>1.5</b>	<b>2.0</b>	<b>0.8</b>
1F-1C	2.0	5.5	0.4
<b>Neues Projekt: Teurere Variante abzüglich Bestvariante 1E</b>			
<b>1F-1E</b>	<b>0.5</b>	<b>3.5</b>	<b>0.1</b>

- Zuerst ist die Bestvariante zu bestimmen, d.h. die Variante mit der höchsten Infrastrukturbudgeteffizienz. Die Bestvariante geht in die Rangliste aller vorteilhaften Projekte ein. Im Beispiel ist die Bestvariante die Variante 1C, die eine Infrastrukturbudgeteffizienz von 4 erreicht (vgl. Spalte ganz rechts im oberen Teil von Tabelle 24). Die Variante 1C kommt deshalb in die Rangliste aller Projekte (vgl. Tabelle 25)
- Alle billigeren Varianten als die Bestvariante scheiden aus (wobei billig bedeutet, dass die Belastung des Budgets kleiner ist). Die beiden billigeren Varianten 1A und 1B fallen also aus der Betrachtung. Der Grund ist, dass besser gleich die Bestvariante gebaut werden sollte anstatt billigere Varianten mit einer kleineren Infrastrukturbudgeteffizienz zu bevorzugen.<sup>331</sup>
- Für alle teureren Varianten wird dann eine Grenzbetrachtung durchgeführt bzw. ein neues (Zusatz-) Projekt definiert:
  - Es werden für alle teureren Varianten (1D bis 1F) der im Vergleich zur Bestvariante zusätzliche Nettobarwert und die zusätzliche Belastung des Infrastrukturbudgets berechnet (vgl. Spalten 2 und 3 des mittleren Teils von Tabelle 24).
  - Ist der zusätzliche Nettobarwert einer Variante negativ, scheidet die Variante aus. Die Variante 1D-1C fällt aus der Betrachtung, da es keinen Sinn macht, für die Variante 1D mehr zu bezahlen als für die Variante 1C, wenn dadurch der Nettobarwert sinkt (von 18 auf 17.5).

<sup>331</sup> Nur wenn das Budget nicht für die Bestvariante ausreicht, könnten billigere Varianten zum Zuge kommen. Aber dann ist es sinnvoller, mit dem Projekt etwas zu warten, bis mehr Finanzmittel zur Verfügung stehen und die Bestvariante gebaut werden kann.

- Alle anderen teureren Varianten bilden nun sozusagen ein neues (Zusatz-) Projekt:<sup>332</sup> Wiederum wird die Bestvariante mit der besten (zusätzlichen) Infrastrukturbudgeteffizienz (Verhältnis aus (zusätzlichem) Nettobarwert und (zusätzlicher) Belastung des Infrastrukturbudgets) bestimmt (die Variante 1E-1C mit einer Infrastrukturbudgeteffizienz von 0.8). Dieses (Zusatz-) Projekt geht mit dem entsprechenden (Zusatz-) Infrastrukturbudgeteffizienz in die Rangliste aller Projekte ein (vgl. Tabelle 25).
- Alle billigeren Varianten scheiden aus. Für allfällige weitere, teurere Varianten (Variante 1F) wird wiederum eine Grenzbetrachtung durchgeführt (relativ zur Bestvariante des Zusatzprojektes) und ein erneutes (Zusatz-) Projekt definiert. Die Variante 1F-1E erreicht eine Infrastrukturbudgeteffizienz von 0.1 (siehe unterster Teil von Tabelle 24 und Tabelle 25).
- Dieses Verfahren wird so lange angewandt bis die teuerste Variante zur Bestvariante der Grenzbetrachtung des Zusatzprojektes wird oder bis alle teureren Varianten als die Bestvariante des Restprojektes ausgeschieden sind, weil sie einen negativen zusätzlichen Nettobarwert aufweisen.

Mit diesem Vorgehen werden die verschiedenen Varianten eines Projektes in die Rangliste aller vorteilhaften Projekte aufgenommen. Im Beispiel könnte dies wie in Tabelle 25 aussehen (wobei der Einfachheit halber unterstellt wird, dass alle anderen Projekte nur über eine Variante verfügen). In der Rangliste stehen die Varianten 1C, 1E-1C und 1F-1E. Beim besten Projekt beginnend können dann – aus Sicht dieses Entscheidungskriteriums – entlang dieser Rangliste alle Projekte ausgeführt werden bis das Budget aufgebraucht ist.<sup>333</sup> Beträgt die Budgetbeschränkung des Staates 15 Einheiten, so müssten das Projekt 1 in der Variante C sowie die Projekte 2, 3 und 4 ausgeführt werden. Würden dem Staat allerdings 25 Einheiten zur Verfügung stehen, würde die Variante 1E des Projektes 1 gebaut werden, nicht die Variante 1C. Die Variante 1E wird nun bevorzugt, weil sie es erlaubt, einen höheren Nettobarwert zu erzielen. Zusätzlich würde auch das Projekt 5 ausgeführt. Hätte der Staat sogar 35 Einheiten zur Verfügung, so sollte aus Sicht dieses Entscheidungskriteriums die Variante 1F gebaut werden. Bei einem Budget von 35 oder mehr Einheiten können alle Projekte gebaut werden, d.h. es existiert keine Budgetrestriktion. In diesem Fall schreibt die Regel den Bau derjenigen Variante vor, die den höchsten Nettobarwert erzielt (Variante 1F).

---

<sup>332</sup> Dabei handelt es sich um ein rein rechnerisches Zusatzprojekt, nicht um ein bauliches, d.h. das Projekt 1E könnte mit völlig anderen Ausbauten verbunden sein als das Projekt 1C (z.B. Umfahrungsstrasse versus Strassenverbreiterung).

<sup>333</sup> European Commission (1996), Cost-benefit and multi-criteria analysis for new road construction, S. 385.

**Tabelle 25: Einfügen des Projektes in die Rangliste aller vorteilhaften Projekte**

Projekt	Infrastrukturbudgeteffizienz	Nettobarwert	Belastung des Budgets	kumulierte Belastung des Budgets
1C	4.00	18.00	4.5	4.5
2	3.40	10.20	3.0	7.5
3	2.10	3.15	1.5	9.0
4	1.30	7.80	6.0	15.0
1E-1C	0.75	1.50	2.0	17.0
5	0.60	4.80	8.0	25.0
6	0.20	0.40	2.0	27.0
1F-1E	0.14	0.50	3.5	30.5
7	0.05	0.23	4.5	35.0

Da im Nenner der Infrastrukturbudgeteffizienz die knappe Ressource – die Belastung des Budgets – steht, wird mit diesem Vorgehen sichergestellt, dass mit der knappen Ressource der grösstmögliche Nettotonutzen erreicht wird. So kann auch gezeigt werden, dass die einfache Regel, immer die Bestvariante eines Projektes zu bauen falsch ist: Nach dieser Regel würde bei einem Budget von 25 Einheiten die Variante 1C gebaut und anstatt der Variante 1E-1C würde das Projekt 6 verwirklicht (die Kosten betragen dann wiederum 25 Einheiten). Wird aber das Projekt 6 durch das gleichteure Zusatzprojekt 1E-1C ersetzt (wie die oben beschriebene Regel vorschreibt), so kann dadurch der Nettobarwert um 1.1 Einheiten erhöht werden (in der Variante 6 beträgt der Nettobarwert 0.4, in der Variante 1E-1C beträgt er 1.5). *Es wird in diesem Fall also nicht die Bestvariante 1C verwirklicht, weil das Zusatzprojekt 1E-1C besser ist als andere Projekte im Bauprogramm.*

Genau nach demselben Schema kann auch die Rangliste gemäss dem Nutzen-Kosten-Verhältnis erstellt werden (dabei sind im obigen Vorgehen nur die Terme „Nettobarwert“ und „Belastung des Infrastrukturbudgets“ durch „Nutzen“ und „Kosten“ zu ersetzen<sup>334</sup>).

## 66.2 Weiterentwicklung der auszuführenden Projekte

Bei der Analyse der Projekte, die gebaut werden sollen, ist ausserdem zu untersuchen, ob bei der Definition der Variante der optimale Realisierungszeitpunkt gewählt wurde oder ob es besser ist, das Projekt z.B. 5 oder 10 Jahre später zu bauen. Dies wird aus der Analyse der Nettotonutzen über die Zeit ersichtlich: Ist in den ersten Jahren nach der Eröffnung der Netto-

<sup>334</sup> Einzig beim Ausscheiden von Zusatzprojekten (bisher bei negativem zusätzlichem Nettobarwert, vgl. Projekt 1D-1C in Tabelle 24) muss nach wie vor mit dem Nettobarwert gearbeitet werden: Es scheiden ebenfalls Zusatzprojekte mit einem negativen Nettobarwert aus (bzw. mit höheren zusätzlichen Kosten als zusätzlichen Nutzen).

nutzen nur klein oder gar negativ, lohnt sich ein Zuwarten mit dem Projekt. Konkret lohnt sich ein Zuwarten mit dem Projekt, wenn gilt<sup>335</sup>

$$\frac{\text{Nettonutzen im ersten Jahr}}{\text{Investitionskosten}} < \frac{\text{Diskontrate}}{1 + \text{Diskontrate}}$$

Dabei sind der Nettonutzen und die Erstinvestitionskosten auf dasselbe Jahr auf- bzw. abzudiskontieren. Das Verhältnis aus Nettonutzen im ersten Jahr und Investitionskosten wird auch „first year rate of return“ genannt. Schaut das Ungleichheitszeichen in die andere Richtung, hätte das Projekt möglicherweise schon früher gebaut werden sollen. Sollte zugewartet werden, wird das optimale Eröffnungsjahr dann erreicht, wenn für den Nettonutzen des betreffenden Jahres obige Ungleichheit erstmals umkehrt, so dass das Verhältnis aus Nettonutzen und Investitionskosten in diesem Jahr grösser wird.

Dieses Kriterium setzt allerdings auch voraus, dass bereits im ersten Jahr nach der Eröffnung der volle Nutzen anfällt. Es ist jedoch auch möglich, dass der volle Effekt des Projektes nicht sofort, sondern erst nach 1 bis 5 Jahren anfällt. In diesem Fall gilt das obige Kriterium nicht mehr und es lässt sich keine einfach darzustellende Formel herleiten, doch gelten die grundsätzlichen Überlegungen von oben immer noch.<sup>336</sup>

Falls es sich lohnt mit dem Bau mehrere Jahre zu warten, sollte die KNA vor dem Bau nochmals wiederholt werden, weil sich in diesen Jahren die Rahmenbedingungen massgeblich verändern können.

Es ist auch zu untersuchen, ob es optimal sein könnte, zuerst eine kleine Anpassung vorzunehmen und erst in z.B. 10 oder 20 Jahren eine grössere Investition zu tätigen. Dies wird ebenfalls aus der Analyse der Nettonutzen über die Zeit ersichtlich: Schneidet eine Variante mit geringen Investitionskosten in den ersten Jahren nach der Eröffnung ähnlich gut ab wie eine Variante mit einer grösseren Investition, aber in späteren Jahren deutlich schlechter,

<sup>335</sup> Dies lässt sich daraus herleiten, dass sich ein Jahr Warten lohnt, wenn sich der Nettobarwert im heutigen Zeitpunkt (Jahr  $t=0$ ) durch das Warten erhöht, d.h. wenn gilt

$$\begin{aligned} -C + \sum_{t=1}^{\infty} N_t/(1+r)^t &< -C/(1+r) + \sum_{t=2}^{\infty} N_t/(1+r)^t \\ -C + N_1 &< -C/(1+r) \\ N_1 &< rC/(1+r) \\ N_1/C &< r/(1+r) \end{aligned}$$

wobei  $N_t$  = Nettonutzen im Jahr  $t$  (ohne Investitionskosten),  $C$  = auf das Jahr 0 aufdiskontierte Investitionskosten,  $r$  = Diskontsatz. Wie die Formeln zeigen, ist der einzige Unterschied des Wartens, dass der Nutzen ( $N_t$ ) und die Kosten ( $C/(1+r)$  anstatt  $C$ ) später anfallen. Der Nettonutzen in der fernerer Zukunft ist unabhängig vom Realisierungszeitpunkt, deshalb kann in der ersten Zeile der Formeln die Summe bis ins unendliche oder bis zu einem beliebigen gemeinsamen Begrenzungsjahr verwendet werden (vgl. Abschnitt D13.4).

Eine ähnliche Formel wurde auch in World Road Association (1999, Economic Evaluation Methods for Road Projects in PIARC Member Countries, S. 21-23) hergeleitet. Dort fehlt allerdings der Faktor  $1+r$  in der Formel, dafür wird verlangt, dass der Nettonutzen über die Zeit zunimmt, was nicht nötig ist.

<sup>336</sup> In der Fussnote 335 gilt die erste Zeile der Formeln immer noch, wobei nun allerdings jeweils in den ersten Jahren nach der Eröffnung der Nutzen kleiner ausfällt, also z.B. im ersten Jahr nur  $N_1/3$ , im zweiten Jahr  $2N_2/3$  und erst ab dem dritten Jahr der volle Nutzen (rechts steht folglich  $N_2/3$  und  $2N_3/3$ ). In diesem Fall kann also anhand der angepassten Ungleichung in der ersten Zeile entschieden werden, ob noch zugewartet werden sollte oder nicht.

könnte es sich lohnen in den ersten Jahren noch nicht die hohen Investitionskosten auf sich zu nehmen, sondern die grössere Investition erst in z.B. 10 oder 20 Jahren zu tätigen und vorerst die Variante mit den geringeren Investitionskosten zu verwirklichen.

Falls eine solche kombinierte Variante tatsächlich optimal ist, muss vor dem Baubeginn der grösseren Investition die KNA nochmals wiederholt werden, da sich in den z.B. 10 oder 20 Jahren die Rahmenbedingungen massgeblich verändern können.

## 67 Entscheid unter Einbezug der Sensitivitätsanalysen

Das in den vorangehenden Abschnitten beschriebene Vorgehen zur Bestimmung, ob ein Projekt vorteilhaft ist und welche Projekte aus Sicht KNA zum Bau empfohlen werden sollten, ist deterministisch und lässt keinen Raum für Sensitivitätsanalysen. Beim (Bau-) Entscheid sollten jedoch die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen berücksichtigt werden.

Wenn die Ergebnisse aller partiellen Sensitivitätsanalysen dieselben sind wie im Basisszenario (Netto-Barwert für jedes Projekt immer positiv und Ranglisten der verschiedenen Projekte unverändert), dann kann der Entscheid entsprechend dem Basisszenario (oder äquivalent entsprechend jeder Sensitivitätsanalyse) getroffen werden. Wenn die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen aber nicht dieselben sind wie im Basisszenario, dann gibt es keine einfache Entscheidungsregel.<sup>337</sup> Es ist auch nochmals zu erwähnen, dass der Bauentscheid ohnehin politisch gefällt wird und die KNA nur als Entscheidungsgrundlage dient, die den Entscheid aber nicht vorwegnehmen kann.

Im Folgenden wird erläutert, wie unter Einbezug der Sensitivitätsanalysen zu entscheiden ist. Zuerst wird analysiert, ob eine Projekt vorteilhaft (Netto-Barwert positiv) ist. Dann wird auf die beiden Ranglisten gemäss Nutzen-Kosten-Verhältnis und gemäss Infrastrukturbudgeteffizienz eingegangen.

### 67.1 Bestimmung der Vorteilhaftigkeit eines Projektes

Um die Vorteilhaftigkeit eines Projektes bzw. einer Projektvariante unter Einbezug der Sensitivitätsanalysen beurteilen zu können, muss je nach Situation ein ein- oder mehrstufiges Verfahren gewählt werden:

- Ist der Netto-Barwert im schlimmsten Fall positiv ist, so ist das Projekt sicher besser als der Referenzfall. Das Projekt sollte deshalb zum Bau empfohlen werden bzw. in die Ranglisten der vorteilhaften Projekte aufgenommen werden. Weitere Beurteilungsschritte sind nicht mehr notwendig.

---

<sup>337</sup> Eine einfache Entscheidungsregel wäre nur möglich, wenn für die verschiedenen Annahmen über alle Parameter *zuverlässige* Wahrscheinlichkeiten bestimmt werden könnten. Dies ist jedoch nicht möglich (vgl. Department for Transport (2002), The Application of COBA, S. 5/1-5/2).

- Häufig wird jedoch der schlimmste Fall nicht berechnet. Dann oder wenn der Nettobarwert im schlimmsten Fall negativ, müssen die Ergebnisse der partiellen Sensitivitätsanalysen detaillierter berücksichtigt werden:
  - Weisen alle partiellen Sensitivitätsanalysen, bei welchen nur eine Annahme verändert wird, positive Nettobarwerte auf, so kann das Projekt ebenfalls zum Bau empfohlen werden bzw. in die Ranglisten der vorteilhaften Projekte aufgenommen werden: Ein negativer Nettobarwert ist in diesem Fall unwahrscheinlich, da alle mittleren Werte die wahrscheinlichsten Werte darstellen und selbst bei Veränderung jeder einzelnen Annahme der Nettobarwert immer positiv bleibt.
  - Weisen einzelne partiellen Sensitivitätsanalyse einen negativen Barwert auf, so lässt sich keine fixe Entscheidregel festlegen. In diesem Fall sollten die Kosten eines Fehlentscheides möglichst klein gehalten werden.<sup>338</sup> Ist der Nettobarwert, wenn er positiv ist, meist nur marginal positiv, aber teilweise deutlich negativ, so ist das Projekt tendenziell abzulehnen (dabei ist auch auf die Anzahl der negativen Resultate in den Sensitivitätsanalysen zu achten). Umgekehrt sollte ein Projekt mit meist klar positivem Nettobarwert nicht wegen eines vereinzelt leicht negativen Nettobarwertes abgelehnt werden.<sup>339</sup>

Die Betrachtung des schlimmsten Falles hilft zudem, Projekte auszuschneiden, die mit unannehmbar grossen Risiken verbunden sind, d.h. in denen das mögliche Ausmass des negativen Nettobarwertes als zu gross erachtet wird. Die Analyse des schlimmsten Falles kann auch beim Finden von Massnahmen helfen, mit denen Risiken verringert werden können (z.B. Ändern oder Entfernen von riskanten Bauteilen). Dies kann dazu führen, dass neue Projektvarianten definiert werden. Die **Definition neuer Projektvarianten** kann sich auch aus dem Studium der Ergebnisse (einer einzelnen oder verschiedener Varianten) ergeben: Aus den Erkenntnissen der KNA kann die Bestvariante möglicherweise weiter verbessert werden (z.B. Projektoptimierungen wie zusätzliche flankierende Massnahmen oder Bestimmung des optimalen Realisierungszeitpunktes, vgl. Abschnitt D11.3). Die neuen Varianten müssen dann nochmals das ganze Ablaufdiagramm der KNA durchlaufen.

## 67.2 Bestimmung der Rangliste verschiedener Projekte

Für alle als vorteilhaft beurteilten Projekte sind folgende Entscheidungsgrundlagen zu bilden: Für alle Szenarien (Basisszenario, hoher bzw. tiefer Diskontsatz, hoher bzw. tiefer Zeitwert, hohe bzw. tiefe Baukosten, hohes bzw. tiefes Reallohnwachstum und allenfalls schlimmster und bester Fall) sind die beiden Ranglisten gemäss Nutzen-Kosten-Verhältnis und gemäss Infrastrukturbudgeteffizienz zu erstellen (vgl. Abschnitt 66.1). Dabei wird die veränderte An-

---

<sup>338</sup> Department for Transport (2002), The Application of COBA, S. 5/1-5/2.

<sup>339</sup> Mit diesem Verfahren werden die Kosten eines Fehlentscheides so gering wie möglich gehalten (z.B. Verzicht auf Projekt, weil Sensitivitätsanalyse zu (knapp) negativem Nettobarwert führt, obwohl die Annahmen des Basisszenarios (mit einem positiven Nettobarwert) richtig wären oder umgekehrt: Bau eines Projektes mit (knapp) positivem Nettobarwert im Basisszenario, aber tatsächlich zu optimistischen Annahmen).

nahme immer auf alle Projekte bzw. Projektvarianten angewendet<sup>340</sup> (möglicherweise verändert sich dadurch auch die Bestvariante eines Projektes). Bei einigen Sensitivitätsanalysen dürfte das Nutzen-Kosten-Verhältnis unter 1 fallen bzw. die Infrastrukturbudgeteffizienz negativ werden, weil der Nettobarwert negativ ausfällt. Aufgrund des negativen Nettobarwertes nicht zu empfehlende Varianten sind jedoch bereits in Abschnitt 67.1 ausgeschieden worden. Deshalb ist hier nicht weiter zu beachten, dass die Entscheidungskriterien kleiner 1 bzw. negativ sind (ausser, dass sie dazu führen, dass das Projekt relativ weit unten in der Rangliste erscheint).

Wird die Bestvariante eines Projektes gesucht, genügt es, zu untersuchen, ob in allen Sensitivitätsanalysen dieselbe Variante die Bestvariante gemäss dem Nutzen-Kosten-Verhältnis darstellt.<sup>341</sup> Bei der Wahl des optimalen Bauprogramms ist diese Rangliste genauer zu analysieren und auch die Rangliste gemäss Infrastrukturbudgeteffizienz zu betrachten.

Falls die beiden Ranglisten sich nie verändern, bleiben die Schlussfolgerungen aus dem Basisszenario erhalten. In den meisten Fällen dürfte dies jedoch nicht der Fall sein. Dann ist in allen Ranglisten der Trennstrich einzuzeichnen, der die zu empfehlenden Projekte (gemäss der Rangliste des vorliegenden Szenarios und dem vorhandenen Budget) von den nicht zu empfehlenden Projekten trennt. Projekte, die in allen Ranglisten über dem Trennstrich liegen, können zum Bau empfohlen werden. Wenn also immer dieselben Projekte über bzw. unter dem Trennstrich liegen, ist die Entscheidung einfach.

Es ist jedoch möglich, dass gewisse Projekte in gewissen Szenarien über und in anderen unter dem Trennstrich liegen. Projekte, die fast immer (bzw. fast nie) über dem Trennstrich liegen, können empfohlen werden (bzw. nicht empfohlen werden).

Für Projekte, die teilweise über und teilweise unter dem Trennstrich liegen, ist darauf zu achten, dass kleine Differenzen im Nutzen-Kosten-Verhältnis bzw. in der Infrastrukturbudgeteffizienz meist nicht signifikant oder gar zufällig sind.<sup>342</sup> Wenn z.B. die Infrastrukturbudgeteffizienz eines Projektes nur geringfügig unter dem Verhältnis am Trennstrich liegt, so ist dies viel weniger negativ zu gewichten als wenn die Infrastrukturbudgeteffizienz eines Projektes deutlich unter dem Trennstrich liegt. Für solche Projekte ist der Entscheid schwierig und eine generelle Entscheidungsregel kann dafür nicht aufgestellt werden. Sicherlich werden in diesen

---

<sup>340</sup> Die meisten der untersuchten Sensitivitätsanalysen sind unabhängig vom Projekt: Der Diskontsatz, der Zeitwert und das Reallohnwachstum sind in allen Projekten (bzw. Projektvarianten) gleich hoch. Die einzige Ausnahme bilden die Baukosten, die in einem Projekt höher, in einem anderen aber tiefer als erwartet ausfallen können. Ein Teil des Risikos bei den Baukosten hängt aber auch hier von gemeinsamen Faktoren ab wie z.B. von der Entwicklung der Baupreise. Deshalb ist es auch hier sinnvoll, den Vergleich verschiedener Projekte unter der Annahme vorzunehmen, dass in allen Projekten die Baukosten tiefer (bzw. höher) als erwartet ausfallen. Ausserdem verändern sich je nach Genauigkeit der Kostenschätzung bzw. je nach Ergebnis der Risikoanalyse die Baukosten in verschiedenen Projekten (oder Projektvarianten) um einen unterschiedlich hohen Prozentsatz.

<sup>341</sup> Eine Veränderung in der Rangliste bei den anderen Varianten ist unerheblich.

<sup>342</sup> Department for Transport (2002), The Application of COBA, S. 2/2.

Fällen Verteilungsfragen (vgl. Abschnitt 68), regionalpolitische Fragen<sup>343</sup> sowie die nicht-monetarisierbaren Auswirkungen (vgl. Abschnitt 69) eine besondere Bedeutung haben.

## 68 Darstellung und Interpretation der Teilbilanzen

### 68.1 Darstellung der Teilbilanzen

Für die Darstellung der sozio-ökonomischen und der räumlichen Teilbilanzen müssen zwei unterschiedliche Schemata verwendet werden:

- **sozio-ökonomische** Teilbilanzen (Staat, Benützer, Allgemeinheit): Einzelne Indikatoren werden gesamthaft den Teilbilanzen zugeordnet.
- **räumliche** Teilbilanzen: Es wird innerhalb einzelner Indikatoren nach räumlichem Anfall der Auswirkungen differenziert.

Dementsprechend sind unterschiedliche Darstellungen sinnvoll. Diese sind in den beiden folgenden Tabellen gezeigt. Die verschiedenen Teilbilanzen zeigen, wie unterschiedlich die jeweiligen Betroffenheiten sind.

Gezeigt sind die Ergebnisse für ein Projekt, das einen Nettobarwert von 46 Mio. CHF aufweist. Aus den sozio-ökonomischen Teilbilanzen lässt sich der gesamte NBW durch Zusammenzählen des Saldos der Teilbilanz Allgemeinheit und der Teilbilanz Benutzer rekonstruieren, in den räumlichen Teilbilanzen ist dies hingegen nicht möglich (vgl. dazu Anmerkung 1 am Ende der Tabelle 27).

---

<sup>343</sup> Sind alle aus Sicht KNA guten Projekte in der gleichen Region, ist aus politischen Gründen möglicherweise ein Projekt einer anderen Region zu bevorzugen.

Tabelle 26: Darstellung der sozioökonomischen Teilbilanzen

Indikator	Kosten	Nutzen
	Barwert in Mio. CHF	
<b>Teilbilanz Staat</b>		
<i>Unter-Teilbilanz Betreiber</i>		
Baukosten (Erstinvestitionen)	200	
Ersatzinvestitionen	126	
Landkosten	14	
Unterhaltskosten	16	
Betriebskosten der Strassen	24	
Kosten der Finanzierung		-6
<b>Zwischensaldo Unter-Teilbilanz Betreiber</b>	<b>-386</b>	
<i>Unter-Teilbilanz übriger Staat</i>		
Veränderung Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr		20
Veränderung Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr		100
Veränderung der MwSt.-Einnahmen im ÖV		-6
<b>Zwischensaldo Unter-Teilbilanz übriger Staat</b>	<b>+ 114</b>	
<b>Nettobarwert Teilbilanz Staat</b>	<b>- 272</b>	
<b>Teilbilanz Benutzer</b>		
Betriebskosten Fahrzeuge		-9
Reisezeitveränderungen		450
Veränderungen der Zuverlässigkeit		93
Nettonutzen des Mehrverkehrs		10
Veränderung Ausgaben für Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr		-100
Unfälle (zusätzliche Unfallkosten bei Benutzern)		-20
<b>Nettobarwert Teilbilanz Benutzer</b>	<b>+ 424</b>	
<b>Teilbilanz Allgemeinheit</b>		
Unfälle (zusätzliche Unfallkosten bei Dritten)		-14
Lärm		-12
Luftverschmutzung		-25
Klima		-15
Externe Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur		-8
Bodenversiegelung		-16
Landschafts- und Ortsbild		-18
<b>Zwischensaldo Externe Kosten des Verkehrs</b>	<b>-108</b>	
Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr	4	
Erträge aus der Finanzierung		6
Saldo Teilbilanz Staat		-272
<b>Nettobarwert Teilbilanz Allgemeinheit</b>	<b>- 378</b>	

**Tabelle 27: Darstellung der räumlichen Teilbilanzen**

Indikator <sup>344</sup>	Kanton X (Standortkanton)		Kanton Y		Kanton Z		andere Kantone		Ausland		TOTAL	
	Nettoarwert in Mio. CHF		Kosten	Nutzen	Kosten	Nutzen	Kosten	Nutzen	Kosten	Nutzen	Kosten	Nutzen
Unterhaltskosten	16										<b>16</b>	
Betriebskosten der Strassen	24										<b>24</b>	
Betriebskosten Fahrzeuge		-3		-2		-1		-2		-1		<b>-9</b>
Reisezeitveränderungen		150		100		50		100		50		<b>450</b>
Veränderungen der Zuverlässigkeit		32		21		10		20		10		<b>93</b>
Nettonutzen des Mehrverkehrs		4		2		1		2		1		<b>10</b>
Unfälle		-20		-5		-2		-5		-2		<b>-34</b>
Lärm		-12										<b>-12</b>
Luftverschmutzung		-25										<b>-25</b>
Bodenversiegelung		-16										<b>-16</b>
Landschafts- und Ortsbild		-18										<b>-18</b>
<b>Nettoarwert</b>	<b>+ 52</b>		<b>+116</b>		<b>+58</b>		<b>+115</b>		<b>+58</b>		vgl. Anm. 1	

1 Es ist zu beachten, dass nur ein Teil der Indikatoren in die räumlichen Teilbilanzen eingehen und dass daher ein Zusammenzählen der Totale der Indikatoren keinen Sinn macht.

<sup>344</sup> Bzgl. des Einbezugs weiterer Indikatoren (v.a. Ersatzinvestitionen) vgl. Abschnitt F20

## 68.2 Interpretation der Teilbilanzen

Wie in Abschnitt F18 beschrieben, dienen Teilbilanzen einer KNA vor allem der **Schaffung von Interessentransparenz**. Es kann abgebildet werden, in welchem Ausmass bestimmte Bevölkerungsgruppen (sozio-ökonomisch, räumlich) von einem Vorhaben monetär profitieren.

Die Interpretation der Resultate von Teilbilanzen muss jedoch vorsichtig erfolgen.

- Primär ist zu beachten, dass Teilbilanzen keinerlei Information darüber abgeben, ob ein Projekt volkswirtschaftlich lohnend ist oder nicht resp. welche Variante eines Projekts zu wählen ist. Mit Teilbilanzen werden Verteilungsaspekte abgebildet, gegenüber denen die Gesamt-KNA blind ist.
- Verteilungsaspekte von Nutzen und Kosten können jedoch eine Grundlage sein für die Beurteilung der Zweckmässigkeit einer Verkehrsmassnahme aus **regionalwirtschaftlicher** resp. **raumordnungspolitischer Sicht**. Verteilungswirkungen sind für die **politische Akzeptanz** eines Projekts ausserordentlich wichtig. Insbesondere können negativ beurteilte Verteilungswirkungen ein zweckmässiges Vorhaben blockieren.

Ein Beispiel:

- Variante A: grosse Nettonutzen in einer Region, aber Nettokosten in anderen Regionen
- Variante B: alle Regionen profitieren, aber NBW und NKV kleiner.

Variante B kann politisch besser durchsetzbar sein, obwohl aus volkswirtschaftlicher Sicht Variante A zu bevorzugen wäre.

- Da mit Teilbilanzen Verteilungsaspekte offengelegt werden, können sie insbesondere auch Hinweise auf **geeignete Finanzierungslösungen** geben. Im obigen Beispiel müsste in Variante A allenfalls ein **Kompensationsmechanismus** gefunden werden, der alle Regionen gegenüber Variante B besser stellt.<sup>345</sup>
- Ähnliches gilt für sozioökonomische Teilbilanzen: Positive Benutzer-Teilbilanzen können einen Hinweis dafür geben, dass ein Teil dieses Nutzens z.B. mit der Einrichtung einer Maut abgeschöpft werden könnte, wodurch der Staat und insbesondere die Allgemeinheit entlastet werden kann. Auch dies kann die politische Akzeptanz einer Massnahme erheblich verbessern.

**Dennoch sind Teilbilanzen oft unvollständig.** Es gelten für sie bei der Interpretation ähnliche Einschränkungen der Bedeutung wie für die Gesamt-KNA.

- Dies betrifft vor allem die Teilbilanz Allgemeinheit. Denn gerade im Umweltbereich, der in die Teilbilanz Allgemeinheit fällt, lassen sich verschiedene Auswirkungen nicht monetär

---

<sup>345</sup> Sind Kompensationszahlungen unbeschränkt und kostenlos möglich, dann existiert für jedes Projekt mit insgesamt positivem Nettobarwert eine Finanzierungslösung, bei welcher alle Beteiligten einen positiven Nettonutzen aus dem Projekt ziehen.

erfassen und finden daher keinen Eingang in die KNA. Sie fehlen somit auch in der Teilbilanz.

- Dies betrifft aber auch die räumlichen Teilbilanzen, da sich einerseits nicht alle Auswirkungen räumlich zuscheiden lassen und da andererseits Auswirkungen, die nicht in die KNA eingehen, in verschiedenen Teilräumen eventuell unterschiedlich starke Verzerrungen der Resultate bewirken.

Die errechneten Teilbilanzen sagen daher nichts Abschliessendes über die genaue Interessenlage der betroffenen Aggregate aus. Sie sind aber ein wichtiger Beitrag zu deren Abschätzung.

## 69 Grenzen der Aussagekraft der KNA

Bezüglich der Aussagekraft der KNA bzw. ihrer Grenzen verweisen wir nochmals auf die Ausführungen in Abschnitt A5: Die KNA stellt eine fundierte wissenschaftliche Methode dar, um all jene Wirkungen zu erfassen und zu beurteilen, welche sich in Geldeinheiten bewerten lassen. Das Ergebnis der KNA liefert damit wichtige Kernerkenntnisse zur Vorteilhaftigkeit und Rangfolge der Projekte. Die KNA hat aber auch ihre Grenzen:

- Nicht monetarisierbare Auswirkungen der Projekte können in einer KNA nicht berücksichtigt werden.
- Regionale Verteilungseffekte lassen sich zwar aufzeigen (z.B. positive Teilbilanz für eine Standortregion, negative Teilbilanz für das Restgebiet), wie diese Teilbilanzen aber zu würdigen sind, lässt sich nicht mit einer Entscheidungsregel festlegen, sondern muss auf politischer Ebene bestimmt werden.
- Die Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte wird mit einer KNA nicht untersucht. Deshalb muss ein Projekt auch eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchlaufen. Die UVP kann zur Folge haben, dass gewisse Projekte oder Projektvarianten ausscheiden, weil gesetzliche Grenzwerte (massiv) überschritten werden. Alternativ ist es auch möglich, dass das Projekt durch flankierende Massnahmen ergänzt werden muss, damit es mit den Gesetzen im Bereich Umwelt vereinbar wird.

Aufgrund dieser Einschätzung ist es wichtig, dass die KNA als ein – wenn auch zentrales – Teilmodul eines umfassenden Entscheidungsverfahrens verstanden wird. Projektentscheide, die ausschliesslich auf einer KNA basieren, sind daher nicht zu empfehlen.<sup>346</sup>

---

<sup>346</sup> Department for Transport (2002), The Application of COBA, S. 5/2 und Scottish Executive (2003), Scottish Transport Appraisal Guidance, S. 5-12 und 5-13.

## Literaturverzeichnis

Abay G. (1984)

Kosten-Nutzen-Analyse für Verkehrsinvestitionen. Institut für Verkehrsplanung und Transporttechnik, ETH Zürich, IVT-Bericht Nr. 84/2. Zürich.

Abay & Meier (2001)

Zweckmässigkeitskriterien für Infrastruktureinrichtungen von Strassenverkehrstelematik-Systemen. Forschungsauftrag 10/00 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS).

Arbeitsgemeinschaft Güller/Infras (1983)

Zweckmässigkeitsprüfung der neuen Eisenbahn-Haupttransversalen (NHT).  
Schlussbericht zuhanden des Stabes für Gesamtverkehrsfragen.

Arbeitsgruppe Grundlagen des Verkehrswesen, Arbeitsausschuss Wirtschaftlichkeit und Finanzierung (2001)

Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen. Entscheidungshilfen RVS 2.22.

ARGE Abay & Meier / Emch & Berger AG (2002)

Richtlinien und Ansätze für NWA und KNA. Strategie HLS: TPO Koordination, Methodik, Bewertung. Version 3.4 vom 8.8.2002. Zürich.

ARGE Züriring (Synergo, Metron AG, Ecoplan, Güller Güller, Heierli AG, Roland Müller Ing., Hydraulik AG) (2002)

ZMB Seetunnel / Stadttunnel Zürich. Bericht zu Phase 3, Variantenvergleich und Bewertung. Studie im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Zürich.

ARGE Züriring (Synergo, Metron AG, Ecoplan, Güller Güller, Heierli AG, Roland Müller Ing., Hydraulik AG) (2002)

ZMB Seetunnel / Stadttunnel Zürich. Teilbericht Kosten-Nutzen-Analyse. Studie im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Zürich.

ARGE Züriring (Synergo, Metron AG, Ecoplan, Güller Güller, Heierli AG, Roland Müller Ing., Hydraulik AG) (2002)

Indikatorenbericht für Beurteilungskriterium 31: Kapitalkosten. Studie im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Zürich.

ARGE Züriring (Synergo, Metron AG, Ecoplan, Güller Güller, Heierli AG, Roland Müller Ing., Hydraulik AG) (2002)

Indikatorenbericht Reisezeitveränderungen. Studie im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Zürich.

ASTRA Bundesamt für Strassen (2001)

Bau der Nationalstrassen. Standardisierte Bewertungsmethode für die Beurteilung von Projekten bzw. Projektbestandteilen mit Hilfe der Kostenwirksamkeitsanalyse. Handbuch.

- ASTRA Bundesamt für Strassen (2003)  
NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte. Ein Instrument zur Beurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele. Methodenbericht. Bern.
- ASTRA Bundesamt für Strassen (2003)  
Handbuch eNISTRA. Handbuch für den Einsatz der NISTRA-Methode mit Hilfe der Excel-Anwendung eNISTRA. Bern.
- Auditor General Sweden (1994)  
Riksrevisionsverket. Infrastrukturinvesteringar: En kostnadsjämförelse mellan plan og utfall i 15 större projekt inom Vägverket og Banverket. RRV 1994: 23.
- Bates J., Whelan G. (2001)  
Size and Sign of Time Savings. ITS Leeds Working Paper Nr. 561. Online im Internet: <http://www.its.leeds.ac.uk/working/downloads/WP561.pdf> (29.12.2003).
- Baudirektion Kanton Zürich, Tiefbauamt (2002)  
Zweckmässigkeitsbeurteilung N1/N20 Nordumfahrung Zürich. Kurzbericht Phase 3: Variantenvergleich und Bewertung. Erarbeitet durch IG Basler & Hofmann / Eichenberger AG.
- Baudirektion Kanton Zürich, Tiefbauamt (2002)  
Zweckmässigkeitsbeurteilung K10 Umfahrung Kloten - Bassersdorf - Brütisellen. Kurzbericht Phase 3: Variantenvergleich und Bewertung. Erarbeitet durch Ingenieurgesellschaft Gruner / RAPP.
- Beckmann Klaus J. (1997)  
Grundlagen der Verkehrsplanung.
- Beuthe Michel (2000)  
Methods of transport projects evaluation. From cost-benefit to multicriteria and decision framework. TRANS-TALK 2nd Workshop Brussels 6-8 November 2000.
- Bickel P., Schmid S., Friedrich R., Maibach M., Doll C., Tzervonen J., Enei R. (2000)  
Accounts Approach for Environmental Costs. UNITE (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency) Interim Report 9.2. Funded by 5th Framework RTD Programme. IER, University of Stuttgart, Stuttgart.
- Bonnafous Alain, Jensen Pablo (2004)  
Ranking Transport Projects by their Socioeconomic Value or Financial Interest rate of return? Laboratoire d'Economie des Transports. Lyon.
- Brent Robert J. (1996)  
Applied Cost-Benefit Analysis. Edward Elgar, Cheltenham, UK und Brookfield, US.
- Bristow A.L., und Nellthorp J. (2000)  
Transport project appraisal in the European Union. In: Transport Policy, Nr. 7 (1), S. 51-60.

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Strassenforschung (2002)  
Österreichische Wegekostenrechnung für die Strasse 2000. BMVIT-Reihe  
Straßenforschung als Heft 528. Bearbeitet durch Herry Consult. Wien.

Bürgi Martin (2001)  
Die Ermittlung des Erhaltungsbedarfs für ein Strassennetz. Ermittlung der Kosten der  
Werterhaltung. In: Strasse und Verkehr Nr. 9, S. 417-422.

Bürgi Martin (2003)  
Werterhaltung im Strassennetz am Beispiel Zürich. In: Strasse und Verkehr Nr. 9, S. 15-  
22.

Buser H., Kaufmann Y., Lack-Aschwanden N., Ott W. (im Erscheinen)  
Externe Kosten des Verkehrs im Bereich Natur und Landschaft. Monetarisierung der  
Verluste und Fragmentierung von Habitaten. Studie im Auftrag des Bundesamtes für  
Raumplanung, des Bundesamtes für Strassen und des Bundesamtes für Umwelt, Wald  
und Landschaft. Bern.

BVBW Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2002)  
Bundesverkehrswegeplan 2003. Grundzüge der gesamtwirtschaftlichen  
Bewertungsmethodik.

Cuche Alain (2001)  
Prozessablauf zur Förderung nachhaltiger Strasseninfrastrukturprojekte. Diplomarbeit.  
Nachdiplomstudium in Betriebswirtschaft Hochschule für Technik und Architektur. Bern.

Degelmann Roland, Mahmoudi Saeid, Vosdellen Lothar (2002)  
Bewertungsverfahren zum Ausbauplan für die Staatsstrassen in Bayern unter Einbezug  
der EWS. In: EWS Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen,  
Arbeitsgruppe Verkehrsplanung: Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen. Stand  
und Entwicklung der EWS. Köln, S. 54-62.

Department for Transport (2002)  
Integrated Transport Economics and Appraisal. Updated Advice on the Appraisal of  
Highway Projects. Online im Internet:  
<http://www.roads.dft.gov.uk/roadnetwork/heta/highway/index2.htm> (3.12.2002).

Department for Transport (2002)  
Economic Concepts in COBA. Online im Internet:  
<http://www.roads.dft.gov.uk/roadnetwork/heta/highway/pdfs/coba11part01.pdf>  
(3.12.2002).

Department for Transport (2003)  
The Valuation of Costs and Benefits. Online im Internet:  
[http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft\\_transstrat/documents/page/dft\\_transstrat\\_50487\\_3.pdf](http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_transstrat/documents/page/dft_transstrat_50487_3.pdf) (17.12.2003).

Department for Transport (2002)  
The Application of COBA. Online im Internet:  
[http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft\\_transstrat/documents/page/dft\\_transstrat\\_50487\\_4.pdf](http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_transstrat/documents/page/dft_transstrat_50487_4.pdf) (17.12.2003).

Department of Transport, Environment and the Regions (HETA Division) and Highway Agency (2001)  
Applying the Multi-modal New Approach to Appraisal to Highway Schemes. Online im Internet:

[http://www.roads.dtlr.gov.uk/roadnetwork/heta/highway/pdfs/bridging\\_document.pdf](http://www.roads.dtlr.gov.uk/roadnetwork/heta/highway/pdfs/bridging_document.pdf)  
(3.12.2002).

EBP Ernst Basler und Partner (2001)

2. Etappe BAHN 2000. Bewertung der Angebotskonzepte. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr. Zürich.

Eckstein Peter, Bächtold Marcel, Kronig Manfred, Suter Erich, Egger Urs (2004)

Werterhaltung von Hochleistungsstrassen: Beispiel Zürich. In: Strasse und Verkehr Nr. 3, S. 32-37.

ECMT European Conference of Ministers of Transport (2001)

Assessing the Benefits of Transport. Paris.

ECMT European Conference of Ministers of Transport (2004)

National Systems of Transport Infrastructure Planning. Online im Internet:

<http://www1.oecd.org/cem/online/conclus/rt128e.pdf> (5.7.2004).

Ecoplan (1998)

Externalitäten im Verkehr – methodische Grundlagen. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Strassen und des Dienstes für Gesamtverkehrsfragen. Foerschungsauftrag 19/95 auf Antrag der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute.

Ecoplan (2000)

ERKOS. Handbuch zur Erfolgskontrolle von Staatsbeiträgen des Kanton Bern. Bern.

Ecoplan (2002)

NISTRA: Nachhaltigkeitsindikatoren für Strasseninfrastrukturprojekte. Ein Instrument zur Beurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeit. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Strassen. 8. Zwischenbericht.

Ecoplan (2002)

Reisezeitgewinne und Fahrkostenveränderungen der beiden Synthesevarianten. Studie im Auftrag des Tiefbauamtes des Kantons Zürich. Bern.

Ecoplan (2002)

Unfallkosten im Strassen- und Schienenverkehr der Schweiz 1998. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung und des Bundesamtes für Statistik. Schlussbericht. Bern.

Ecoplan (2002)

Theoretical view on pricing. Latest developments in research: theory, application and impacts. Key Note paper prepared for the Pricing-Workshop held inn Berne, 12.-13. September 2002. Bern.

Ecoplan (2003)

Wirtschaftlichkeit des Anschlusses der Schweiz an das europäische Eisenbahn-Hochleistungsnetz (HGV-Anschluss). Bewertung der 1. Phase. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr (BAV). Bern.

Ecoplan (2004)

Wirtschaftlichkeit des HGV-Ostanschlusses: Zürich – Schaffhausen. Bewertung von 8 Varianten. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Verkehr. Bern.

Ecoplan, büro widmer (2003)

Wirkungsketten Verkehr – Wirtschaft. Analyse der Wechselwirkungen und Vorschlag für ein Indikatorensystem der wirtschaftlichen Aspekte eines nachhaltigen Verkehrs. Studie im Auftrag der Vereinigung Schweizerischer Verkehrsingenieure, Forschungsauftrag SVI 1999/310). Altdorf.

Ecoplan, Planteam, IHA-ETH (Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie) (im Erscheinen)  
Externe Lärmkosten des Strassen- und Schienenverkehrs. Aktualisierung für das Jahr 2000. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung, des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft, des Bundesamtes für Energie, des Bundesamtes für Statistik sowie des Bundesamtes für Gesundheit. Bern.

Ecoplan, Infrac, ISPM (Institut für Sozial- und Präventivmedizin) (im Erscheinen)

Externe Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung. Aktualisierung für das Jahr 2000. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung, des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft, des Bundesamtes für Energie sowie des Bundesamtes für Gesundheit. Bern.

EDI Eidgenössisches Departement des Innern (1986)

Bericht zum Entwurf für eine Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPV).

ETH/KOF (div. Jahrgänge, aktuellster Stand 2001)

Wirtschaftliche Rahmendaten der Bundesverwaltung. Periodisch aktualisierte Publikation im Auftrag der Schweizerischen Bundeskanzlei/Perspektivstab.

EU (2000)

Workshop on the value of reducing the risk of ill health or a fatal illness. Brussels 13th November 2000. Online im Internet:  
[http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/others/proceedings\\_of\\_the\\_workshop.pdf](http://europa.eu.int/comm/environment/enveco/others/proceedings_of_the_workshop.pdf)  
(20.4.2004).

Europäische Kommission (1997)

Anleitung zur Kosten-Nutzen-Analyse von Grossprojekten. Im Rahmen der EG Regionalpolitik. Ausgabe 1997.

European Commission (1996)

Cost-benefit and multi-criteria analysis for rail infrastructure. Transport Research APAS. Luxemburg.

European Commission (1996)

Cost-benefit and multi-criteria analysis for new road construction. Transport Research EURET. Luxemburg.

- European Commission, Directorate General for Transport, TINA Secretariat Vienna und European Commission General for External Relations (1999)  
Transport Infrastructure Needs Assessment (TINA). Socio-economic Cost benefit analysis. TINA 015 final.
- European Commission, Directorate General for Transport (1996)  
Cost-benefit and multi-criteria analysis for new road construction. Transport Research EURET Concerted Action 1.1. Brüssel, Luxemburg.
- EWS Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsplanung (1997)  
Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS. Aktualisierung der RAS-W'86. Köln.
- EWS Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsplanung (1997)  
Kommentar zum Entwurf Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen EWS. Aktualisierung der RAS-W'86. Köln.
- EWS Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Verkehrsplanung (2002)  
Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Strassen. Stand und Entwicklung der EWS. Köln.
- Fowkes A.S. (1999)  
Issues in Evaluation. A Justification for Awarding all Time Savings and Losses, both Small and Large, Equal Unit Value in Scheme Evaluation. In: Accent und Hague (Hrsg.): The Value of Travel Time on UK Roads. London, S. 341-359.
- Flyvbjerg Bent, Bruzelius Nils, Rothengatter Werner (2003)  
Megaprojects and Risk. An Anatomy of Ambition. Cambridge University Press. Cambridge.
- Flyvbjerg Bent, Holm Mette Skamris, Buhl Søren (2002)  
Underestimating Costs in Public Works Projects: Error or Lie? In: Journal of the American Planning Association, Nr. 68 (3), 279-295.
- Flyvbjerg Bent, Holm Mette Skamris, Buhl Søren (2004)  
What Causes Cost Overrun in Transport Infrastructure Projects? In: Transport reviews, Nr. 24 (1), S. 3-18.
- Frey René L., Brugger Ernst A. (1984)  
Infrastruktur, Spillovers und Regionalpolitik. Methode und praktische Anwendung der Inzidenzanalyse in der Schweiz, NFP 5 Regionalprobleme, Bern.
- Gehring Peter, Gutknecht Joachim, Schüller Ulrich, Weber Reinhard (2003)  
Generalverkehrsplanung für Deutschland. Der neue Bundesverkehrswegeplan 2003 (BVWP 2003). In: Internationales Verkehrswesen, Nr. 55 (11), S. 516-524.
- Giorgi Liana, Tandon Annuradha (2000)  
The Theory and Practice of Evaluation – Conclusions from the first TRANS-TALK Workshop, 5<sup>th</sup> Framework Programme project. Vienna.

Glaister Stephen (1999)

Observations on the New Approach to Appraisal of Road Projects. In: Journal of Transport Economics and Policy Nr. 33 (2), 227-233.

Gottardi Giovanni (2003)

Nachhaltiger Verkehr: Modewort oder Bewertungsmaassstab für Strassenverkehrsplanung? In: Strasse und Verkehr (VSS) Nr. 1-2/2003, S. 15-19.

Grant-Muller S. M., Mackie P., Netthorp J., Pearment A. (1999)

Economic Appraisal of European Transport Projects - the State of the Art revisited. Leeds.

Hayashi Y., Morisugi H. (2000)

International comparison of background concept and methodology of transportation project appraisal. In: Transport Policy, Nr. 7 (1), S. 73-88.

Hensher David A. und Goodwin Phil (2004)

Using values of travel time savings for toll roads: avoiding some common errors. In Transport Policy, Nr. 11 (2), 171-181.

Infraconsult (1999)

Kosten und Nutzen im Natur- und Landschaftsschutz. Monetarisierungs- und Beurteilungsmodell für Schutzmassnahmen im Verkehr. Bericht C1 des Nationalen Forschungsprogramms NFP 41 Verkehr und Umwelt. Bern.

Infras (1988),

Neue Eisenbahn-Alpentransversale durch die Schweiz: Zweckmässigkeitsprüfung. Schlussbericht zuhanden des Eidg. Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartements.

Infras (1998)

Kosten-Wirksamkeit von Umweltschutzmassnahmen im Verkehr. Forschungsauftrag 41/96 auf Antrag der Vereinigung Schweiz. Verkehrsingenieure (SVI). Zürich.

Infras/IWW (2000)

External Costs of Transport. Accident, Environmental and Congestion Costs in Western Europe. Studie im Auftrag der International Union of Railways. Paris 2000.

Infras (2002)

Grundlagen für eine koordinierte Verkehrswegeplanung. Aufarbeitung der Mengenerüste. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung, des Bundesamtes für Strassen und des Bundesamtes für Verkehr. Zürich.

Infras, Wüest & Partner (im Erscheinen)

Verkehrsbedingte Gebäudeschäden. Aktualisierung der externen Kosten. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung, des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft, des Bundesamtes für Energie sowie des Bundesamtes für Gesundheit. Zürich.

IVT ETH Zürich, Hidber C., Abay G., Meier E. (1984)

Kosten-Nutzen-Analyse der SBB Flughafenlinie Zürich HB – Zürich Flughafen. IVT Bericht Nr. 84/3.

- IVT ETH Zürich, Heimgartner C. (2001)  
System Dynamic Modelling of Transport and Land Use – A First Modell Draft.
- Jenni + Gottardi AG (1997)  
Zweckmässigkeitsbeurteilung von Strassenverkehrsanlagen. Forschungsauftrag 47/95 auf Antrag der Vereinigung Schweiz. Verkehrsingenieure (SVI). Zürich.
- Kommission zur Überprüfung von Nationalstrassenstrecken, NUP (1981)  
Schlussbericht.
- König Arnd, Axhausen Kay W. (2002)  
Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable. Endbericht für SVI 44/00. Zürich.  
Downloadbar auf <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/show?type=incoll&nr=669>  
(17.10.2003).
- König Arnd, Axhausen Kay W., Abay Georg (2004)  
Zeitkostenansätze im Personenverkehr. Hauptstudie im Auftrag der Vereinigung Schweizerischer Verehringenieure (Forschungsauftrag SVI2001/534). IVT, Rapp Trans AG, Zürich.
- Lee D.B. Jr. (2000)  
Methods for evaluation of transportation projects in the USA. In: Transport Policy, Nr. 7 (1), S. 41-50.
- Link Heike, Stewart Louise Helen, Doll Claus, Bickel Peter, Schmid Stephan, Friedrich Rainer, Krüger Roland, Droste-Frank Bert, Krewitz Wolfgang (2001)  
The Pilote Accounts for Germany. UNITE (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency) Working. Funded by 5<sup>th</sup> Framework RTD Programme. ITS, University of Leeds, Leeds.
- Litman Todd Alexander (2002)  
Transportation Cost and Benefit Analysis. Techniques, Estimates and Implications. Victoria Transport Policy Institut. Online im Internet: <http://www.vtpi.org/tca/> (26.9.2002).
- Mackie Peter (1998)  
The UK Transport Policy White Paper. In: Journal of Transport Economics and Policy Nr. 32 (3), 399-403.
- Mackie P.J., Jara-Díaz S., Fowkes A.S. (2001)  
The value of travel time savings in evaluation. In: Transportation Research Part E Nr. 37, S. 91-106.
- Mackie P.J., Fowkes A.S., Wardmann M., Whelan G., Nellthorp J., Bates J. (2003)  
Value of Travel Time Savings in the UK. Summary Report. Online im Internet: [http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft\\_transstrat/documents/pdf/dft\\_transstrat\\_pdf\\_02708.pdf](http://www.dft.gov.uk/stellent/groups/dft_transstrat/documents/pdf/dft_transstrat_pdf_02708.pdf) (29.12.2003).
- Minken Harald, Eriksen Knut S., Samstad Hanne, Jansson Kjell (2001)  
Cost benefit analysis of public transport. Overview. Oslo.

- Morisugi H. (2000)  
Evaluation methodologies of transportation projects in Japan. In: Transport Policy, Nr. 7 (1), S. 35-40.
- Mott MacDonald (2002)  
Review of Large Public Procurement in the UK. Online im Internet: [http://www.hm-treasury.gov.uk/media/62ABA/greenbook\\_mott.pdf](http://www.hm-treasury.gov.uk/media/62ABA/greenbook_mott.pdf) (13.1.2004).
- Müller AG (2002)  
Schweizerische Mittelwerte 2001. Betrieblicher Unterhalt der Nationalstrassen. Chur.
- Nakamura H. (2000)  
The economic evaluation of transport infrastructure: needs for international comparisons. In: Transport Policy, Nr. 7 (1), S. 3-6.
- Nellthorp J., Hyman G. (2001)  
Alternatives to the rule of a half in matrix based appraisal. Online im Internet: [www.aetransport.co.uk/etc/2001/brochure/abstracts/Methodological\\_Innovations.doc](http://www.aetransport.co.uk/etc/2001/brochure/abstracts/Methodological_Innovations.doc) (16.2.2004).
- Nellthorp John, Mackie Peter, Bristow Abigail (1998)  
Measurement and Valuation of the Impacts of Transport Initiatives. Deliverable D9 EUNET Socio-Economic and Spatial Impacts of Transport. Project funded by the European Commission under the Transport RTD Programme of the 4<sup>th</sup> Framework Programme. Leeds.
- Nellthorp John, Sansom Tom, Bickel Peter, Doll Claus, Lindberg Gunnar (2001)  
Valuation Convention for UNITE. UNITE (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency) Working Funded by 5<sup>th</sup> Framework RTD Programme. ITS, University of Leeds, Leeds, April 2001.
- Nielsen C. (1992)  
Der Wert stadtnaher Wälder als Erholungsraum. Verlag Rüegger Zürich.
- Odeck James (2000)  
Valuing the Cost and Benefits of Road Transport. Toward European Value Sets. The Appraisal of Road Projects in WERD Member States. Doc.no. 00-047. Oslo.
- Odeck James (2004)  
Cost overruns in road construction – what are their sizes and determinants?. In: Transport Policy Nr. 11, S. 43-53.
- Orus Jean-Pierre und S.E.T.R.A. Ministère des Transports (1999)  
La Nouvelle Circulaire pour Evaluer les Projets d'Investissements Routiers.
- Petersen Rudolf, Schallaböck Karl Otto (1995)  
Mobilität von morgen. Birkhäuser, Berlin, Basel, Boston.
- Price Andrew (1999)  
Developments in Transport Policy. The new Approach to the Appraisal of Road Projects in England. In: Journal of Transport Economics and Policy, Nr. 10 (2), S. 221-226.

- Prognos (2000)  
Sensitivitäten von Angebots- und Preisänderungen im Personenverkehr. SVI-Forschungsauftrag 44/98. Basel.
- Quinet E. (2000)  
Evaluation methodologies of transportation projects in France. In: Transport Policy, Nr. 7 (1), S. 27-34.
- Romilly Peter (2004)  
Welfare evaluation with road capacity constraint, in Transport Research Part A 38, S. 287-303.
- Rothengatter W. (2000)  
Evaluation of Infrastructure Investments in Germany. In: Transport Policy, Nr. 7 (1), S. 17-25.
- SACTRA (1999)  
Transport and the Economy, Department of the Environment, Transport and the Regions, UK, <http://www.roads.dtlr.gov.uk/roadnetwork/sactra/report99>.
- Schelbert H, Maggi et al. (1988)  
Wertvolle Umwelt. Schriftenreihe Umwelt und Gesellschaft. Zürcher Kantonalbank.
- Scholles Frank (2001)  
Die Kosten-Nutzen-Analyse. Gesellschaftswissenschaftliche Grundlagen, Planungsmethoden. Institut für Landesplanung und Raumforschung, Universität Hannover. Online im Internet: [http://www.laum.uni-hannover.de/ilr/lehre/Ptm/Ptm\\_BewKna.htm](http://www.laum.uni-hannover.de/ilr/lehre/Ptm/Ptm_BewKna.htm) (19.12.2002).
- Scholles Frank (2001)  
Die Nutzwertanalyse und ihre Weiterentwicklung. Gesellschaftswissenschaftliche Grundlagen, Planungsmethoden. Institut für Landesplanung und Raumforschung, Universität Hannover. Online im Internet: [http://www.laum.uni-hannover.de/ilr/lehre/Ptm/Ptm\\_BewNwa.htm](http://www.laum.uni-hannover.de/ilr/lehre/Ptm/Ptm_BewNwa.htm) (19.12.2002).
- Scottish Executive (2003)  
Scottish Transport Appraisal Guidance. Version 1.0. September 2003. Online im Internet <https://www.scotland.gov.uk/library5/transport/stag.pdf> (25.11.2003).
- Shapiro Alan C. (1990)  
Modern Corporate Finance. Macmillan, New York und London.
- SN 506 480 (2003)  
Wirtschaftlichkeitsrechnung für Investitionen im Hochbau. Hrsg. SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein. Entwurf 7/03 zur Publikation.
- SN 640 005a (2001)  
Ganglinientypen und durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV). Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.

- SN 640 006 (1997)  
Auswertung von Strassenverkehrsunfällen. Kopfnorm. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 640 007 (1999)  
Strassenverkehrsunfälle. Unfallzahlen, Unfallrisiken, Unfallkosten. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 640 016a (1998)  
Massgebender Verkehr. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 640 027 (1998)  
Projektbearbeitung. Planungsstudie. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 640 831 (1999)  
Strassenverkehrstelematik. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 640 832 (2000)  
Strassenverkehrstelematik. Begriffssystematik. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 640 833 (2002)  
Zweckmässigkeitskriterien für Strassenverkehrsinfrastruktureinrichtungen von Strassenverkehrstelematik-Systemen. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 640 040b (1992)  
Projektierung, Grundlagen – Strassentypen. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 640 907 (2003)  
Erhaltungsmanagement. Grundlagen zur Kostenberechnung im Erhaltungsmanagement. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 641 800 (im Erscheinen)  
Beurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 641 821 (im Erscheinen)  
Diskontsatz für Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 641 822 (im Erscheinen)  
Zeitkosten im Personenverkehr. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.

- SN 641 823 (im Erscheinen)  
Zeitkosten im Güterverkehr. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 641 824 (im Erscheinen)  
Unfallraten und Unfallkostensätze im Verkehr. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 641 825 (im Erscheinen)  
Bewertung und Abschätzung der Zuverlässigkeit im Verkehr. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 641 826 (im Erscheinen)  
Betriebs- und Unterhaltskosten von Strassen. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 641 827 (im Erscheinen)  
Betriebskosten von Strassenfahrzeugen. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- SN 641 828 (im Erscheinen)  
Externe Kosten im Strassenverkehr. Hrsg. VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute.
- Sundqvist Thomas, Söderholm Patrik (2002)  
Valuing the Environmental Impacts of Electricity Generation. In: Journal of Energy Literature, Nr. VIII (2), S. 1-25.
- Suter S., Sommer H., Marti M., Wickart M., Schreyer C., Peter M., Gehrig S., Maibach M., Wüthrich P., Bickel P. Schmid S. (2001)  
The Pilote Accounts of Switzerland – Appendix Report. UNITE (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency). Deliverable 5. Funded by 5<sup>th</sup> Framework RTD Programme. ITS, University of Leeds, Leeds.
- Touring Club, Technik und Umwelt (2002)  
Kilometerkosten 2002.
- Treasury (2003)  
Supplementary Green Book Guidance – Optimism Bias. Online im Internet  
[http://www.hm-treasury.gov.uk/media//50A21/GreenBook\\_optimism\\_bias.pdf](http://www.hm-treasury.gov.uk/media//50A21/GreenBook_optimism_bias.pdf)  
(12.1.2004).
- TRL Software (2002)  
About our software products. Online im Internet:  
<http://www.trlsoftware.co.uk/productCOBAQUADRO.htm> (2.12.2002).
- TU Wien, Pfaffenbichler Paul C., Emberger Günter (2001)  
Ein strategisches Flächennutzungs-/Verkehrsmodell als Werkzeug raumrelevanter Planungen.

Turro Mateu (2000)

Evaluation of transport projects in the European Investment Bank. TRANS-TALK 2nd Workshop Brussels 6-8 November 2000.

UBA Umweltbundesamt Berlin und BUWAL Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (2004)

Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs (HBEFA). Version 2.1. Berlin, Bern.

Vickerman R. (2000)

Evaluation methodologies for Transport projects in the United Kingdom. In: Transport Policy, Nr. 7 (1), S. 7-16.

Wardman Mark, Bristow Abigail L. (2004)

Traffic related noise and air quality valuations: evidence from stated preference residential choice models. In: Transportation Research Part D 9, S. 1-27.

Welch Michael, Williams Huw (1997)

The Sensitivity of Transport Investment Benefits to the Evaluation of Small Travel-Time Savings. In: Journal of Transport Economics and Policy Nr. 31 (3), S. 231-254.

White Chris, Gordon Andrew, MacDonald Mott, Gray Peter (2001)

Economic Appraisal of Multi-Modal Transport Investments: The Development of TUBA. Department of Transport, Local Government and the Regions.

World Road Association (PIARC Committee on Financing and Economic Evaluation) (1999)

Economic Evaluation Methods for Road Projects in PIARC Member Countries.

Zapp Kerstin (2003)

Private könnten öffentliche Kassen entlasten. In: Internationales Verkehrswesen Nr. 55 (12), S. 626-628.

## **Anhang: Entwurf der Norm SN 641 820**





Stand 21.12.2005 nach Vernehmlassung

INGETRAGENE NORM DER SCHWEIZERISCHEN NORMEN-VEREINIGUNG

SNV

NORME ENREGISTREE DE L'ASSOCIATION SUISSE DE NORMALISATION

## Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr

### Grundnorm

#### INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>A Allgemeines</b>	<b>5</b>
1 Geltungsbereich	5
2 Gegenstand	5
3 Zweck	6
4 Begriffe	6
4.1 Allgemeinheit	6
4.2 Barwert (Gegenwartswert)	6
4.3 Benutzer	6
4.4 Betrachtungszeitraum	6
4.5 Betriebswirtschaftliche Analyse	6
4.6 Diskontsatz	6
4.7 Dynamische Kosten-Nutzen-Analyse	7
4.8 Ersatzinvestitionen	7
4.9 Fahr- bzw. Verkehrsleistungen	7
4.10 Faktorpreise	7
4.11 Generalisierte Transportkosten	7
4.12 Hedonic Pricing	7
4.13 Indikator	7
4.14 Konsumentenrente	8
4.15 Lebensdauer	8
4.16 Maut	8
4.17 Mehrverkehr	8
4.18 Mengengerüst	8
4.19 Nettobarwert	8
4.20 Nutzen	8
4.21 Nutzen-Kosten-Verhältnis	8
4.22 Preisstand	8
4.23 Projekt	9
4.24 Referenzfall	9
4.25 Reparatur- oder Ersatzkosten-Ansatz	9
4.26 Reserveinvestition	9
4.27 Risikoanalyse	9
4.28 Schadenskosten-Ansatz	9
4.29 Sensitivitätsanalyse	9
4.30 Staat	9
4.31 Stammverkehr	10
4.32 Teilbilanz	10

## Analyses coûts/avantages du trafic routier

### Norme de base

#### TABLE DES MATIÈRES

	Page
<b>A Généralités</b>	<b>5</b>
1 Domaine d'application	5
2 Objet	5
3 But	6
4 Définitions	6
4.1 Collectivité	6
4.2 Valeur actuelle (valeur au comptant)	6
4.3 Utilisateur	6
4.4 Période prise en considération	6
4.5 Analyse de gestion	6
4.6 Taux d'actualisation	6
4.7 Analyse coûts/avantages dynamique	7
4.8 Investissements de remplacement	7
4.9 Kilomètres parcourus/prestations de transports	7
4.10 Prix des facteurs de production	7
4.11 Coûts de transport généralisés	7
4.12 Hedonic Pricing	7
4.13 Indicateur	7
4.14 Rente du consommateur	8
4.15 Durée de vie	8
4.16 Péage	8
4.17 Trafic supplémentaire	8
4.18 Tableau des performances	8
4.19 Valeur actuelle nette	8
4.20 Avantage	8
4.21 Rapport avantages/coûts	8
4.22 Niveau des prix	8
4.23 Projet	9
4.24 Cas de référence	9
4.25 Approche par les coûts de réparation ou de remplacement	9
4.26 Investissement de réserve	9
4.27 Analyse de risque	9
4.28 Approche par les coûts des dommages	9
4.29 Analyse de sensibilité	9
4.30 Etat	9
4.31 Trafic existant	10
4.32 Bilan partiel	10

Herausgeber:  
Schweizerischer Verband der  
Strassen- und Verkehrsfachleute VSS  
Seefeldstrasse 9, 8008 Zürich

Bearbeitung:  
VSS-Fachkommission 2, Planung und Projektierung  
VSS-Expertenkommission 2.02, Verkehrsplanung

Genehmigt: Oktober 2005

Gültig ab:

Editeur:  
Association suisse des professionnels  
de la route et des transports VSS  
Seefeldstrasse 9, 8008 Zurich

Elaboration:  
Commission technique VSS 2, Planification et projets  
Commission technique VSS 2.02, Planification de la circulation

Adoptée: octobre 2005

Valable dès:

4.33	Transfer	10	4.33	Transfert	10
4.34	Treibstoffsteuer	10	4.34	Impôt sur les carburants	10
4.35	Untersuchungsraum	10	4.35	Zone étudiée	10
4.36	Vergleichszeitpunkt	10	4.36	Date de référence	10
4.37	Vermeidungskosten-Ansatz	11	4.37	Approche par les coûts d'évitement	11
4.38	Volkswirtschaftliche Analyse	11	4.38	Analyse économique	11
4.39	Wertgerüst	11	4.39	Tableau des valeurs	11
4.40	Zahlungsbereitschafts-Ansatz	11	4.40	Approche par la disposition à payer	11
5	<i>Grenzen der Aussagekraft der KNA</i>	11	5	<i>Limites de validité de l'ACA</i>	11
5.1	Bewertung monetarisierbarer Auswirkungen	11	5.1	Evaluation des effets monétarisables	11
5.2	Bewertung nicht-monetarisierbarer Auswirkungen	11	5.2	Evaluation des effets non monétarisables	11
5.3	Abgrenzung zur Umweltverträglichkeitsprüfung	12	5.3	Délimitation par rapport à l'étude d'impact sur l'environnement	12
6	<i>Kommentar zur Norm</i>	12	6	<i>Commentaire sur la norme</i>	12
7	<i>Stellung im Normenwerk des VSS</i>	12	7	<i>Place dans le recueil des normes VSS</i>	12
8	<i>Liste der Detailnormen</i>	13	8	<i>Liste des normes de détail</i>	13
<b>B</b>	<b>Typisierung der Projekte</b>	<b>13</b>	<b>B</b>	<b>Normalisation des projets</b>	<b>13</b>
9	<i>Typisierung der Projekte</i>	13	9	<i>Normalisation des projets</i>	13
<b>C</b>	<b>Ablauf einer Kosten-Nutzen-Analyse</b>	<b>14</b>	<b>C</b>	<b>Déroulement d'une analyse coûts/avantages</b>	<b>14</b>
10	<i>Ablauf einer Kosten-Nutzen-Analyse</i>	14	10	<i>Déroulement d'une analyse coûts/avantages</i>	14
10.1	Projektdefinition	15	10.1	Définition du projet	15
10.2	Bestimmung des Indikatorensystem	15	10.2	Détermination du système d'indicateurs	15
10.3	Erfassung der Wirkungen	15	10.3	Saisie des effets	15
10.4	Bewertung der Wirkungen	15	10.4	Evaluation des effets	15
10.5	Berechnung der Wirtschaftlichkeit	15	10.5	Calcul de la rentabilité	15
10.6	Sensitivitätsanalysen	15	10.6	Analyse de sensibilité	15
10.7	Darstellung und Interpretation der Ergebnisse	15	10.7	Représentation et interprétation des résultats	15
<b>D</b>	<b>Projektdefinition</b>	<b>16</b>	<b>D</b>	<b>Définition du projet</b>	<b>16</b>
11	<i>Variantenbildung</i>	16	11	<i>Création de variantes</i>	16
12	<i>Referenzfall</i>	17	12	<i>Cas de référence</i>	17
13	<i>Betrachtungszeitraum</i>	17	13	<i>Période prise en considération</i>	17
13.1	Bauliche Massnahmen	17	13.1	Mesures constructives	17
13.2	Verkehrsorganisatorische Massnahmen	17	13.2	Mesures de gestion du trafic	17
14	<i>Abgrenzung des Untersuchungsraums</i>	18	14	<i>Délimitation de la zone étudiée</i>	18
15	<i>Rahmenbedingungen</i>	18	15	<i>Conditions-cadres</i>	18
<b>E</b>	<b>Indikatorensystem</b>	<b>18</b>	<b>E</b>	<b>Système d'indicateurs</b>	<b>18</b>
16	<i>Grundsatz</i>	18	16	<i>Principe</i>	18
17	<i>Kosten- und Nutzenindikatoren in einer KNA</i>	19	17	<i>Indicateurs des coûts/avantages dans une ACA</i>	19
<b>F</b>	<b>Bildung von Teilbilanzen</b>	<b>20</b>	<b>F</b>	<b>Création de bilans partiels</b>	<b>20</b>
18	<i>Grundsätze</i>	20	18	<i>Principes</i>	20
19	<i>Teilbilanzen nach sozioökonomischen Gruppen</i>	20	19	<i>Bilans partiels selon des groupes socio-économiques</i>	20
19.1	Teilbilanz Staat	20	19.1	Bilan partiel «Etat»	20
19.2	Teilbilanz Benutzer	20	19.2	Bilan partiel «utilisateur»	20
19.3	Teilbilanz Allgemeinheit	20	19.3	Bilan partiel «collectivité»	20
20	<i>Räumliche Teilbilanzen</i>	22	20	<i>Bilans partiels spatiaux</i>	22
<b>G</b>	<b>Mengengerüst: Verkehrliche Auswirkungen</b>	<b>23</b>	<b>G</b>	<b>Tableau des performances, effets induits par le trafic</b>	<b>23</b>
21	<i>Benötigte Verkehrsdaten in einer KNA</i>	23	21	<i>Données du trafic nécessaires dans une ACA</i>	23
22	<i>Zeithorizonte</i>	23	22	<i>Horizons temporels</i>	23
23	<i>Fahrzeugkategorien</i>	24	23	<i>Catégories de véhicules</i>	24
24	<i>Strassentypen</i>	26	24	<i>Types de routes</i>	26
25	<i>Zeitabschnitte</i>	26	25	<i>Périodes</i>	26
26	<i>Ermittlung von Auswirkungen auf andere Verkehrsträger oder Verkehrsmittel</i>	26	26	<i>Détermination des effets sur les autres modes ou moyens de transport</i>	26
27	<i>Ermittlung der Auswirkungen auf die Verkehrsleistungen</i>	27	27	<i>Détermination des effets sur les prestations de transport</i>	27

28	<i>Ermittlung der Auswirkungen auf die Reisezeiten</i>	27	28	<i>Détermination des effets sur les durées de déplacement</i>	27
29	<i>Vereinfachte Abschätzung von Verkehrswirkungen</i>	27	29	<i>Evaluation simplifiée des influences du trafic</i>	27
<b>H</b>	<b>Mengengerüst: Übrige Auswirkungen</b>	<b>28</b>	<b>H</b>	<b>Tableau des performances: autres effets</b>	<b>28</b>
30	<i>Baukosten</i>	28	30	<i>Coûts de construction</i>	28
	30.1 Reserven	28		30.1 Réserves	28
	30.2 Aufteilung der Baukosten	29		30.2 Répartition des coûts de construction	29
	30.3 Restwerte	29		30.3 Valeurs résiduelles	29
31	<i>Ersatzinvestitionen</i>	29	31	<i>Investissements de remplacement</i>	29
32	<i>Landkosten</i>	29	32	<i>Coûts du terrain</i>	29
33	<i>Betriebs- und Unterhaltskosten der Strassen</i>	31	33	<i>Coûts d'exploitation et d'entretien des routes</i>	31
34	<i>Auswirkungen auf den öffentlichen Strassenverkehr</i>	31	34	<i>Effets sur les transports publics routiers</i>	31
35	<i>Reisezeitveränderungen</i>	31	35	<i>Modifications des durées de déplacement</i>	31
36	<i>Nettonutzen des Mehrverkehrs</i>	32	36	<i>Avantage net du trafic supplémentaire</i>	32
37	<i>Betriebskosten Fahrzeuge</i>	32	37	<i>Coûts d'exploitation des véhicules</i>	32
38	<i>Veränderung der Zuverlässigkeit</i>	33	38	<i>Modification de la fiabilité</i>	33
39	<i>Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr</i>	33	39	<i>Recettes des impôts sur les carburants et des péages du trafic supplémentaire</i>	33
40	<i>Veränderung der MWST-Einnahmen im öffentlichen Verkehr</i>	33	40	<i>Modification des recettes de la TVA provenant des transports publics</i>	33
41	<i>Unfälle</i>	33	41	<i>Accidents</i>	33
42	<i>Lärm</i>	33	42	<i>Bruit</i>	33
43	<i>Luftverschmutzung</i>	33	43	<i>Pollution atmosphérique</i>	33
44	<i>Klima</i>	33	44	<i>Climat</i>	33
45	<i>Externe Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur</i>	33	45	<i>Coûts externes de consommation d'énergie par l'exploitation de l'infrastructure</i>	33
46	<i>Bodenversiegelung</i>	33	46	<i>Utilisation du sol</i>	33
47	<i>Landschafts- und Ortsbild</i>	34	47	<i>Paysage et image du site</i>	34
48	<i>Nur in Teilbilanzen relevante Indikatoren</i>	34	48	<i>Indicateurs qui ne sont pertinents que dans les bilans partiels</i>	34
	48.1 Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Stammverkehr	34		48.1 Recettes des impôts sur les carburants et des péages dans le trafic existant	34
	48.2 Finanzierungskosten	34		48.2 Coûts de financement	34
<b>I</b>	<b>Bestimmung des Wertgerüsts</b>	<b>34</b>	<b>I</b>	<b>Détermination du tableau des valeurs</b>	<b>34</b>
49	<i>Grundregeln</i>	34	49	<i>Règles de base</i>	34
	49.1 Bewertungsmethode	34		49.1 Méthode d'évaluation	34
	49.2 Reale Preise und Preisstand	35		49.2 Prix réels et niveau des prix	35
	49.3 Faktorpreise	35		49.3 Prix des facteurs de production	35
	49.4 Örtliche Differenzierung	35		49.4 Différenciation locale	35
	49.5 Durchschnitts- versus Grenzkostensätze	35		49.5 Coûts unitaires moyens et coûts unitaires marginaux	35
	49.6 Entwicklung des Wertgerüsts über die Zeit	35		49.6 Développement du tableau des valeurs en fonction du temps	35
50	<i>Reisezeitveränderungen</i>	36	50	<i>Modifications des durées de déplacement</i>	36
51	<i>Betriebskosten Fahrzeuge</i>	36	51	<i>Coûts d'exploitation des véhicules</i>	36
52	<i>Veränderung der Zuverlässigkeit</i>	36	52	<i>Modification de la fiabilité</i>	36
53	<i>Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr</i>	36	53	<i>Recettes des impôts sur les carburants et des péages dues au trafic supplémentaire</i>	36
54	<i>Unfälle</i>	36	54	<i>Accidents</i>	36
55	<i>Lärm</i>	36	55	<i>Bruit</i>	36
56	<i>Luftverschmutzung</i>	37	56	<i>Pollution atmosphérique</i>	37
57	<i>Klima</i>	37	57	<i>Climat</i>	37
58	<i>Externe Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur</i>	37	58	<i>Coûts externes de consommation d'énergie lors de l'exploitation de l'infrastructure</i>	37
59	<i>Bodenversiegelung</i>	37	59	<i>Utilisation du sol</i>	37
60	<i>Landschafts- und Ortsbild</i>	37	60	<i>Paysage et image du site</i>	37
<b>J</b>	<b>Bilanzierung von Kosten und Nutzen</b>	<b>37</b>	<b>J</b>	<b>Bilan des coûts et des avantages</b>	<b>37</b>
61	<i>Vergleichszeitpunkt</i>	37	61	<i>Date de référence</i>	37
62	<i>Diskontsatz</i>	37	62	<i>Taux d'actualisation</i>	37
63	<i>Entscheidungskriterien</i>	38	63	<i>Critères de décision</i>	38
<b>K</b>	<b>Sensitivitätsanalysen</b>	<b>38</b>	<b>K</b>	<b>Analyses de sensibilité</b>	<b>38</b>
64	<i>Sensitivitätsanalysen</i>	38	64	<i>Analyses de sensibilité</i>	38

<b>L</b>	<b>Darstellung und Interpretation der Ergebnisse</b>	<b>39</b>	<b>L</b>	<b>Représentation et interprétation des résultats</b>	<b>39</b>
65	<i>Darstellung der Ergebnisse eines Projektes</i>	39	65	<i>Représentation des résultats d'un projet</i>	39
66	<i>Interpretation der Ergebnisse</i>	39	66	<i>Interprétation des résultats</i>	39
67	<i>Entscheid unter Einbezug der Sensitivitätsanalysen</i>	42	67	<i>Décision en prenant en compte des analyses de sensibilité</i>	42
	67.1 Bestimmung der Vorteilhaftigkeit eines Projektes	42		67.1 Détermination de la profitabilité d'un projet	42
	67.2 Bestimmung der Rangliste verschiedener Projekte	42		67.2 Détermination du classement de différents projets	42
68	<i>Darstellung und Interpretation der Teilbilanzen</i>	42	68	<i>Représentation et interprétation des bilans partiels</i>	42
	68.1 Darstellung der Teilbilanzen	42		68.1 Représentation des bilans partiels	42
	68.2 Interpretation der Teilbilanzen	43		68.2 Interprétation des bilans partiels	43
69	<i>Grenzen der Aussagekraft der KNA</i>	43	69	<i>Limites de validité de l'ACA</i>	43
<b>M</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>46</b>	<b>M</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>46</b>

## A Allgemeines

### 1 Geltungsbereich

Diese Norm gilt für die Bewertung der volkswirtschaftlichen Effizienz von Infrastrukturinvestitionen im Strassenverkehr im Rahmen einer dynamischen Kosten-Nutzen-Analyse (KNA). Mit der Norm sind aber auch Aussagen zu den Kosten und Nutzen von verkehrspolitischen Massnahmen oder Vorschriften möglich.

Die Norm hat einen breiten Anwendungsbereich

- Mit dieser Norm werden Projekte im Strassenverkehr bewertet. Viele Überlegungen in der Norm sind aber auch auf Projekte anderer Verkehrsträger übertragbar
- Die Norm dient in erster Linie der Beurteilung von Infrastrukturprojekten, doch erlaubt sie auch bei weiteren verkehrspolitischen Massnahmen (z.B. Abgaben) oder verkehrsorganisatorischen Massnahmen (z.B. Geschwindigkeitslimiten) eine Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen
- Die Norm ist auf eine volkswirtschaftliche Gegenüberstellung der Vor- und Nachteile ausgerichtet. Allerdings lassen sich im Rahmen von Teilbilanzen auch betriebswirtschaftliche Fragestellungen und Verteilungsfragen beantworten
- Die Norm ermöglicht Projekte sowohl ex ante als auch ex post zu beurteilen. Die Anwendung ex ante steht dabei im Vordergrund

### 2 Gegenstand

Die Norm regelt die zusammenfassende Bewertung aller monetären Aspekte von Infrastrukturinvestitionen und politischen Massnahmen im Strassenverkehr und legt fest

- verschiedene Typen von Projekten für Kosten-Nutzen-Analysen
- den generellen Ablauf einer Kosten-Nutzen-Analyse
- den Referenzfall, mit dem eine Projekt verglichen wird
- die räumliche und zeitliche Abgrenzung des Projektes
- die zu berücksichtigenden Indikatoren (auch für Teilbilanzen)
- die Anforderungen an das Verkehrsmodell
- die Anforderungen an die Wahl von Wertansätzen für die einzelnen Indikatoren
- die zeitliche und sachliche Aggregation der einzelnen Kosten- und Nutzenkomponenten und die Wahl des Entscheidungskriteriums als Resultat der Kosten-Nutzen-Analyse
- notwendige Sensitivitätsanalysen
- die Rangliste verschiedener Projekte und Projektvarianten aus Sicht der KNA

## A Généralités

### 1 Domaine d'application

Cette norme est applicable à l'évaluation de l'efficacité économique des investissements destinés aux infrastructures routières dans le cadre d'une analyse coûts/avantages dynamique (ACA). Cette norme permet aussi de juger les coûts et les avantages de mesures en matière de politique des transports ou de prescriptions de circulation.

La norme possède un vaste domaine d'application

- Cette norme sert à évaluer des projets routiers. Cependant, bien des réflexions contenues dans la norme peuvent aussi être appliquées lors de l'évaluation de projets concernant d'autres modes de transport
- La norme sert en premier lieu à juger des projets d'infrastructure; elle permet aussi cependant de confronter les coûts et les avantages pour d'autres mesures en matière de politique des transports (par ex., les taxes) ou des mesures de gestion du trafic (par ex., les limitations de vitesse)
- La norme se base sur une confrontation macro-économique des avantages et inconvénients. Néanmoins, on peut également répondre d'un point de vue de gestion aux questions soulevées et aux problèmes de répartition dans le cadre de bilans partiels
- La norme permet de juger les projets aussi bien ex ante (antérieurement) que ex post (postérieurement). L'application ex ante est la plus commune

### 2 Objet

La norme règle l'évaluation complète de tous les aspects monétaires des investissements pour les infrastructures routières ainsi que des mesures politiques et établit

- différents types de projets soumis à des analyses coûts/avantages
- le déroulement d'une analyse coûts/avantages
- le cas de référence avec lequel on compare un projet
- la délimitation spatio-temporelle du projet
- les indicateurs à prendre en compte (également pour les bilans partiels)
- les exigences en matière de modèle de transport
- les exigences quant au choix des valeurs pour les différents indicateurs
- l'agrégation temporelle et matérielle des diverses composantes des coûts/avantages et le choix du critère de décision en tant que résultat de l'ACA
- les analyses de sensibilité nécessaires
- le classement des différents projets et variantes de projet du point de vue de l'ACA

### 3 Zweck

Die Norm legt dar, wie Kosten und Nutzen einer Infrastrukturinvestition (oder einer verkehrspolitischen Massnahme) im Strassenverkehr einander gegenüberzustellen und zu bewerten sind. Das Ergebnis einer Kosten-Nutzen-Analyse gibt Auskunft, ob sich die Realisierung eines Projektes im Vergleich zum Referenzfall aus Sicht der ökonomischen Effizienz lohnt, d.h. ob die volkswirtschaftlichen Nutzen des Projekts höher sind als dessen volkswirtschaftliche Kosten.

Zusätzlich können mit der Kosten-Nutzen-Analyse verschiedene Projekte oder Projektvarianten miteinander verglichen werden und bezüglich ihrer Vorteilhaftigkeit in eine Rangfolge gebracht werden. Dies erlaubt es, die knappen finanziellen Mittel dort einzusetzen, wo der volkswirtschaftliche Nutzen am grössten ist.

Im Rahmen von Teilbilanzen sind auch Aussagen zu den Verteilungswirkungen eines Projektes auf verschiedene Akteure oder Regionen möglich.

### 4 Begriffe

#### 4.1 Allgemeinheit

Zur Allgemeinheit zählen wir hier den Staat sowie die von den Verkehrsauswirkungen betroffenen Dritten, welche nicht unmittelbar die Verkehrsinfrastruktur benutzen.

#### 4.2 Barwert (Gegenwartswert)

Der Barwert ist der Wert eines Kosten- oder Nutzenstromes im Vergleichszeitpunkt. Bei der Berechnung des Barwertes werden die Kosten oder Nutzen verschiedener Jahre auf den Vergleichszeitpunkt auf- bzw. abdiskontiert.

#### 4.3 Benutzer

Unter Benutzer einer Verkehrsinfrastruktur werden sämtliche Verkehrsteilnehmer verstanden. Neben dem motorisierten Individualverkehr (MIV) und dem öffentlichen Verkehr (ÖV) sind also auch Fussgänger und Velofahrer eingeschlossen.

#### 4.4 Betrachtungszeitraum

Der Betrachtungszeitraum entspricht dem Zeitraum, für den die Kosten und Nutzen einer Massnahme in der KNA berücksichtigt werden.

#### 4.5 Betriebswirtschaftliche Analyse

Eine betriebswirtschaftliche Analyse ist eine Bewertung der betriebswirtschaftlichen Rentabilität, bei der nur die Kosten und Nutzen berücksichtigt werden, die für den Betreiber der Infrastruktur relevant sind. Die betriebswirtschaftliche Analyse ist eine Teilbilanz der KNA.

#### 4.6 Diskontsatz

Mit dem Diskontsatz werden Kosten- und Nutzenströme auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt diskontiert, um sie miteinander zu vergleichen (siehe SN 641 821 «Diskontsatz für Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr» [8]).

### 3 But

La norme montre comment les coûts et les avantages d'un investissement pour une infrastructure routière (ou pour une mesure en matière de politique des transports) sont confrontés et évalués. Le résultat d'une ACA détermine si la réalisation d'un projet vaut la peine du point de vue de l'efficacité économique par rapport à un cas de référence, c'est-à-dire si les avantages économiques du projet sont plus importants que ses coûts.

On peut de plus comparer divers projets ou variantes de projet entre eux grâce à l'ACA et les classer en fonction de leur rentabilité. Cela permet d'utiliser des moyens financiers limités là où l'avantage économique est le plus grand.

On peut également apprécier les effets de répartition d'un projet sur les différents acteurs ou régions dans le cadre de bilans partiels.

### 4 Définitions

#### 4.1 Collectivité

L'état ainsi que les tiers touchés par les effets du trafic mais qui ne profitent pas directement de l'infrastructure de transport composent la collectivité.

#### 4.2 Valeur actuelle (valeur au comptant)

La valeur actuelle est la valeur d'un flux de coûts ou d'avantages à une date de référence. Lors du calcul de la valeur actuelle, les avantages ou les coûts pris sur plusieurs années sont capitalisés par rapport à la date de référence.

#### 4.3 Utilisateur

Tous les usagers sont inclus dans le terme "utilisateur". Outre les utilisateurs du transport individuel motorisé (TIM) et des transports publics (TP), les piétons et les cyclistes sont donc aussi inclus.

#### 4.4 Période prise en considération

La période prise en considération correspond à la période durant laquelle les coûts et les avantages engendrés par une mesure sont pris en compte dans l'ACA.

#### 4.5 Analyse de gestion

Une analyse de gestion est une évaluation de la rentabilité gestionnaire dans laquelle seuls les coûts et les avantages pertinents pour l'exploitant de l'infrastructure sont pris en compte. L'analyse de gestion est un bilan partiel de l'ACA.

#### 4.6 Taux d'actualisation

Les flux des coûts et des avantages sont capitalisés à l'aide du taux d'actualisation à une date de référence commun afin de les comparer entre eux (voir SN 641 821 «Taux d'actualisation pour les analyses coûts/avantages du trafic» [8]).

#### 4.7 Dynamische Kosten-Nutzen-Analyse

In einer dynamischen Kosten-Nutzen-Analyse werden der unterschiedliche zeitliche Anfall der Kosten und Nutzen sowie die zeitliche Entwicklung der verschiedenen Auswirkungen des Projekts berücksichtigt. Eine dynamische Kosten-Nutzen-Analyse erlaubt eine viel zuverlässigere Untersuchung der Auswirkungen eines Projektes als eine statische KNA, in der nur ein typisches Jahr nach der Eröffnung des Bauwerks betrachtet wird.

#### 4.8 Ersatzinvestitionen

Ersatzinvestitionen sind Investitionen, welche während der Nutzungszeit einer Infrastruktur nötig werden, um deren Funktionsfähigkeit aufrecht zu erhalten. Dabei sind grundsätzlich zwei Arten zu unterscheiden

- Planmässige Ersatzinvestitionen, die bereits zum Zeitpunkt des Infrastrukturbaus erwartet werden, z.B. wegen unterschiedlicher Lebensdauer von verschiedenen Elementen einer Massnahme. Planmässige Ersatzinvestitionen müssen in der KNA für das ganze Projekt berücksichtigt werden
- Ausserplanmässige Ersatzinvestitionen, welche unerwartet anfallen (z.B. Ersatzinvestitionen wegen einer Beschädigung der Infrastruktur durch einen Unfall)

#### 4.9 Fahr- bzw. Verkehrsleistungen

Fahr- bzw. Verkehrsleistungen entsprechen dem Total der pro Zeiteinheit von Fahrzeugen bzw. Personen gefahrenen Kilometer. Die Einheit ist Fahrzeugkilometer bzw. Personenkilometer. Das Verhältnis der beiden Grössen ist der Fahrzeugbesetzungsgrad.

#### 4.10 Faktorpreise

Kosten zu Marktpreisen abzüglich der indirekten Steuerbelastung (z.B. durch MWST und Treibstoffsteuern) werden Faktorpreise genannt.

#### 4.11 Generalisierte Transportkosten

Die generalisierten Transportkosten entsprechen der Summe aus den (monetär bewerteten) Zeitkosten, den (monetarisierten) Kosten der (Un-) Zuverlässigkeit, den Betriebskosten des Fahrzeugs (inkl. Treibstoff ohne Steuern), den Abgaben für Treibstoffsteuern und Maut, sowie dem (bisher nicht monetarisierbaren) Komfortergebnis.

#### 4.12 Hedonic Pricing

Hedonic Pricing ist ein Ansatz zur Bewertung von Gütern, für die kein direkter Markt besteht. Mit statistischen Methoden wird der Preis dieser Güter aus den Marktpreisen von Gütern, in denen sie enthalten sind, bestimmt (z.B. Preis der Ruhe im Mietpreis). Siehe auch Abbildung 3.

#### 4.13 Indikator

Ein Indikator ist eine messbare Grösse, deren Einheit und Messverfahren festgelegt ist, und mit der ein Sachverhalt (z.B. der Erreichungsgrad eines verfolgten Zieles) beurteilt wird.

#### 4.7 Analyse coûts/avantages dynamique

Il s'agit d'une ACA dans laquelle les diverses occurrences temporelles des coûts et des avantages ainsi que le développement dans le temps des différents effets du projet sont pris en compte. Une analyse coûts/avantages dynamique permet un examen beaucoup plus fiable des effets d'un projet qu'une ACA statique dans laquelle seule une année typique après l'ouverture de l'ouvrage est considérée.

#### 4.8 Investissements de remplacement

Investissements nécessaires durant la période d'utilisation d'une infrastructure afin de maintenir sa capacité fonctionnelle. Deux sortes d'investissements de remplacement sont fondamentalement à différencier

- Investissements de remplacement planifiés auxquels on peut déjà s'attendre lors de la construction de l'infrastructure, par ex. à cause de durées de vie différents des divers éléments d'une infrastructure. Les investissements de remplacement planifiés doivent être pris en compte dans l'ACA pour tout le projet
- Investissements de remplacement hors planification qui se produisent de manière inattendue (par ex. investissements de remplacement à cause d'un dégât à l'infrastructure provoqué par un accident)

#### 4.9 Kilomètres parcourus/prestations de transports

Les kilomètres parcourus/prestations de transport correspondent au total des kilomètres parcourus par des véhicules, respectivement des personnes par unité de temps. L'unité est le véhicule-kilomètre, respectivement la personne-kilomètre. Le rapport entre les deux grandeurs donne le taux d'occupation du véhicule.

#### 4.10 Prix des facteurs de production

On appelle prix des facteurs de production les coûts aux prix du marché moins la charge d'impôts indirecte (par ex. par la TVA et les impôts sur les carburants).

#### 4.11 Coûts de transport généralisés

Les coûts de transport généralisés correspondent à la somme des coûts horaires (évalués monétairement), des coûts de la (non-) fiabilité (monétarisés), des coûts d'exploitation du véhicule (y c. le carburant, sans les taxes), des impôts sur les carburants et des péages ainsi que le sentiment de confort (non monétarisé jusqu'à présent).

#### 4.12 Hedonic Pricing

L'Hedonic Pricing est une approche servant à évaluer les biens pour lesquels il n'existe pas de marché direct. Le prix de ces biens est déterminé à l'aide de méthodes statistiques à partir de prix de marché pour les biens qui les englobent (par ex., prix de la tranquillité inclus dans le prix du loyer). Voir également la figure 3.

#### 4.13 Indicateur

Un indicateur est une grandeur mesurable dont l'unité et la méthode de mesure est déterminée et au moyen de laquelle un fait est évalué (par ex., le degré de réalisation d'un but poursuivi).

#### 4.14 Konsumentenrente

Die Konsumentenrente entspricht dem Nettonutzen aus dem Konsum, d.h. dem gesamten Nutzen der Konsumenten beim Konsum eines Gutes abzüglich der Kosten für den Kauf und die Nutzung des Gutes.

#### 4.15 Lebensdauer

Die Lebensdauer eines Baubestandteils ist der Zeitraum von der Erstellung bis zum Zeitpunkt, an dem der Baubestandteil nicht mehr funktionsfähig ist und deshalb ersetzt werden muss.

#### 4.16 Maut

Die Maut ist eine Strassenbenützungsgebühr. Die wichtigste Maut, die heute auf Schweizer Strassen erhoben wird, ist die LSVA (leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe) im Güterverkehr.

#### 4.17 Mehrverkehr

Der durch das Projekt ausgelöste Mehrverkehr im Strassennetz ist die Summe derjenigen Fahrten,

- die dank dem Projekt neu generiert werden (bisher keine Fahrt, auch Neuverkehr genannt)
- die aufgrund des Umsteigens von anderen Verkehrsträgern auf die Strasse zustande kommen (bisher Fahrt mit anderem Verkehrsträger)
- die auf eine veränderte Zielwahl zurückzuführen sind (bisher Fahrt an einen anderen Ort)

#### 4.18 Mengengerüst

Das Mengengerüst weist die Veränderungen durch ein Projekt in physikalischen Einheiten (z.B. Verkehrsmenge, Anzahl Unfälle etc.) gegenüber dem Referenzfall aus.

#### 4.19 Nettobarwert

Der Nettobarwert (eines Projektes) ist die Differenz aller auf den Vergleichszeitpunkt auf- bzw. abdiskontierten Nutzen und Kosten. Ist der Nettobarwert grösser als Null, sind die Nutzen des Projektes grösser als die Kosten.

#### 4.20 Nutzen

Der Nutzen umfasst die gesamten Vorteile, die aus dem Konsum eines Gutes oder einer Dienstleistung gezogen werden sowie den externen Nutzen, d.h. die Vorteile, die andere Akteure aus dem Konsum (oder Konsumverzicht) ziehen (z.B. bessere Luftqualität, wenn weniger Autos fahren).

#### 4.21 Nutzen-Kosten-Verhältnis

Das Nutzen-Kosten-Verhältnis entspricht der Division der auf- / abdiskontierten Nutzen durch die auf / abdiskontierten Kosten. Das Nutzen-Kosten-Verhältnis misst die Rentabilität eines Projektes und eignet sich zur Bildung einer Rangliste verschiedener Projekte oder Projektvarianten.

#### 4.22 Preisstand

Alle Geldwerte werden zu Werten eines bestimmten Jahres ausgedrückt. Dieses Jahr wird Preisstand genannt.

#### 4.14 Rente du consommateur

La rente du consommateur correspond à un avantage net provenant de la consommation, c'est-à-dire avantage total des consommateurs lors de la consommation d'un bien moins les coûts de l'achat et de l'utilisation du bien.

#### 4.15 Durée de vie

La durée de vie d'un élément d'ouvrage correspond à l'intervalle de temps entre sa construction et le moment où il n'est plus en état de fonctionner et doit donc être remplacé.

#### 4.16 Péage

Le péage est une taxe d'utilisation d'une route. Le péage le plus important perçu aujourd'hui sur les routes suisses est la RPLP (Redevance sur le trafic des poids lourds liée aux prestations) perçue sur le trafic des marchandises.

#### 4.17 Trafic supplémentaire

Le trafic supplémentaire sur le réseau routier par le projet d'infrastructure correspond à la somme des trajets,

- qui sont générés grâce au projet (jusqu'alors aucun trajet, appelé également trafic induit)
- qui se font désormais sur la route à la suite d'un transfert des autres modes de transport (jusqu'alors, trajet au moyen d'autres modes de transport)
- qui conduisent au choix d'une autre destination (jusqu'alors, trajet vers un autre lieu)

#### 4.18 Tableau des performances

Le tableau des performances donne les modifications causées par un projet d'infrastructure dans les unités originales par rapport à un état de référence donné (par ex., charges de trafic, nombre d'accidents, etc.).

#### 4.19 Valeur actuelle nette

La valeur actuelle nette (d'un projet) est la différence entre tous les avantages et les coûts capitalisés par rapport à la date de référence. Si la valeur actuelle nette est plus grande que zéro, cela signifie que les avantages du projet d'infrastructure sont plus grands que ses coûts.

#### 4.20 Avantage

L'avantage inclut tous les bénéfices tirés de la consommation d'un bien ou d'un service ainsi que l'avantage externe, à savoir les bénéfices tirés par les autres acteurs de cette consommation ou de cette non-consommation (par ex., meilleure qualité de l'air si moins d'autos circulent).

#### 4.21 Rapport avantages/coûts

Le rapport avantages/coûts correspond à la division des avantages capitalisés par les coûts capitalisés. Le rapport avantages/coûts mesure la rentabilité d'un projet et permet de classer différents projets ou variantes de projets.

#### 4.22 Niveau des prix

Toutes les valeurs monétaires sont exprimées par rapport à une année déterminée. Cette année est nommée «niveau des prix».

#### 4.23 Projekt

Ein Projekt ist ein definiertes Bündel von Massnahmen, welches eine bestehende Situation im Strassennetz in einen neuen Zustand überführt.

#### 4.24 Referenzfall

Der Referenzfall ist die Entwicklung, die eintreffen würde, wenn im untersuchten Fall keine Massnahmen getroffen werden (vgl. Ziffer 12).

#### 4.25 Reparatur- oder Ersatzkosten-Ansatz

Mit dem Reparatur- oder Ersatzkosten-Ansatz werden Güter bewertet, für die es keinen Markt gibt. Dabei werden die Kosten von Massnahmen ermittelt, die den entstandenen Schaden reparieren oder das beschädigte Gut ersetzen. Siehe auch Abbildung 3.

#### 4.26 Reserveinvestition

Reserveinvestitionen sind Vorinvestitionen im Rahmen eines Projektes A, die aber eigentlich Teil eines anderen Projektes B sind, welches eventuell zu einem späteren Zeitpunkt gebaut wird.

#### 4.27 Risikoanalyse

Eine Risikoanalyse ist eine Untersuchung, in der die Risiken eines Projektes abgeschätzt werden, die z.B. zu einer Veränderung der Baukosten, der Bauzeit oder der Nutzung führen können.

#### 4.28 Schadenskosten-Ansatz

Mit dem Schadenskosten-Ansatz werden Güter bewertet, für die es keinen Markt gibt. Die Abschätzung des entstehenden Schadens (z.B. durch Luftverschmutzung, Lärm oder Unfälle) erfolgt entweder über Hedonic Pricing (vgl. Ziffer 4.12) oder über den Zahlungsbereitschaftsansatz (vgl. Ziffer 4.40). Siehe auch Abbildung 3.

#### 4.29 Sensitivitätsanalyse

Eine Sensitivitätsanalyse ist eine Untersuchung, in der betrachtet wird, wie sich das Ergebnis verändert, wenn gewisse Grundannahmen der KNA verändert werden.

#### 4.30 Staat

Unter Staat sind sämtlichen institutionellen Ebenen (Gemeinde, Kanton, Bund) gemeint. Im Rahmen der KNA besitzt der Staat verschiedene Funktionen: Er ist in den meisten Fällen der Investor und Betreiber der (Strassen-) Infrastruktur. Daneben ist er als Empfänger der Treibstoff- und Mehrwertsteuern von Verkehrsprojekten betroffen. Ferner hat der Staat als Sachwalter der Allgemeinheit die Aufgabe, das gesamtgesellschaftliche Wohl zu fördern. Ausserdem besitzt der Staat die Entscheidungskompetenz über die Projekt- oder Variantenwahl.

#### 4.23 Projet

Un projet est un ensemble de mesures qui mène d'une situation existante du réseau routier à une nouvelle situation.

#### 4.24 Cas de référence

Le cas de référence est un développement qui se produirait si aucune mesure n'était prise dans le cas examiné (voir chiffre 12).

#### 4.25 Approche par les coûts de réparation ou de remplacement

Avec l'approche par les coûts de réparation ou de remplacement, on évalue les biens pour lesquels il n'existe aucun marché. De la sorte, on recherche les coûts des mesures pour réparer les dégâts produits ou pour remplacer le bien endommagé. Voir également la figure 3.

#### 4.26 Investissement de réserve

Les investissements de réserve sont des investissements anticipés dans le cadre d'un projet d'infrastructure A, qui fait partie en fait d'un autre projet B qui sera éventuellement construit plus tard.

#### 4.27 Analyse de risque

Une analyse de risque consiste en un examen des risques inhérents d'un projet qui peuvent conduire par exemple à une modification des coûts de construction, de la durée de la construction ou d'utilisation.

#### 4.28 Approche par les coûts des dommages

Avec l'approche par les coûts des dommages, on évalue des biens pour lesquels il n'existe aucun marché. L'évaluation des dégâts produits (par ex., par la pollution atmosphérique, le bruit ou les accidents) se fait au moyen de l'Hedonic Pricing (voir chiffre 4.12) ou au travers de la disposition à payer (voir chiffre 4.40). Voir également la figure 3.

#### 4.29 Analyse de sensibilité

Une analyse de sensibilité est un examen dans lequel est observé comment le résultat varie lorsqu'on modifie certaines hypothèses de base de l'ACA.

#### 4.30 Etat

Tous les niveaux institutionnels (communes, cantons, Confédération) sont inclus sous le vocable "Etat". L'Etat exerce diverses fonctions dans le cadre de l'ACA: il est dans la plupart des cas l'investisseur et l'exploitant de l'infrastructure (routière). De plus, il est concerné par les projets de trafic en tant que percepteur des impôts sur les carburants et de la TVA. En tant que responsable de la collectivité, l'Etat a en outre la tâche de promouvoir le bien-être de toute la société. Enfin, c'est à l'Etat que revient la compétence de décider quant aux projets ou au choix des variantes.

#### 4.31 Stammverkehr

Der Stammverkehr ist die vom Projekt nicht veränderte Verkehrsmenge pro Zeiteinheit, d.h. die Verkehrsmenge, die sowohl mit als auch ohne Projekt auf einer Relation von i nach j fährt (d.h. Minimum der Fahrten mit bzw. ohne Projekt).

#### 4.32 Teilbilanz

Eine Teilbilanz ist eine Teilaggregation der in einer KNA berücksichtigten Indikatoren. KNA-Teilbilanzen dienen dazu, Verteilungswirkungen eines Projekts aufzuzeigen. Es werden sozioökonomische Teilbilanzen und räumliche Teilbilanzen unterschieden. Teilbilanzen ändern nichts am Resultat der aggregierten KNA oder an der Reihenfolge der Varianten.

#### 4.33 Transfer

Ein Transfer ist ein Geldfluss von einem Akteur zum anderen, der volkswirtschaftlich (d.h. in einer KNA) nicht relevant ist, da der Gewinn des einen dem Verlust des anderen entspricht. Transfers sind nur für Verteilungsfragen von Bedeutung.

#### 4.34 Treibstoffsteuer

Die Steuern auf Treibstoffe setzen sich aus Mineralölsteuer, Mineralölsteuerzuschlag, Carbur-Gebühr (für die Lagerhaltung der Treibstoffe) sowie der MWST auf dem Verkaufspreis der Treibstoffe zusammen.

#### 4.35 Untersuchungsraum

Der Untersuchungsraum ist ein räumlich abgegrenztes Gebiet, innerhalb dessen die durch ein Projekt entstehenden Kosten und Nutzen in der KNA berücksichtigt werden. Er soll so klein wie möglich und so gross wie nötig sein, damit die wesentlichen Auswirkungen erfasst werden. Der Untersuchungsraum der KNA umfasst das direkt betroffene Gebiet und das Einflussgebiet und muss zusammenhängend definiert sein

- Das direkt betroffene Gebiet umfasst das Gebiet, in dem das Projekt relevante Auswirkungen besitzt. Die Auswirkungen können unmittelbar (Landverbrauch, Auswirkungen auf das Ortsbild etc.) oder Folge von veränderten Verkehrsbelastungen sein (z.B. Veränderung der Lärm- oder Luftbelastung). Auswirkungen aufgrund von veränderten Verkehrsbelastungen werden als relevant bezeichnet, wenn sich die Verkehrsmenge um mehr als 5% oder um mehr als 1'000 Fahrzeuge im durchschnittlichen Tagesverkehr (DTV) ändert
- Das Einflussgebiet umfasst das Gebiet, in dem die zur Berechnung der Verkehrsaufkommen im direkt betroffenen Gebiet relevanten Wunschlinien beginnen oder enden (Ziel- und Quellverkehr) sowie das zugehörige Netz

#### 4.36 Vergleichszeitpunkt

Der Vergleichszeitpunkt ist der Zeitpunkt, auf den hin Kosten und Nutzen ab- bzw. aufdiskontiert werden.

#### 4.31 Trafic existant

Le trafic existant est la charge de trafic non modifiée par le projet par unité de temps, c'est-à-dire charge de trafic se déplaçant de i à j aussi bien avec que sans le projet (soit le minimum des trajets avec, respectivement sans projet).

#### 4.32 Bilan partiel

Un bilan partiel est une agrégation partielle des indicateurs pris en compte dans une ACA. Les bilans partiels de l'ACA servent à présenter les effets d'un projet du point de vue de la répartition des coûts comme des avantages. On distingue entre les bilans partiels socio-économiques et les bilans partiels spatiaux. Les bilans partiels ne changent rien au résultat d'une ACA agrégée ou au classement des variantes.

#### 4.33 Transfert

Un transfert est un flux financier d'un acteur à l'autre, non pertinent d'un point de vue économique (c'est-à-dire dans le cadre d'une ACA), car le gain de l'un correspond à la perte de l'autre. Les transferts n'ont une signification que dans les questions de répartition.

#### 4.34 Impôt sur les carburants

Les impôts sur les carburants comprennent les droits d'entrée sur les carburants, la taxe supplémentaire sur les carburants (surtaxe), la taxe Carbur (pour le stockage des carburants) ainsi que la TVA sur le prix de vente des carburants.

#### 4.35 Zone étudiée

La zone étudiée est une zone délimitée dans l'espace à l'intérieur de laquelle les coûts et les avantages engendrés par un projet sont pris en compte dans l'ACA. Elle doit être à la fois aussi petite que possible et aussi grande que nécessaire pour prendre en compte les effets principaux. La zone étudiée comprend la zone directement touchée et la zone d'influence qui doivent être définies de manière cohérente

- La zone directement touchée comprend la zone dans laquelle le projet a des effets importants. Les effets peuvent être directs (utilisation de terrain, effet sur l'image du site, etc.) ou être dus à la modification des charges de trafic (par ex., modification des nuisances sonores ou de la pollution de l'air). Les effets résultant de charges de trafic modifiées sont qualifiés d'importants lorsqu'elles varient de plus de 5% ou de plus de 1'000 véhicules en trafic journalier moyen (TJM)
- La zone d'influence comprend la zone dans laquelle les lignes de charge importantes pour le calcul du trafic dans la zone directement touchée débutent ou se terminent (trafic de destination / d'origine) ainsi que le réseau qui s'y rattache

#### 4.36 Date de référence

La date de référence est la date à laquelle les coûts et avantages sont capitalisés.

#### 4.37 Vermeidungskosten-Ansatz

Mit dem Vermeidungskosten-Ansatz werden Güter bewertet, für die es keinen Markt gibt. Dabei werden die Kosten von Massnahmen abgeschätzt, welche die Entstehung von Schäden verhindern. Siehe auch Abbildung 3.

#### 4.38 Volkswirtschaftliche Analyse

Eine volkswirtschaftliche Analyse ist eine Bewertung aller relevanten (positiven und negativen) Auswirkungen eines Projektes (im Gegensatz zur betriebswirtschaftlichen Analyse, in der die betriebswirtschaftliche Rentabilität untersucht wird). Die KNA ist eine volkswirtschaftliche Analyse (der monetarisierbaren Auswirkungen, vgl. Ziffer 5).

#### 4.39 Wertgerüst

Das Wertgerüst umfasst die Kostensätze, die zur monetären Bewertung der physikalischen Veränderungen durch das Projekt (Mengengerüst) benötigt werden.

#### 4.40 Zahlungsbereitschafts-Ansatz

Mit dem Zahlungsbereitschafts-Ansatz werden Güter bewertet, für die es keinen Markt gibt. Mittels spezieller Umfragen wird ermittelt, wie viel die Bevölkerung für ein bestimmtes Gut zu zahlen bereit ist. Die Umfrageergebnisse stammen also von einem hypothetischen Markt. Siehe auch Abbildung 3.

### 5 Grenzen der Aussagekraft der KNA

#### 5.1 Bewertung monetarisierbarer Auswirkungen

Die KNA ist die beste Bewertungsmethode für monetarisierbare Effekte eines Projektes. Die übrigen Bewertungsmethoden – die Wirksamkeits-Analyse, die Kosten-Wirksamkeits-Analyse, die Vergleichswert-Analyse und die Nutzwert-Analyse – weisen bei der Bewertung von monetarisierbaren Auswirkungen Schwächen auf.

#### 5.2 Bewertung nicht-monetarisierbarer Auswirkungen

Nicht-monetarisierbare Effekte eines Projektes können mit einer KNA nicht beurteilt werden. Diese Effekte müssen deshalb ausserhalb der KNA berücksichtigt werden. Zur Berücksichtigung nicht-monetarisierbarer Auswirkungen werden in dieser Norm keine Vorgaben gemacht. Trotzdem können die nicht-monetarisierbaren Effekte für den Entscheid für oder gegen ein Projekt, für die Auswahl einer bestimmten Projektvariante oder für die Reihenfolge verschiedener Projekte massgeblich sein: Eine alleinige Abstützung auf die KNA ist für eine umfassende Projektbeurteilung nicht ausreichend und kann zu Fehlentscheidungen führen. Nicht-monetarisierbare Auswirkungen können mit der SN 641 800 «Beurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele» [7] miteinbezogen werden.

#### 4.37 Approche par les coûts d'évitement

Avec l'approche par les coûts d'évitement, on évalue des biens pour lesquels il n'existe aucun marché. De la sorte, on évalue les coûts des mesures destinées à prévenir les dégâts. Voir également la figure 3.

#### 4.38 Analyse économique

Une analyse économique est une évaluation de tous les effets déterminants (positifs et négatifs) d'un projet (au contraire de l'analyse de gestion dans laquelle on analyse la rentabilité d'un point de vue gestionnaire). L'ACA est une analyse économique (des effets monétarisables, voir chiffre 5).

#### 4.39 Tableau des valeurs

Le tableau des valeurs comprend les coûts unitaires dont on a besoin pour l'évaluation monétaire des modifications physiques engendrées par le projet (tableau des performances).

#### 4.40 Approche par la disposition à payer

Avec l'approche par la disposition à payer, on évalue des biens pour lesquels il n'existe aucun marché. La disposition de la population à payer pour un bien précis est déterminée au moyen d'enquêtes (sondages d'opinion spécifiques). Les résultats de l'enquête proviennent donc d'un marché hypothétique. Voir également la figure 3.

### 5 Limites de validité de l'ACA

#### 5.1 Evaluation des effets monétarisables

L'ACA est la meilleure méthode d'évaluation des effets monétarisables d'un projet. Les autres méthodes d'évaluation – l'analyse d'efficacité, l'analyse coûts/efficacité, l'analyse des valeurs comparatives et l'analyse d'utilité – présentent des faiblesses lors de l'évaluation des effets monétaires.

#### 5.2 Evaluation des effets non monétarisables

Les effets non monétarisables d'un projet ne peuvent pas être évalués avec une ACA. Il s'agit donc de tenir compte de ces effets en dehors de l'ACA. Aucune recommandation n'est donnée dans cette norme pour prendre en compte ces effets. Néanmoins, ces derniers peuvent être déterminants pour la décision en faveur ou contre un projet, pour le choix d'une variante déterminée ou pour le classement de divers projets: s'appuyer seulement sur l'ACA dans le cas d'un projet complet ne suffit pas et peut mener à des décisions erronées. Les effets non monétarisables peuvent être intégrés au moyen de la norme SN 641 800 «Appréciation des projets d'infrastructure routière sur la base des principes du développement durable» [7].

### 5.3 Abgrenzung zur Umweltverträglichkeitsprüfung

Die Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte (z.B. Grenzwerte der Luftreinhaltung) wird mit der KNA nicht untersucht. Deshalb muss ein Projekt auch eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchlaufen: Die KNA und die UVP haben unterschiedliche Ziele und können einander nicht ersetzen, sondern ergänzen sich gegenseitig. Zusätzlich zu einer KNA muss folglich auch die Einhaltung gesetzlicher Mindestanforderungen sichergestellt werden.

### 6 Kommentar zur Norm

Ergänzend zur vorliegenden Grundnorm gibt es einen ausführlichen Kommentar [19] (sowie auch Detailnormen, vgl. Ziffer 8). Der Kommentar erläutert und belegt die Überlegungen, die zur Grundnorm geführt haben. In gewissen Fällen erklärt der Kommentar, warum andere, denkbare Methoden nicht gewählt wurden. Falls notwendig, beschreibt der Kommentar gewisse Verfahren im Detail. Der Kommentar gibt auch Auskunft, wie einzelne wesentliche Fragen in ausländischen Bewertungssystemen geregelt sind.

Der Kommentar ist analog zur Grundnorm aufgebaut, so dass jederzeit eine benutzerfreundliche Anwendung von Norm und Kommentar gewährleistet ist.

### 7 Stellung im Normenwerk des VSS

Die Stellung der vorliegenden Norm im VSS-Normensystem lässt sich wie folgt darstellen (eine weiter unten aufgeführte Norm ist einer weiter oben aufgeführten Norm untergeordnet)

- SN 640 027 «Projektbearbeitung; Planungsstudie» [4]
- SN 641 800 «Beurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele» [7]
- SN 641 820 «Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr; Grundnorm» (vorliegende Norm)
- SN 641 821...SN 641 828 Detailnormen zur vorliegenden Norm (vgl. Ziffer 8)
- Weitere VSS-Normen zu speziellen Themen, in denen eine KNA verwendet wird (z.B. SN 671 831...671 833 Strassenverkehrstelematik [16]...[18], SN 640 907 «Erhaltungsmanagement; Grundlagen zur Kostenberechnung im Erhaltungsmanagement» [6], SN 640 006 «Auswertung von Strassenverkehrsunfällen; Kopfnorm» [1] und 640 007 «Strassenverkehrsunfälle; Unfallzahlen, Unfallrisiken, Unfallkosten» [2])

### 5.3 Délimitation par rapport à l'étude d'impact sur l'environnement

Le respect des valeurs limites légales (par ex., valeurs limites pour la protection de l'air) n'est pas examiné par l'ACA. C'est pourquoi un projet d'infrastructure doit aussi être soumis à une étude d'impact sur l'environnement (EIE): l'ACA et l'EIE ont des buts différents qui se complètent sans s'exclure. Par conséquent, le respect des exigences légales minimales doit être aussi assuré parallèlement à l'ACA.

### 6 Commentaire sur la norme

Il existe un commentaire détaillé (en allemand) [19] qui complète la présente norme de base (ainsi que les normes de détail, voir chiffre 8). Le commentaire explicite et justifie les raisonnements qui ont conduit à la norme de base. Il explique dans certains cas pourquoi d'autres méthodes imaginables n'ont pas été retenues. Si nécessaire, le commentaire décrit certains processus en détail. Il explique aussi comment certaines questions importantes ont été réglées à l'étranger.

Le commentaire est construit par analogie à la norme de telle sorte à assurer une utilisation conjointe et conviviale.

### 7 Place dans le recueil des normes VSS

La place de la présente norme dans le système des normes VSS peut être représentée hiérarchiquement de la manière suivante (une norme qui suit la norme la précédant en dépend)

- SN 640 027 «Elaboration des projets; étude de planification» [4]
- SN 641 800 «Appréciation des projets d'infrastructure routière sur la base des principes du développement durable» [7]
- SN 641 820 «Analyses coûts/avantages du trafic routier; norme de base» (présente norme)
- SN 641 821...SN 641 828 Normes de détail de la présente norme (voir chiffre 8)
- Autres normes VSS consacrées à des thèmes spécifiques dans lesquelles une ACA est utilisée (par ex., SN 671 831...671 833 Télématique des transports routiers [16]...[18], SN 640 907 «Gestion de l'entretien (GE); bases pour la calcul des coûts du système de gestion de l'entretien» [6], SN 640 006 «Exploitation des accidents de la circulation routière» [1] et 640 007 «Accidents de la circulation; nombre, statistiques et coûts des accidents» [2])

## 8 Liste der Detailnormen

In den Detailnormen werden einzelne Vorgaben der Grundnorm präzisiert und das zu verwendende Mengen- und Wertgerüst wird gegeben. Die vorliegende Norm wird durch folgende Detailnormen ergänzt

- SN 641 821 «Diskontsatz für Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr» [8]
- SN 641 822 «Zeitkosten im Personenverkehr» [9]
- SN 641 823 «Zeitkosten im Güterverkehr» [10]
- SN 641 824 «Unfallraten und Unfallkostensätze im Verkehr» [11]
- SN 641 825 «Bewertung und Abschätzung der Zuverlässigkeit im Verkehr» [12]
- SN 641 826 «Betriebs- und Unterhaltskosten von Strassen» [13]
- SN 641 827 «Betriebskosten von Strassenfahrzeugen» [14]
- SN 641 828 «Externe Kosten im Strassenverkehr» [15]

## B Typisierung der Projekte

### 9 Typisierung der Projekte

Für verschiedene Projekte können folgende Unterscheidungen sinnvoll sein

- Bearbeitungstiefe  
Sie kann unterschiedlich gewählt werden (siehe Verkehrsmodellierung in Kapitel G und Berechnung der Indikatoren in den Detailnormen)
- Betrachtungszeitraum (vgl. Ziffer 13)

Folgender Kriterien führen zu Unterschieden in einzelnen Elementen der KNA

- Art der Massnahme
  - bauliche Massnahmen (Infrastruktur)
  - verkehrsorganisatorische Massnahmen und betriebliche Massnahmen (z.B. Telematik)
- Stadium der Evaluation
  - Vorstudie (Grobevaluation)
  - Hauptstudie (Feinevaluation)
- Projektumfang (massgebend ist jeweils die Projektvariante mit den grössten Kosten bzw. Auswirkungen)
  - kleine und mittlere Projekte mit Kosten bis 50 Mio. Fr. oder mit maximal 50'000 von einer Veränderung des Verkehrsregimes direkt betroffene Fahrten pro Tag
  - regionale Grossprojekte mit Kosten von 50...500 Mio. Fr. oder bis 500'000 von einer Veränderung des Verkehrsregimes direkt betroffene Fahrten pro Tag
  - überregionale und nationale Grossprojekte mit Kosten über 500 Mio. Fr. oder mehr als 500'000 von einer Veränderung des Verkehrsregimes direkt betroffene Fahrten pro Tag

## 8 Liste des normes de détail

Les valeurs spécifiques de certains paramètres mentionnées dans la norme de base sont précisées dans les normes de détail; le tableau des performances et les valeurs à utiliser sont donnés. La présente norme est complétée par les normes de détail suivantes

- SN 641 821 «Taux d'actualisation pour les analyses coûts/avantages du trafic» [8]
- SN 641 822 «Coûts horaires du trafic des personnes» [9]
- SN 641 823 «Coûts horaires du trafic des marchandises» [10]
- SN 641 824 «Taux d'accidents et coûts unitaires des accidents de trafic» [11]
- SN 641 825 «Evaluation et estimation de la fiabilité du trafic» [12]
- SN 641 826 «Frais d'exploitation et d'entretien des routes» [13]
- SN 641 827 «Frais d'exploitation des véhicules routiers» [14]
- SN 641 828 «Coûts externes du trafic routier» [15]

## B Normalisation des projets

### 9 Normalisation des projets

Les paramètres suivants peuvent être utiles pour définir divers projets

- Niveau de traitement  
il peut être choisi différemment (voir modélisation du trafic dans le chapitre G et calcul des indicateurs dans les normes de détail)
- Période prise en considération (voir chiffre 13)

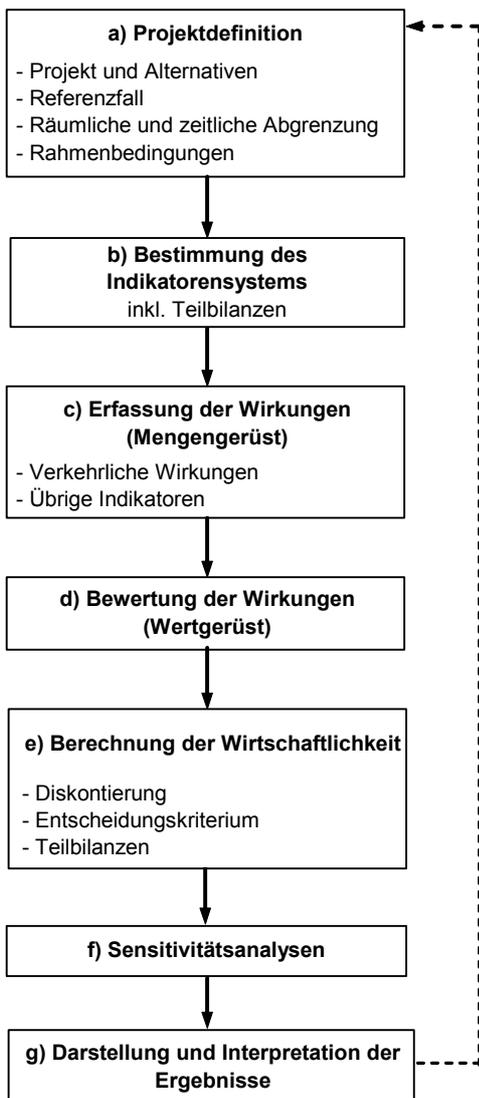
Les critères suivants conduisent à une différenciation des éléments de l'ACA :

- Type de mesure
  - mesures constructives (infrastructure)
  - mesures de gestion du trafic et mesures d'exploitation (par ex., télématique)
- Stade de l'évaluation
  - étude préliminaire (évaluation grossière)
  - étude principale (évaluation fine)
- Ampleur du projet (la variante ayant les coûts, respectivement les effets les plus grands, est déterminante)
  - petits et moyens projets ayant des coûts jusqu'à 50 millions de francs ou au maximum 50'000 déplacements par jour directement touchés par une modification du régime du trafic
  - grands projets régionaux ayant des coûts entre 50...500 millions de francs ou jusqu'à 500'000 déplacements par jour directement touchés par une modification du régime du trafic
  - grands projets supra-régionaux et nationaux ayant des coûts de plus de 500 millions de francs ou plus de 500'000 déplacements par jour directement touchés par une modification du régime du trafic

**C Ablauf einer Kosten-Nutzen-Analyse**

10 *Ablauf einer Kosten-Nutzen-Analyse*

Jede KNA folgt dem in Abbildung 1 dargestellten Ablauf. Die nachstehenden Kapitel der Norm folgen diesem Ablaufdiagramm. Die wesentlichen Schritte werden im Folgenden kurz erläutert.

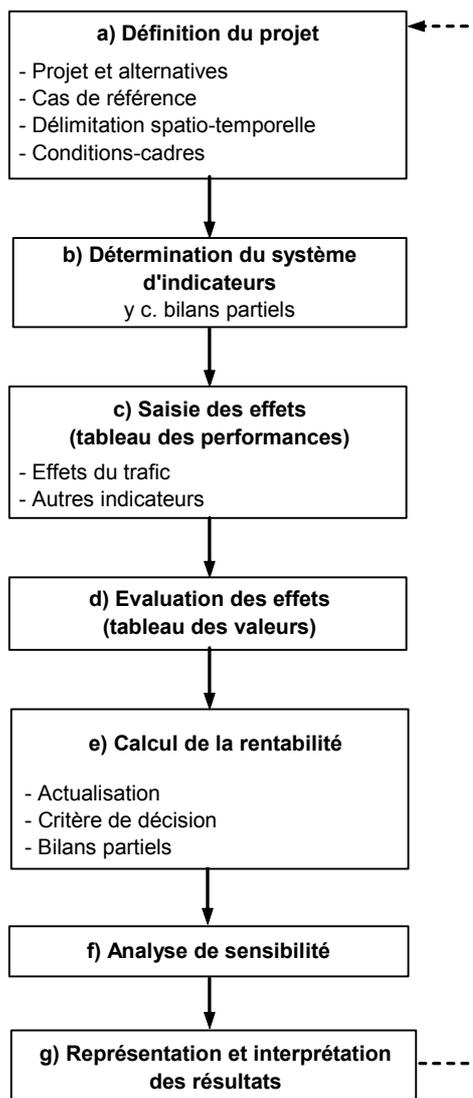


**Abb. 1**  
Ablaufdiagramm einer KNA

**C Déroulement d'une analyse coûts/avantages**

10 *Déroulement d'une analyse coûts/avantages*

Chaque ACA suit le déroulement illustré par la figure 1. Les chapitres suivants suivent ce schéma. Les étapes principales sont brièvement décrites ci-après.



**Fig. 1**  
Schéma opérationnel d'une ACA

### 10.1 Projektdefinition

In einem ersten Schritt wird festgelegt, was zu bewerten ist. Das Projekt wird zeitlich und örtlich abgegrenzt (Betrachtungszeitraum, Untersuchungsraum). Des Weiteren wird der Referenzfall definiert, mit dem das Projekt verglichen wird. Dann gilt es verschiedene Projektvarianten zu bilden. Schliesslich werden die Rahmenbedingungen (Bevölkerungs- und Verkehrswachstum, Veränderung von Treibstoffpreisen etc.) definiert.

### 10.2 Bestimmung des Indikatorensystem

Die Norm legt ein Indikatorensystem fest, in dem alle in der KNA zu berücksichtigenden Kosten und Nutzen abgebildet werden. Sofern weitere Teilbilanzen (z.B. für den Betreiber, Benutzer oder für verschiedene Regionen) von Interesse sind, müssen zusätzliche Indikatoren berücksichtigt werden.

### 10.3 Erfassung der Wirkungen

Als nächster Schritt wird das Mengengerüst berechnet. Die Auswirkungen der Projekte und Varianten auf den Verkehr im Vergleich zum Referenzfall werden ermittelt. Daneben werden aber auch die Elemente bestimmt, die nicht vom Verkehr abhängen wie z.B. die Bau-, Betriebs- und Unterhaltskosten.

### 10.4 Bewertung der Wirkungen

Daraufhin werden alle Auswirkungen bzw. die Unterschiede zwischen dem Projekt- und Referenzfall monetarisiert. Die Norm legt fest, welche Methode bei der Monetarisierung anzuwenden ist. Die Monetarisierungssätze sind in den Detailnormen enthalten.

### 10.5 Berechnung der Wirtschaftlichkeit

Schliesslich werden alle Kosten- und Nutzenströme auf einen identischen Vergleichszeitpunkt ab- bzw. aufdiskontiert. Die Norm legt fest, welches Entscheidungskriterium für die Darstellung der Ergebnisse anzuwenden ist. Falls relevant, sind auch die Resultate von Teilbilanzen zu berechnen.

### 10.6 Sensitivitätsanalysen

Die Ergebnisse werden durch eine Sensitivitätsanalyse auf ihre Robustheit überprüft. Die Norm macht Vorgaben, zu welchen Annahmen Sensitivitätsanalysen durchzuführen sind.

### 10.7 Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

In einem letzten Schritt werden die Ergebnisse dargestellt und interpretiert. Die Norm macht Vorgaben über zulässige Interpretationen der Ergebnisse. Die Interpretation der Ergebnisse kann dazu führen, dass neue Projektvarianten definiert werden, für welche weitere Berechnungen durchzuführen sind.

### 10.1 Définition du projet

On détermine dans une première étape ce qui doit être évaluée. Le projet est limité dans le temps et dans l'espace (période prise en considération, zone étudiée). Le cas de référence avec lequel on compare le projet est alors défini. Il s'agit ensuite de préparer plusieurs variantes de projet. Enfin, les conditions-cadres sont définies (augmentation de la population et du trafic, modification du prix des carburants, etc.).

### 10.2 Détermination du système d'indicateurs

La norme détermine un système d'indicateurs dans lequel tous les coûts et les avantages à prendre en compte sont représentés. Pour autant que d'autres bilans partiels (par ex., pour les exploitants, les usagers ou pour diverses régions) soient utiles, il faut prendre en compte des indicateurs supplémentaires.

### 10.3 Saisie des effets

Le tableau des performances est calculé à l'étape suivante. On compare les effets des projets et des variantes sur le trafic avec le cas de référence. On détermine ensuite les éléments qui ne dépendent pas du trafic comme, par ex., les coûts de construction, d'exploitation et d'entretien.

### 10.4 Evaluation des effets

Après cela, on monétarise tous ces effets, respectivement les différences entre le projet et le cas de référence. La norme détermine le mode de monétarisation. Les taux de monétarisation sont inclus dans les normes de détail.

### 10.5 Calcul de la rentabilité

Finalemment, tous les flux de coûts et d'avantages sont actualisés à une date de référence identique. La norme détermine quel critère de décision doit être employé pour la représentation des résultats. Au cas où cela est pertinent, les résultats des bilans partiels doivent aussi être calculés.

### 10.6 Analyse de sensibilité

La pertinence des résultats est examinée au moyen d'une analyse de sensibilité. La norme recommande selon quelles hypothèses les analyses de sensibilité doivent être faites.

### 10.7 Représentation et interprétation des résultats

Les résultats sont alors représentés et interprétés. La norme donne des recommandations quant aux interprétations autorisées des résultats qui peuvent mener à de nouvelles variantes de projet, pour lesquelles il convient d'effectuer de nouveaux calculs.

## D Projektdefinition

### 11 Variantenbildung

Die Wahl der Hauptvarianten in einem mehrstufigen Prozess der Variantenwahl muss mit einfacheren Methoden erfolgen, die sich aber am Schema der KNA orientieren. In die Endauswahl müssen immer eine überschaubare Anzahl möglichst unterschiedlicher Varianten einbezogen werden, d.h. das Auswirkungsspektrum der Varianten in der Endauswahl muss sich grundsätzlich unterscheiden.

Die Varianten müssen ein lokales Maximum sein. Bei der Variantenbildung sind folgende Punkte zu beachten

- Wenn möglich ist eine Differenzierung des Projektumfangs anzustreben, d.h. ein reiner Alles- oder Nichts-Vergleich ist zu vermeiden. Deutlich kleinere Varianten, welche die gegebene Zielsetzung zumindest teilweise auch erfüllen, sind zu suchen und mit einzubeziehen
- In sich geschlossene Teiletappen sind zusätzlich als eigenständige Varianten zu berücksichtigen
- Dies betrifft ebenfalls die Art der Massnahme, d.h. es sind bei Infrastrukturausbauprojekten wenn möglich auch verkehrspolitische oder -organisatorische Massnahmen als Alternativen zu prüfen oder Ausbauten eines alternativen Verkehrsträgers
- Ferner sind bei Infrastruktur-Neubauprojekten auch Varianten zu prüfen, die einen Aus- / Umbau des Bestehenden vorsehen (z.B. Strassenverbreiterung, Knotenumgestaltung etc.)

Alle flankierenden Massnahmen, ohne die das Projekt oder eine Variante nicht durchführbar ist oder ohne die der Nutzen massiv beeinträchtigt wird, müssen ebenfalls im Projekt enthalten sein.

Das Problem des Einflusses des Realisierungszeitpunkts kann auf verschiedene Arten gelöst werden

- Eine Variante kann in eigenständige Varianten aufgeteilt werden, die sich nur durch den Zeitpunkt der Inbetriebnahme unterscheiden
- Es können kombinierte Varianten eingeschlossen werden, welche zuerst kleinere Massnahmen und erst später grössere Investitionen vorsehen
- Oder die Bestvariante wird im Nachhinein bezüglich des Zeitpunkts der Inbetriebnahme optimiert

Bei eventuellen Reserveinvestitionen sind grundsätzlich immer zwei Varianten zu bilden: Eine Variante mit und eine Variante ohne Einbezug der Reserveinvestition.

## D Définition du projet

### 11 Création de variantes

Dans un processus à plusieurs niveaux, le choix des variantes principales doit être effectué au moyen de méthodes plus simples qui doivent cependant suivre le schéma de l'ACA.

Un nombre restreint de variantes, aussi différentes que possible, doit être inclus lors du choix final, ce qui signifie que le spectre des effets des variantes retenues en dernier ressort doit être fondamentalement différencié.

Les variantes doivent être un maximum local.

Lors de la création des variantes, les points suivants doivent être observés

- Il faut chercher si possible à faire varier l'ampleur du projet, ce qui signifie qu'il faut éviter une pure comparaison du type "tout ou rien". Des variantes clairement plus petites qui remplissent aussi, au moins partiellement, les objectifs formulés doivent être générées et incluses
- Des étapes partielles en soi fermées doivent de plus être prises en compte en tant que variantes indépendantes
- Cela concerne également le type des mesures, ce qui signifie que dans les projets de construction d'infrastructure il faut si possible aussi examiner des mesures de politique des transports ou de gestion du trafic en tant qu'alternatives, au même titre qu'une étude avec un mode de transport alternatif doit être développée
- Dans les projets de nouvelles constructions d'infrastructure, il faut en outre examiner les variantes qui prévoient un développement, une transformation de l'existant (par ex., élargissement de la route, remodelage d'un carrefour, etc.)

Toutes les mesures d'accompagnement sans lesquelles le projet ou une variante n'est pas réalisable ou sans lesquelles les avantages seraient réduits massivement doivent également être comprises dans le projet.

Le problème de l'influence du moment de réalisation peut être résolu de diverses manières

- Une variante peut être divisée en variantes autonomes qui ne se différencient que par leur moment de réalisation
- On peut inclure des variantes combinées qui prévoient d'abord des petites mesures et seulement plus tard des plus gros investissements
- La meilleure des variantes est ensuite optimisée quant à son moment d'entrée en service

Deux variantes doivent en principe toujours être créées en cas d'éventuels investissements de réserve: une variante avec et une variante sans prise en compte de l'investissement de réserve.

Prinzipiell sind Provisorien gleich zu behandeln wie jede andere Massnahme. Wenn Unsicherheit über die tatsächliche Nutzungsdauer des Provisoriums besteht, sind verschiedene Varianten mit unterschiedlicher potentieller Nutzungsdauer zu bilden. Zu diesen Varianten muss auch diejenige gehören, in der das Provisorium nie ersetzt wird und es somit über seine gesamte theoretisch mögliche Nutzungsdauer genutzt wird. In allen Varianten sind entsprechend der Annahme bzgl. Nutzungsdauer die notwendigen Ersatzinvestitionen sowie allfällige Kosten des Abbruchs oder Rückbaus bei Erstellung des Folgeprojekts zu berücksichtigen.

Sämtliche Projektvarianten und der Referenzfall müssen für den gesamten Betrachtungszeitraum definiert sein.

## 12 Referenzfall

Die positiven und negativen Auswirkungen eines Projekts werden immer im Vergleich zum Referenzfall ermittelt. Grundsätzlich ist als Referenzfall diejenige Entwicklung zu wählen, die eintreffen würde, wenn im untersuchten Fall keine Massnahme getroffen wird. In begründeten Ausnahmefällen kann diejenige Entwicklung als Referenzfall verwendet werden, die eine gesetzlich unzulässige Situation mit minimalen Veränderungen korrigiert.

Der Referenzfall ist nicht starr. Er ist ebenfalls der Entwicklung der Rahmenbedingungen unterworfen. Dies schliesst insbesondere die Vollendung im Bau befindlicher, aber auch bereits beschlossener, rechtlich und finanziell gesicherter anderer (Strassen- oder Schienen-) Projekte, welche unabhängig von der mit der KNA untersuchten Fragestellung getätigt werden, ein.

## 13 Betrachtungszeitraum

### 13.1 Bauliche Massnahmen

Der Betrachtungszeitraum umfasst zwei Phasen

- die Planungs-, Projektierungs- und Bauphase
- die Nutzungsphase

Die Planungs-, Projektierungs- und Bauphase wird für jede Variante geschätzt.

Dazu wird für jede Variante die Nutzungsphase gezählt. Die Nutzungsphase beträgt 40 Jahre – ausser die verschiedenen Varianten eines Projektes werden nicht gleichzeitig eröffnet. In diesem Fall wird für alle Varianten ein gemeinsames Begrenzungsjahr verwendet, bis zu dem die Kosten- und Nutzenströme berücksichtigt werden. Das Begrenzungsjahr ergibt sich als dasjenige Jahr, in welchem die zuletzt eröffnete Variante 40 Jahre in Betrieb ist. Bei Provisorien mit einem fixen Endzeitpunkt wird ein kürzerer Betrachtungszeitraum bis nach dem Abbruch / Rückbau des Provisoriums verwendet (vgl. Ziffer 11).

### 13.2 Verkehrsorganisatorische Massnahmen

Bei rein verkehrsorganisatorischen Massnahmen beträgt der Betrachtungszeitraum ab Änderung des Verkehrsregimes minimal 5 Jahre. Im Maximum kann ein Betrachtungszeitraum von 40 Jahren verwendet werden.

Les mesures provisoires sont à traiter en principe comme les autres mesures. En cas d'incertitude quant à la durée effective d'utilisation de la mesure provisoire, il convient de créer diverses variantes comportant des durées potentielles d'utilisation différentes. Il faut aussi compter parmi ces variantes celle dans laquelle la mesure provisoire n'est jamais remplacée et est ainsi utilisée pendant toute sa durée de vie théorique possible. Dans toutes les variantes, il faut donc tenir compte des investissements de remplacement nécessaires ainsi que le cas échéant, des coûts de la démolition ou de la reconstruction lors de la mise sur pied du projet consécutif, ce en fonction des hypothèses, respectivement de la durée d'utilisation.

Toutes les variantes de projet et le cas de référence doivent être définis pour l'ensemble de la période prise en considération.

## 12 Cas de référence

Les effets positifs et négatifs d'un projet d'infrastructure sont toujours déterminés par rapport à un cas de référence. Par principe, on choisit comme cas de référence le développement qui se produirait si aucune mesure n'était prise dans le cas étudié. Dans des cas exceptionnels justifiés, on peut utiliser comme cas de référence le développement qui corrige une situation illégale avec des modifications minimales.

Le cas de référence n'est pas rigide. Il dépend également du développement des conditions-cadres. Cela comprend en particulier l'achèvement d'autres projets en cours de construction et aussi de projets routiers ou ferroviaires déjà décidés et assurés d'un point de vue légal et financier qui sont traités indépendamment des questions examinées dans l'ACA.

## 13 Période prise en considération

### 13.1 Mesures constructives

La période prise en considération englobe deux phases

- la phase de planification, de projet et de construction
- la phase d'utilisation

La phase de planification, de projet et de construction est estimée pour chaque variante.

De plus, la phase d'utilisation est comptée pour chaque variante. Elle se monte à 40 ans, à moins que les différentes variantes d'un projet ne soient pas mises en service en même temps. Dans ce cas, une année-limite commune jusqu'à laquelle les flux de coûts et d'avantages sont pris en compte est utilisée pour toutes les variantes. L'année limite est obtenue comme année dans laquelle la variante mise en service en dernier atteint 40 ans d'exploitation. Pour des mesures provisoires ayant un délai final fixe, on emploie une période de prise en considération plus courte jusqu'à leur démolition / reconstruction (voir chiffre 11).

### 13.2 Mesures de gestion du trafic

La période prise en considération dans le cas de pures mesures de gestion du trafic comprend au minimum 5 ans à partir du changement de régime de trafic. Une période prise en considération maximale de 40 ans peut être utilisée.

#### 14 Abgrenzung des Untersuchungsraums

Der Untersuchungsraum umfasst das direkt betroffene Gebiet und das Einflussgebiet und muss zusammenhängend definiert sein.

Bei verschiedenen Projektvarianten mit unterschiedlichem räumlichem Bezug ist der Untersuchungsraum für alle Varianten identisch: Er entspricht der Vereinigungsmenge aller direkt betroffenen Gebiete und aller Einflussgebiete der verschiedenen Varianten.

Falls ein Verkehrsmodell vorhanden ist, das sowohl das direkt betroffene Gebiet als auch das Einflussgebiet genügend abdeckt (d.h. dass die zur Berechnung der Verkehrsaufkommen im direkt betroffenen Gebiet relevanten Wunschlinien mit ausreichender Genauigkeit abbilden lässt), dann wird das Verkehrsmodellgebiet als Untersuchungsraum verwendet. Muss ein Verkehrsmodellgebiet neu definiert oder ergänzt werden oder soll ausschliesslich mit vereinfachten Abschätzungen gearbeitet werden, muss mindestens das direkt betroffene Gebiet vollständig abgedeckt werden. Bezogen auf das Einflussgebiet kann auf die Abschätzung des Verkehrs aus jenen Räumen verzichtet werden, die insgesamt einen Beitrag von weniger als 5% an die Zahl der beeinflussten Fahrten liefern. Dabei wird von innen nach aussen vorgegangen, d.h. zu berücksichtigen ist die minimale Fläche, die Quelle und Ziel von mindestens 95% der betroffenen Fahrten einschliesst.

Die Wirkungen werden gemäss Territorialprinzip räumlich lokalisiert. Für regionale Teilbilanzen ist das Wohnsitzprinzip zu verwenden, d.h. der Nutzen resp. die Kosten werden demjenigen Raum zugeschrieben in dem der erstbetroffene Haushalt oder die betroffene Unternehmung die Niederlassung hat.

#### 15 Rahmenbedingungen

Grundsätzlich ist für alle Varianten und den Referenzfall von der gleichen Entwicklung der Rahmenbedingungen auszugehen (die Ausnahme bildet die Endogenisierung der Rahmenbedingungen z.B. als Folge von variantenspezifischen Auswirkungen auf die Raum- und Siedlungsstruktur, vgl. Ziffer 22).

Es ist auf vorhandene Prognosen und Entwicklungsszenarien abzustellen. Grundsätzlich muss die zukünftige Entwicklung dynamisch erfasst werden. Grundlage ist die Trendentwicklung resp. diejenige Entwicklung, die ohne politische Eingriffe zu erwarten ist.

Die allgemeine Verkehrsentwicklung als Basis für Verkehrsmodellrechnungen muss aus der Entwicklung der Rahmendaten abgeleitet werden. Nur wenn Verkehrsmodelle solche Einflüsse explizit berücksichtigen, wird auf eine separate Abschätzung der Verkehrsentwicklung verzichtet.

### E Indikatorensystem

#### 16 Grundsatz

Grundsätzlich sind alle monetarisierbaren Effekte in der KNA zu berücksichtigen. Dabei sind Doppelzählungen jedoch zu vermeiden.

Untenstehend wird beschrieben, welche Indikatoren in die KNA einbezogen werden. Es ist durchaus möglich, dass einzelne zusätzliche Indikatoren relevant sind und monetär anfallen oder monetarisierbar sind (z.B. dank neuen For-

#### 14 Délimitation de la zone étudiée

La zone étudiée comprend la zone directement touchée ainsi que la zone d'influence qui doivent être définies de façon cohérente.

Dans le cas de différentes variantes de projet avec des références spatiales différentes, la zone étudiée est identique pour toutes les variantes: elle correspond à l'ensemble de toutes les zones directement touchées et de toutes les zones d'influence des différentes variantes.

Au cas où un modèle de trafic existe qui englobe suffisamment la zone directement touchée ainsi qu'également la zone d'influence (ce qui signifie que les lignes de charge pertinentes pour le calcul du volume de trafic dans la zone directement touchée se laissent établir avec une précision suffisante), on emploie alors la zone du modèle en tant que zone étudiée. Si une zone de modèle de trafic doit être nouvellement définie ou complétée ou travaillée uniquement à l'aide d'estimations simplifiées, il faut pour le moins que la zone directement touchée soit entièrement englobée. Quant à la zone d'influence, on peut se passer de l'estimation du trafic provenant des zones qui contribuent pour moins de 5% au nombre de trajets influencés. Pour cela, on procède de l'intérieur vers l'extérieur, c'est-à-dire en prenant en compte la surface minimale qui englobe au minimum 95% des origines et des destinations des trajets concernés.

Les effets sont localisés spatialement selon le principe de territorialité. Le principe du domicile doit être utilisé pour les bilans partiels régionaux, ce qui signifie que les coûts, respectivement les avantages, sont attribués à la région dans laquelle le ménage touché en premier lieu ou l'entreprise concernée a son domicile.

#### 15 Conditions-cadres

On part en principe d'un développement identique des conditions-cadres pour toutes les variantes et le cas de référence (l'endogénéisation des conditions-cadres forme une exception, par ex. comme conséquence d'effets spécifiques de variantes sur la structure de l'espace et de la zone urbanisée, voir chiffre 22).

Il faut s'appuyer sur les prévisions et les scénarios de développement existants. Le développement futur doit être saisi en principe de manière dynamique. On se base généralement sur le développement de tendance, respectivement le développement qu'on peut attendre sans intervention politique.

Le développement général du trafic doit être dérivé de celui des données-cadres en tant que base pour les calculs des modèles de trafic. On ne peut se passer d'une estimation séparée du développement du trafic que si les modèles prennent en compte de manière explicite de telles influences.

### E Système d'indicateurs

#### 16 Principe

Tous les effets monétarisables doivent en principe être pris en compte dans l'ACA. Ce faisant, il faut pourtant éviter de compter deux fois les mêmes effets.

Il est décrit au-dessous quels indicateurs sont inclus dans l'ACA. Il est tout à fait possible que des indicateurs supplémentaires pertinents soient monétarisables (par ex., grâce aux résultats de nouvelles recherches). Dans ce

schungsergebnissen). In diesem Fall sind eine Monetarisierung und ein Einbezug eines oder mehrerer zusätzlicher Indikatoren in die KNA möglich. Dabei müssen die in Ziffer 49 dargestellten methodischen Anforderungen erfüllt werden.

### 17 Kosten- und Nutzenindikatoren in einer KNA

Die Kosten entsprechen dem Ressourcenverbrauch des Betreibers (in Ausnahmefällen sind auch Ressourcengewinne des Betreibers als negative Kosten enthalten).

Die Nutzen entsprechen den Ressourcengewinnen der Benutzer und der Allgemeinheit (als negative Nutzen sind auch allfällige Ressourcenverbräuche der Benutzer und der Allgemeinheit enthalten).

In einer KNA sind die folgenden Kostenindikatoren zu berücksichtigen

- Baukosten (Erstinvestitionen abzüglich Restwerte)
- Ersatzinvestitionen
- Landkosten
- Unterhaltskosten
- Betriebskosten der Strassen
- Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr (Strasse und Schiene, vgl. Kommentar Ziffer 17.4)
  - Veränderung der Einnahmen
  - Veränderung der Betriebskosten

Neben den Kosten sind auch die folgenden Nutzenindikatoren miteinzubeziehen

- Betriebskosten Fahrzeuge
- Reisezeitveränderungen (inkl. Staukosten und Zeitverluste während Bau und Unterhalt)
- Veränderungen der Zuverlässigkeit
- Nettonutzen des Mehrverkehrs (Veränderung der Zeitkosten, Betriebskosten, Treibstoffsteuern, Maut und Zuverlässigkeit)
- Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr (als Hilfskonstruktion, um einen weiteren Teil des Nutzens des Mehrverkehrs abzubilden)
- Veränderung der MWST-Einnahmen im öffentlichen Verkehr (um den Nutzen der Verkehrsverlagerung (meist von der Schiene auf die Strasse) richtig abzubilden)
- Veränderung der externen Kosten des Verkehrs
  - Unfälle
  - Lärm
  - Luftverschmutzung
  - Klima
  - Externe Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur
  - Bodenversiegelung
  - Landschafts- und Ortsbild

Viele Indikatoren ergeben sich automatisch, wenn die wesentlichen verkehrlichen Auswirkungen des Projektes bestimmt wurden (vgl. Kapitel G). Bei gewissen Indikatoren ist jedoch die Erhebung zusätzlicher Daten nötig. Sind jedoch nur geringe Auswirkungen zu erwarten, kann auf folgende Indikatoren begründet verzichtet werden:

- Auswirkungen auf den ÖV
- Veränderungen der Zuverlässigkeit
- Veränderung der MWST-Einnahmen im öffentlichen Verkehr
- Gewisse externe Effekte auf die Umwelt (gemäss SN 641 828 [15])

cas, une monétarisation et la prise en compte d'un ou de plusieurs indicateurs supplémentaires dans l'ACA est possible. Les exigences méthodiques formulées dans le chiffre 48 doivent alors être remplies.

### 17 Indicateurs des coûts/avantages dans une ACA

Les coûts correspondent à la consommation de ressources de l'exploitant (le cas échéant, les gains en ressources de l'exploitant sont inclus comme coût négatifs).

Les avantages correspondent aux gains de ressources par l'utilisateur et par la collectivité (le cas échéant, la consommation de ressources par l'utilisateur et par la collectivité est incluse comme avantage négatif).

Les indicateurs de coûts suivants doivent être pris en compte dans une ACA

- Coûts de construction (investissement original moins valeur résiduelle)
- Investissements de remplacement
- Coûts du terrain
- Coûts d'entretien
- Coûts d'exploitation des routes
- Effets sur les transports publics (route et rail, voir commentaire chiffre 17.4)
  - Modification des recettes
  - Modification des coûts d'exploitation

En plus des coûts, il faut aussi inclure les indicateurs d'avantages suivants

- Coûts d'exploitation des véhicules
- Modifications de la durée de déplacement (y c. coûts des embouteillages et pertes de temps durant la construction et l'entretien)
- Modifications de la fiabilité
- Avantages nets du trafic supplémentaire (modification des coûts horaires, coûts d'exploitation, impôts sur les carburants, péages et fiabilité)
- Recettes des impôts sur les carburants et péages pour le trafic supplémentaire (comme modèle pour représenter une autre part des avantages du trafic supplémentaire)
- Modification des recettes de la TVA des transports publics (afin de représenter correctement les avantages du transfert de trafic – la plupart du temps du rail vers la route)
- Modification des coûts externes du trafic
  - Accidents
  - Bruit
  - Pollution atmosphérique
  - Climat
  - Coûts externes de consommation d'énergie par l'exploitation de l'infrastructure
  - Utilisation du sol
  - Paysage et image du site

Beaucoup d'indicateurs sont déterminés directement lorsque les effets principaux du projet sur le trafic sont connus (voir chapitre G). Certains indicateurs nécessitent néanmoins des données supplémentaires. Lorsque que l'on peut s'attendre à des effets très limités, on peut renoncer au calcul de certains indicateurs en expliquant clairement les raisons. Il s'agit des indicateurs :

- Effets sur les transports publics
- Modifications de la fiabilité
- Modification des recettes de la TVA des transports publics
- Certains effets externes sur l'environnement (selon SN 641 828 [15])

## F Bildung von Teilbilanzen

### 18 Grundsätze

KNA-Teilbilanzen basieren auf disaggregierten Kosten- und Nutzenströmen der Gesamtrechnung. Teilbilanzen ändern nichts am Resultat der aggregierten KNA und demnach auch nichts an der Reihenfolge der Varianten. Die Gesamt-KNA ist „blind“ gegenüber Verteilungsfragen, jeder Franken ist immer gleich viel wert.

- Teilbilanzen zeigen die Verteilungswirkungen monetärer oder monetarisierbarer Auswirkungen auf
- Diese Verteilungsaspekte sind eine Grundlage für die Beurteilung der Zweckmässigkeit einer Verkehrsmassnahme aus regionalwirtschaftlicher resp. raumordnungspolitischer Sicht
- Insbesondere geben Verteilungsaspekte auf der Nutzenseite einer Verkehrsmassnahme Hinweise auf geeignete Finanzierungslösungen

Teilbilanzen nach Staat (aufgeteilt in „Staat als Betreiber der Infrastruktur“ und „übriger Staat“), Benutzer und Allgemeinheit sind in allen Fällen zu empfehlen

Das Bedürfnis nach räumlichen Teilbilanzen muss von Fall zu Fall aufgrund der konkreten Interessenlage ermittelt werden. Räumliche Teilbilanzen sind jedoch insbesondere bei Projekten, welche von mehreren Gebietskörperschaften gemeinsam finanziert werden, sehr zu empfehlen.

### 19 Teilbilanzen nach sozioökonomischen Gruppen

Die Zuordnung der einzelnen Indikatoren zu den Teilbilanzen wird in Tabelle 1 dargestellt.

#### 19.1 Teilbilanz Staat

Im Rahmen der KNA besitzt der Staat verschiedene Funktionen: Er ist Eigentümer und Betreiber der Infrastrukturen sowie Empfänger der Treibstoff- und Mehrwertsteuern. Daher wird die Teilbilanz Staat in zwei Unter-Bilanzen aufgeteilt: „Staat als Betreiber“ und „übriger Staat“. Die erste Teilbilanz könnte man auch „Staat als Errichter und Betreiber“ nennen.

#### 19.2 Teilbilanz Benutzer

Als Benutzer werden alle Verkehrsteilnehmer betrachtet. Neben den Personen, die einen betroffenen Verkehrsweg benutzen, sind auch indirekt betroffene Benutzer anderer Strassenabschnitte sowohl im MIV wie im ÖV darin eingeschlossen.

#### 19.3 Teilbilanz Allgemeinheit

Entsprechend Tabelle 1 gehen die Indikatoren in die Teilbilanz Allgemeinheit ein, wobei ein Zwischensaldo für die externen Kosten des Verkehrs gebildet wird.

Vor Berechnung des Gesamtergebnisses der Teilbilanz Allgemeinheit wird der Saldo der Teilbilanz Staat miteinbezogen. Die Unter-Teilbilanz „übriger Staat“ wird dabei immer berücksichtigt, die Unter-Teilbilanz Betreiber nur dann, wenn der Staat der Betreiber ist (vgl. Abbildung 2).

## F Création de bilans partiels

### 18 Principes

Les bilans partiels ACA se basent sur les flux désagrégés des coûts et des avantages. Les bilans partiels ne modifient en rien le résultat de l'ACA agrégée et, ainsi, également rien au classement des variantes. L'ACA intégrale est "aveugle" par rapport aux questions de répartition; chaque franc a toujours la même valeur.

- Les bilans partiels précisent les effets de répartition des effets monétaires ou monétarisables
- Ces aspects de répartition forment une base pour l'évaluation de l'opportunité d'une mesure de trafic du point de vue de l'économie régionale, respectivement de la politique d'aménagement du territoire
- Les aspects de répartition des avantages donnent en particulier des indications sur les solutions appropriées de financement

Des bilans partiels selon l'Etat (réparti en Etat en tant qu'exploitant de l'infrastructure" et en tant que "l'Etat dans ses autres fonctions"), les utilisateurs et la collectivité sont recommandés dans tous les cas.

La nécessité de bilans partiels spatiaux doit être déterminée de cas en cas sur la base des intérêts concrets. Les bilans partiels spatiaux sont cependant très recommandés, en particulier pour les projets qui sont financés en commun par plusieurs collectivités locales.

### 19 Bilans partiels selon des groupes socio-économiques

La répartition des divers indicateurs dans les bilans partiels est représentée au tableau 1.

#### 19.1 Bilan partiel «Etat»

L'Etat exerce diverses fonctions dans le cadre d'une ACA: il est à la fois propriétaire, exploitant de l'infrastructure et perçoit des impôts sur les carburants et de la TVA. C'est pourquoi le bilan partiel «Etat» est réparti en deux sous-bilans: «l'Etat en tant qu'exploitant» et «l'Etat dans ses autres fonctions». Le premier de ces sous-bilans pourrait aussi s'appeler «l'Etat en tant que constructeur et exploitant».

#### 19.2 Bilan partiel «utilisateur»

Tous les usagers du trafic sont considérés comme utilisateurs. En plus des personnes qui utilisent une voie de communication concernée, il faut également inclure les utilisateurs indirects d'autres tronçons routiers, aussi bien dans le transport individuel motorisé que dans les TP.

#### 19.3 Bilan partiel «collectivité»

Les indicateurs entrent dans le bilan partiel «collectivité» ainsi qu'indiqué dans le tableau 1, un solde intermédiaire étant formé pour les coûts externes.

Le solde du bilan partiel «Etat» est inclus avant le calcul du résultat total du bilan partiel «collectivité». Le sous-bilan partiel «reste de l'Etat» est ainsi toujours pris en compte, le sous-bilan partiel «exploitant» ne l'étant que lorsque l'Etat est l'exploitant (voir figure2).

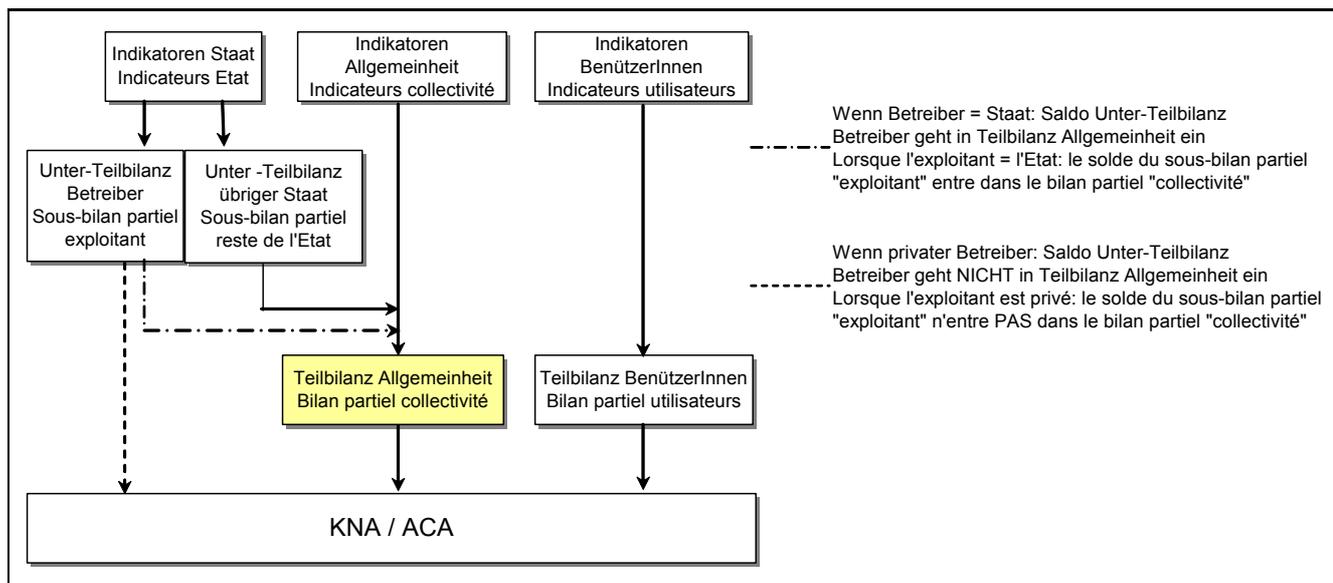
Indikator <i>indicateur</i>	sozio- ökonomische Teilbilanzen <i>bilans partiels socio-économiques</i>			räumliche Teilbilanzen <sup>1</sup> <i>bilans partiels spatiaux<sup>1</sup></i>
	Staat <i>Etat</i>	Benutzer <i>utilisateur</i>	Allgemeinheit <i>collectivité</i>	
	Betreiber <i>exploitant</i>	übriger Staat <i>reste de l'Etat</i>		
Baukosten / <i>coûts de construction</i>				
Ersatzinvestitionen/ <i>investissements de remplacement</i>				ev.
Landkosten / <i>coûts du terrain</i>				
Unterhaltskosten / <i>coûts d'entretien</i>				N
Betriebskosten der Strassen / <i>coûts d'exploitation des routes</i>				N
Auswirkungen auf den ÖV <i>effets sur les TP</i>	siehe Anmerkung 5 <i>/ voir remarque 5</i>		siehe Anmerkung 5 / <i>voir remarque 5</i>	wünschenswert, aber oft nur Schweiz / Ausland möglich / <i>souhaitable, mais souvent seulement possible en Suisse / à l'étranger</i>
Betriebskosten Fahrzeuge / <i>coûts d'exploitation des véhicules</i>				N
Reisezeitveränderungen / <i>modifications de la durée de dépl.</i>				N
Veränderung Zuverlässigkeit / <i>modification de la fiabilité</i>				N
Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr <i>recettes des impôts sur les carburants et péages pour le trafic supplémentaire</i>	siehe Anmerkung 2 <i>/ voir remarque 2</i>	siehe Anmerkung 2 / <i>voir remarque 2</i>		nur Aufteilung Schweiz / Ausland <i>seulement répartition Suisse / étranger</i>
Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr <sup>3</sup> <i>recettes des impôts sur les carburants et péages pour le trafic existant<sup>3</sup></i>	siehe Anmerkung 2 <i>/ voir remarque 2</i>	Einnahmen <sup>2</sup> / <i>recettes<sup>2</sup></i>	Ausgaben / <i>dépenses</i>	
Finanzierungskosten <sup>3</sup> <i>coûts de financement<sup>3</sup></i>	Kosten / <i>coûts</i>		Erträge / <i>recettes</i>	
Nettonutzen im Mehrverkehr <i>avantages nets du trafic supplémentaire</i>				N
Veränderung der MWST- Einnahmen im ÖV <i>modification des recettes de la TVA des TP</i>				nur Aufteilung Schweiz / Ausland <i>seulement répartition Suisse / étranger</i>
Unfälle / <i>accidents</i>			z.T. <sup>4</sup> / <i>partiellement<sup>4</sup></i>	z.T. <sup>4</sup> / <i>partiellement<sup>4</sup></i>
Lärm / <i>bruit</i>				S
Luftverschmutzung / <i>pollution atmosphérique</i>				S
Klima / Climat				
Externe Kosten der Energie durch Betrieb der Infrastruktur / <i>coûts externes de l'énergie par l'exploitation de l'infrastructure</i>				
Bodenversiegelung / <i>utilisation du sol</i>				S
Landschafts- und Ortsbild / <i>paysage et image du site</i>				S

1 Zuordnung nach N= Niederlassungsort der effektiv Betroffenen, S= Standortregion der Verkehrswege mit Immissionsveränderungen  
 2 Im Falle privater Betreiber ist bei der Maut je nach Konzessionsbestimmungen zwischen Staat und Betreiber auch Zuordnung zur Unter-Teilbilanz Betreiber möglich  
 3 Reiner Geldtransfer, der bei der konsolidierten Betrachtung wegfällt  
 4 Durch die Benutzer gedeckte Unfallkosten erscheinen in der Teilbilanz Benutzer, die restlichen Unfallkosten in der Teilbilanz Allgemeinheit  
 5 Dieser Indikator wird in der Regel der Teilbilanz Allgemeinheit zugerechnet, da der Betreiber einer Strasse und der ÖV-Betreiber selten identisch sind. Eine Zuordnung zur Teilbilanz Betreiber ist nur dann vorzunehmen, wenn ein Strassenprojekt explizit für den ÖV ausgeführt wird, z.B. Bau einer Busspur, Neubaustrecke zur Verlängerung einer Buslinie, Verkehrsregime-Änderung zugunsten des ÖV

**Tab. 1**  
Zuordnung der Indikatoren einer KNA zu verschiedenen Teilbilanzen

1 Attribution selon N = lieu d'établissement des personnes effectivement touchées, S = région dont les voies de communication subissent une modification des immissions  
 2 Dans le cas d'un exploitant de péage privé, une attribution au sous-bilan partiel "exploitant" est aussi possible selon les conditions prévues entre l'Etat et l'exploitant  
 3 Pur transfert d'argent qui disparaît lors de la consolidation  
 4 Les coûts des accidents pris en charge par les utilisateurs apparaissent dans le bilan partiel "utilisateur", le solde des coûts allant dans le bilan partiel "collectivité"  
 5 Dans la règle, cet indicateur est calculé dans le bilan partiel "collectivité" car l'exploitant d'une route et celui d'un transport public est rarement le même. Une attribution au bilan partiel "exploitant" ne doit être faite que si un projet routier est explicitement exécuté pour le transport public, par ex., construction d'une piste de bus, construction d'un nouveau tronçon comme prolongation d'une ligne de bus, modification du régime du trafic en faveur des TP

**Tab. 1**  
Attribution des indicateurs d'une ACA aux divers bilans partiels



**Abb. 2**  
Stellung der Teilbilanz Allgemeinheit in der KNA

**Fig. 2**  
Position du bilan partiel "collectivité" dans l'ACA

20 Räumliche Teilbilanzen

In räumlichen Teilbilanzen wird unterschieden, wo resp. in welchen Gebieten die Kosten und Nutzen anfallen. Dabei geht es in erster Linie um die Differenzierung zwischen politischen Gebietseinheiten (Länder, Kantone und Gemeinden). Dabei gilt das Wohnsitzprinzip (vgl. Ziffer 14).

In räumlichen Teilbilanzen werden im Prinzip alle in der KNA berücksichtigten Indikatoren verwendet (ausser diejenigen Indikatoren, die räumlich nicht zuscheidbar sind wie z.B. die Auswirkungen auf das Klima). Ausgeklammert werden jedoch in einem ersten Schritt die Investitionskosten (Baukosten, Landkosten und ev. die Ersatzinvestitionen), denn das Finden einer geeigneten Aufteilung dieser Kosten kann gerade das Ziel der Berechnung der räumlichen Teilbilanzen sein. In denjenigen Fällen, in denen die Finanzierungsschlüssel und Kostenaufteilungen (inkl. Transfers) gegeben sind, können in einem zweiten Schritt konsolidierte räumliche Teilbilanzen gebildet werden, die den Nettonutzen pro Teilraum unter Berücksichtigung der Kostenbeteiligung ausweisen.

Zur Lokalisierung der Reisezeitgewinne, der Betriebskosten Fahrzeuge, der Veränderung der Zuverlässigkeit sowie der Nettonutzen des Mehrverkehrs muss auf Verkehrsmo- dellergebnisse zurückgegriffen werden. Dabei werden die Nutzen (resp. Kosten) dem Ausgangs- und Zielort der Wunschlinien vereinfachend je hälftig zugeordnet.

Die wichtigste Komponente einer räumlichen Teilbilanz stellen fast immer die Reisezeitveränderungen dar. In kleinen und evtl. auch in mittleren Projekten kann man die räumlichen Teilbilanzen auf diesen Indikator beschränken.

Beim grenzüberschreitenden Verkehr ist zu beachten, dass im In- und Ausland unterschiedliche Steuersätze gelten.

20 Bilans partiels spatiaux

Les bilans partiels spatiaux permettent de déterminer où, respectivement dans quelle région, les coûts et les avantages se produisent. Il s'agit ainsi en premier ressort de différencier les diverses unités politiques géographiques (pays, cantons, communes). Le principe du domicile (voir chiffre 14) doit être utilisé.

Tous les indicateurs retenus dans l'ACA sont en principe employés dans les bilans partiels spatiaux (à l'exception des indicateurs qui ne sont pas attribuables spatialement comme, par ex., les effets sur le climat). Les coûts d'investissement (coûts de construction, coûts du terrain et éventuellement les investissements de remplacement) sont pourtant mis en parenthèse dans une première étape, car la recherche d'une répartition appropriée de ces coûts peut justement être le but du calcul des bilans partiels spatiaux. Dans les cas où les clés de financement et les répartitions des coûts (y c. les transferts) sont donnés, des bilans partiels spatiaux consolidés peuvent être ainsi formés pour démontrer les avantages nets par région partielle en tenant compte des participations aux coûts.

Il faut avoir recours aux résultats des modèles de trafic pour localiser les gains de durée de déplacement, les coûts d'exploitation des véhicules, la modification de la fiabilité ainsi que les avantages nets du trafic supplémentaire. Pour ce faire, les coûts, respectivement les avantages, sont attribués de manière simplifiée chacun pour moitié à l'origine et à la destination des lignes de charge. Les modifications de la durée de déplacement représentent presque toujours les composants les plus importants d'un bilan partiel spatial. Les bilans partiels spatiaux peuvent se réduire à cet indicateur dans les petits, voire éventuellement aussi les projets moyens.

En matière de trafic franchissant la frontière, il faut tenir compte des taux d'imposition différents des pays.

## G Mengengerüst: Verkehrliche Auswirkungen

### 21 Benötigte Verkehrsdaten in einer KNA

Transportvorgänge stellen in den meisten Fällen keinen Nutzen an sich dar (ausser Rundfahrten, Spaziergänge, Jogging etc.). Sie sind aber eine wichtige Voraussetzung dafür, Nutzenpotentiale zu erschliessen. Verkehrsmengen werden deshalb nie auf der Kosten oder der Nutzenseite einer Massnahme im Verkehr auftreten. Die Ermittlung von Mengenangaben im Verkehr ist aber unerlässlich für die Abschätzung von Veränderungen in den Kosten- und Nutzenströmen in der Volkswirtschaft, die von solchen Massnahmen ausgelöst werden. Dabei sind Effekte wie Mehrverkehr, Verlagerung auf andere Verkehrsträger und Routenwahl in die Modellrechnungen einzubeziehen.

Das Ergebnis des Verkehrsmodells muss einem eindeutigen Gleichgewichtszustand entsprechen. Die Tabelle 2 zeigt, welche Daten aus dem Verkehrsmodell für die verschiedenen Indikatoren benötigt werden.

Da bei einem dynamischen oder stochastischen Gleichgewichtszustand jeweils mehrere Pfade von Quelle zum Ziel die gleichen generalisierten Kosten aufweisen können, sind für die Distanzen und Reisezeiten Mittelwerte über die verschiedenen Routen zu bilden.

### 22 Zeithorizonte

Verkehr ist ein dynamisches Phänomen. Verkehrsmodelle berechnen aber statische Zustände. Zukünftige Zustände müssen im Prinzip mit mehreren Durchläufen der Verkehrsmodellrechnungen generiert werden. Folgende Entwicklungen sind dabei zu berücksichtigen

- Entwicklungen der Rahmenbedingungen: Veränderungen bei Einkommen, Zeitwerten und autonomen (d.h. nicht projektabhängigen) Entwicklungen in der Siedlungsstruktur
- Rückkoppelungen in der Siedlungsstruktur, ausgelöst durch das untersuchte Projekt. Dazu ist ein Verkehrs- und Siedlungsentwicklungsmodell notwendig oder es können einfachere Überlegungen zu den Auswirkungen auf die Siedlungsstruktur einfließen

Modelldurchläufe sind für folgende Zeithorizonte zu erstellen

- Inbetriebnahme der ersten Massnahme
- Ab Inbetriebnahme der ersten Massnahme alle 5 Jahre bis mindestens 15 Jahre nach Inbetriebnahme der letzten Massnahme

Für die Jahre zwischen den Ergebnissen des Verkehrsmodells ist eine lineare Interpolation vorzusehen.

Für den Zeitraum nach der letzten Verkehrsmodellberechnung wird die Entwicklung aus den Modellergebnissen für verschiedene Jahre in die Zukunft fortgeschrieben. Für diesen Zeitraum ist eine Sensitivitätsanalyse für das Verkehrswachstum durchzuführen (vgl. Kapitel K).

Ausserdem ist zu prüfen, ob direkt nach Inbetriebnahme das neue Angebot noch nicht umfassend genutzt wird, weil Zielverlagerungen nur sukzessive vorgenommen werden. Ist dies der Fall, so werden die vollen, im Verkehrsmodell berechneten Ergebnisse erst nach 1...5 Jahren erzielt (je nach Projekt).

## G Tableau des performances, effets induits par le trafic

### 21 Données du trafic nécessaires dans une ACA

Les transports ne présentent dans la plupart des cas aucun avantage en eux-mêmes (à l'exception des excursions, des promenades, du jogging, etc.). Ils sont cependant une importante condition pour réaliser les potentiels d'avantages. C'est pourquoi les charges de trafic n'apparaissent jamais du côté des coûts ou des avantages d'une mesure de trafic. La détermination des données quantitatives du trafic est toutefois indispensable pour l'évaluation des modifications dans le flux de coûts et d'avantages qui se produisent à la suite de telles mesures. Ce faisant, il faut inclure dans les calculs du modèle des effets comme le trafic supplémentaire, le transfert modal et le choix des trajets.

Le résultat du modèle de trafic doit correspondre à un état d'équilibre sans équivoque. Le tableau 2 montre de quelles données du modèle de trafic on a besoin pour les divers indicateurs.

Etant donné que dans un état d'équilibre dynamique ou stochastique plusieurs chemins respectifs menant d'une origine à une destination peuvent générer les mêmes coûts généralisés, des valeurs moyennes selon différents trajets doivent être calculées pour les distances et les durées de déplacement.

### 22 Horizons temporels

Le trafic est un phénomène dynamique alors que les modèles de trafic calculent des états statiques. Les états futurs doivent en principe être générés en faisant tourner plusieurs fois le modèle. Il convient alors de tenir compte des développements suivants

- Evolution des conditions-cadres - modifications des revenus, des valeurs temporelles et développements autonomes (c.-à-d. ne dépendant pas du projet) dans la zone habitée
- Rétroactions dans la zone habitée provoquées par le projet. Un modèle de trafic et de la zone habitée est pour cela nécessaire, à moins que des réflexions plus simples quant à ces effets soient utilisées

Il faut faire tourner le modèle pour les horizons temporels suivants

- Mise en service des premières mesures
- A partir de la mise en service des premières mesures, tous les 5 ans jusqu'au minimum 15 ans après la mise en service des dernières mesures

Une interpolation linéaire est à prévoir en ce qui concerne les années se trouvant entre les résultats du modèle de trafic.

Le développement quant à diverses années dans le futur est mis à jour à partir des résultats du modèle en ce qui concerne la période qui suit le dernier calcul du modèle de trafic. Une analyse de sensibilité de la croissance du trafic doit être faite pour cette période (voir chapitre K).

Il faudra en outre vérifier si, juste après sa mise en service, la nouvelle offre n'est pas encore utilisée totalement. En effet, les modifications de destination ne se produisent que petit à petit, de sorte que les résultats calculés au moyen du modèle de trafic ne sont atteints qu'entre 1...5 années (selon le projet).

23 Fahrzeugkategorien

Notwendig ist eine Unterteilung nach folgenden Fahrzeugkategorien

- Personenwagen inkl. Lieferwagen und Motorräder
- Lastwagen inklusive Sattelschlepper und Reisecars
- Busse des öffentlichen Linienverkehrs

Abhängig vom Projekt kann eine weitere Unterteilung sinnvoll sein.

23 Catégories de véhicules

Il est nécessaire de procéder à une subdivision selon les catégories suivantes de véhicules

- voitures, y c. véhicules de livraison et motocycles
- camions, y c. remorques et cars de tourisme
- bus des lignes de transports publics

En fonction du projet, une subdivision supplémentaire peut s'avérer judicieuse.

Indikator	Ermittlung über Verkehrsmodell	Benötigte Daten						Beschreibung
		Distanzenmatrix [km] <sup>1,2</sup>	Fahrzeugfahrtenmatrix [Fz/Zeit]	Personenfahrtenmatrix [Pers./Zeit]	Reisezeitmatrix [Min.] <sup>1</sup>	Streckenbelastungen [Fz/Zeit] direkt aus dem Verkehrsmodell	indirekt aus dem Verkehrsmodell	
Baukosten	Nein							
Ersatzinvestitionen	Nein							
Landkosten	Nein							
Unterhaltskosten	Nein							
Betriebskosten der Strassen	Nein							
Auswirkungen auf den ÖV	Nein / Ja							Betriebskosten Schiene: Nein / Betriebskosten Strasse: siehe Betriebskosten Fahrzeuge
	Ja	X	X	X			X	Veränderung der Einnahmen im ÖV pro Jahr
Betriebskosten Fahrzeuge	Ja	X	X				X	Distanzen und Anzahl Fahrzeugfahrten pro Jahr je Relation und Fahrzeugkategorie
Reisezeitveränderungen	Ja			X	X		X	Reisezeit und Anzahl Personenfahrten pro Jahr je Relation, differenziert nach Fahrzeugkategorie und Fahrtzweck für verschiedene Zeitabschnitte
Veränderungen Zuverlässigkeit	Ja			X			X	Siehe Detailnorm SN 671 815: Bewertung und Abschätzung der Zuverlässigkeit im Verkehr
Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr	Ja	X	X				X	Distanzen und Anzahl Fahrzeugfahrten pro Jahr je Relation und Fahrzeugkategorie
Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr	Ja	X	X				X	Distanzen und Anzahl Fahrzeugfahrten pro Jahr je Relation und Fahrzeugkategorie
Finanzierungskosten	Nein							
Nettonutzen im Mehrverkehr	Ja	X	X	X	X		X	Distanzen und Anzahl Fahrzeugfahrten sowie Reisezeit und Anzahl Personenfahrten pro Jahr je Relation und Fahrzeugkategorie, für Reisezeiten auch differenziert nach Fahrtzweck für verschiedene Zeitabschnitte
Veränderung MWST- Einnahmen im ÖV	Ja	X	X				X	Veränderung der Einnahmen im ÖV pro Jahr
Unfälle	Ja					X	X	Siehe Detailnorm SN 671 814: Unfallraten und Unfallkostensätze im Verkehr Im Wesentlichen ist die jährliche Fahrleistung je Strassentyp und Fahrzeugkategorie massgebend
Lärm	Ja					X	X	Siehe Detailnorm SN 671 818: Externe Kosten im Strassenverkehr Im Wesentlichen ist dies die massgebende Streckenbelastung je Fahrzeugkategorie getrennt nach Tag (6 bis 22 Uhr) und Nacht (22 bis 6 Uhr)
Luftverschmutzung	Ja					X	X	Siehe Detailnorm SN 671 818: Externe Kosten im Strassenverkehr Im Wesentlichen ist die jährliche Fahrleistung je Strassentyp und Fahrzeugkategorie massgebend
Klima	Ja	X	X				X	Siehe Detailnorm SN 671 818: Externe Kosten im Strassenverkehr Im Wesentlichen ist die jährliche Fahrleistung je Strassentyp und Fahrzeugkategorie massgebend
Externe Kosten der Energie durch Betrieb der Infrastruktur	Nein							
Bodenversiegelung	Nein							
Landschafts- und Ortsbild	Nein							

<sup>1</sup> Bestehen für eine Relation mehrere relevante Routenalternativen, ist für diese Relation bei Distanzen und Reisezeiten jeweils der gewichtete Mittelwert über die verschiedene Routen zu wählen

<sup>2</sup> Die Distanzen sollten nach In- und Ausland differenziert werden, um unterschiedliche Steuersätze berücksichtigen zu können

**Tab. 2**  
Notwendige Daten aus dem Verkehrsmodell

Indicateur	Détermination au moyen du modèle de transport	Données nécessaires							
		Description							
		matrice des distances [km] <sup>1,2</sup>	matrice des déplacements de véhicules [véh./t]	matrice des déplacements de personnes [pers./t]	matrice des durées du trajet [min.] <sup>1</sup>	charges des tronçons [véh./t]	provenant directement du modèle de transport	provenant indirectement du modèle de transport	
Coûts de construction	non								
Investissements de remplacement	non								
Coûts du terrain	non								
Coûts d'entretien	non								
Coûts d'exploitation des routes	non								
Effets sur les TP	non / oui								Coûts d'exploitation rail: non / coûts d'exploitation route: voir coûts d'exploitation des véhicules
	oui	X	X					X	Modification des recettes des TP par année
Coûts d'exploitation des véhicules	oui	X	X					X	Distances et nombre de déplacements de véhicules par année par relation et catégorie de véhicules
Modifications de la durée du trajet	oui			X	X			X	Durée du trajet et nombre de déplacements de personnes par année par relation, différenciés selon les catégories de véhicules et les motifs de déplacement pour divers intervalles de temps
Modifications de la fiabilité	oui			X				X	Voir norme de détail SN 671 815: évaluation de la fiabilité dans le trafic
Recettes des impôts sur les carburants et péages pour le trafic supplémentaire	oui	X	X					X	Distances et nombre de déplacements de véhicules par année par relation et catégorie de véhicules
Recettes des impôts sur les carburants et péages pour le trafic existant	oui	X	X					X	Distances et nombre de déplacements de véhicules par année par relation et catégorie de véhicules
Coûts de financement	non								
Avantages nets du trafic supplémentaire	oui	X	X	X	X			X	Distances et nombre de déplacements de véhicules ainsi que durée du trajet et nombre de déplacements de personnes par année par relation et catégorie de véhicules, également différenciés pour les durées de trajet selon leur motif pour divers intervalles de temps
Modification des recettes de la TVA des TP	oui	X	X					X	Modification des recettes des TP par année
Accidents	oui						X	X	Voir norme de détail SN 671 814: taux d'accidents et coûts unitaires des accidents de trafic Pour l'essentiel ce sont les kilomètres parcourus annuels selon le type de route et la catégorie de véhicules qui sont déterminants
Bruit	oui						X	X	Voir norme de détail SN 671 818: coûts externes du trafic routier Pour l'essentiel, il s'agit de la charge de trafic déterminante selon la catégorie de véhicules divisé en jour (6 à 22h.) et nuit (22 à 6h.)
Pollution atmosphérique	oui						X	X	Voir norme de détail SN 671 818: coûts externes du trafic routier Pour l'essentiel, ce sont les kilomètres parcourus annuels selon le type de route et la catégorie de véhicules qui sont déterminants
Climat	oui	X	X					X	Voir norme de détail SN 671 818 : coûts externes du trafic routier Pour l'essentiel, ce sont les kilomètres parcourus annuels selon le type de route et la catégorie de véhicules qui sont déterminants
Coûts externes de l'énergie par l'exploitation de l'infrastructure	non								
Utilisation du sol	non								
Paysage et image du site	non								

<sup>1</sup> Lorsque pour une relation donnée il existe plusieurs possibilités de trajet, il faut utiliser des valeurs pondérées moyennes pour les distances et les durées de déplacement

<sup>2</sup> Il faut différencier selon les distances en Suisse ou à l'étranger afin de tenir compte des taux d'imposition différents entre les pays

## Tab. 2

Données nécessaires provenant du modèle de transport

## 24 Strassentypen

Die Unterteilung nach Strassentypen dient z.B. der Auswertung des Unfallgeschehens. In die Deklaration der Strassentypen einzubeziehen sind

- Ortslage: innerorts, ausserorts
- Strassenart: Autobahn, Hauptstrasse, Nebenstrasse

Siehe auch [11].

## 25 Zeitabschnitte

Die Beurteilung der Auswirkungen erfolgt in der Regel über die Jahreswerte der einzelnen Indikatoren. Diese Jahreswerte setzen sich aus Spitzenstunde, Hauptverkehrszeit und Nebenverkehrszeit zusammen. Deswegen sind drei getrennte Modellrechnungen für diese drei Zeitabschnitte vorzunehmen.

Die zu verwendenden Äquivalente je Raumtyp sind entweder direkt aus relevanten Querschnittszählungen zu berechnen, oder in vereinfachter Form der Norm SN 640 016 «Massgebender Verkehr» [3] zu entnehmen

- Spitzenstunde: 100. Jahresstunde  
Es ist sicherzustellen, dass diese 100. Jahresstunde nicht zufälligerweise einer Ausnahmesituation entspricht. Ist dies der Fall, ist die nächste Stunde zu wählen
- Hauptverkehrszeit: 500. Jahresstunde
- Nebenverkehrszeit: 4'500. Jahresstunde

Sind die Nachfragematrizen bezüglich Morgen- und Abendspitze stark asymmetrisch, darf die 500. Stunde nicht derselben Spitze angehören wie die 100. Stunde. Deshalb ist für die 500. Stunde die nächste Stunde zu wählen, die auf die andere Spitzenzeit fällt.

Diese Jahresstundenzahlen beziehen sich auf die Belastung des gesamten Netzes. Zur Berechnung der Jahreswerte sind die Modellrechnungen zu multiplizieren

- 100. Stunde gilt als Mittelwert für die Stunden 1...300, also mal 300
- 500. Stunde gilt als Mittelwert für die Stunden 301...1000, also mal 700
- 4500. Stunde gilt als Mittelwert für die Stunden 1001...8760, also mal 7'760

In bestimmten Fällen können begründete Ausnahmen bezüglich der Äquivalente gemacht werden.

## 26 Ermittlung von Auswirkungen auf andere Verkehrsträger oder Verkehrsmittel

Die Auswirkungen eines Strassenprojektes auf andere Verkehrsträger oder Verkehrsmittel können vielschichtig sein.

Da der ÖV in den meisten Strassenprojekten als Alternative zum MIV präsent ist, werden abhängig vom Projekt Umsteigeffekte auftreten. Diese sind z.B. als Mehrverkehr auf der Strasse durch Umsteigen vom ÖV und als Veränderung der MWST-Einnahmen im ÖV zu berücksichtigen (sowie allenfalls als weitere Auswirkungen auf den ÖV (Veränderung der Einnahmen und Betriebskosten)).

Geplante künftige Fahrplankonzepte sind dann einzubeziehen, wenn sie rechtlich und finanziell abgesichert sind oder Teil des Projektes bilden.

Langsamverkehr ist modelltechnisch nur zu berücksichtigen, wenn lokale, kleinräumige Auswirkungen zu erwarten sind. Andernfalls sind qualifizierte Abschätzungen ausreichend.

## 24 Types de routes

La subdivision en types de routes sert par exemple à évaluer les coûts des accidents. Il faut inclure dans l'énumération des types de routes

- la situation: route en / hors des localités
- genre de route: autoroute, route principale, route secondaire

Voir aussi [11].

## 25 Périodes

L'évaluation des effets se fait en règle générale à travers les valeurs annuelles des divers indicateurs. Elles se composent des heures de pointe, des périodes de fort et de faible trafic. C'est pourquoi il convient d'entreprendre trois calculs modélisés séparés pour ces trois périodes.

Les équivalences à employer selon le type d'espace doivent être calculées soit directement à partir des comptages de la charge par section, soit sous une forme simplifiée en utilisant la SN 640 016 «Trafic déterminant» [3]

- Heure de pointe: 100<sup>e</sup> heure annuelle  
Il faut s'assurer que cette 100<sup>e</sup> heure annuelle ne corresponde pas par hasard à une situation exceptionnelle. Si c'est le cas, choisir la prochaine heure
- Période de fort trafic: 500<sup>e</sup> heure annuelle
- Période de faible trafic: 4'500<sup>e</sup> heure annuelle

Si les matrices de la demande concernant les pointes matinales et vespérales sont fortement asymétriques, la 500<sup>e</sup> heure ne doit pas provenir de la même pointe que la 100<sup>e</sup> heure. C'est pourquoi il faut choisir comme 500<sup>e</sup> heure la prochaine heure qui tombe sur l'autre période de pointe.

Ces nombres d'heures annuelles se rapportent à la charge de tout le réseau. Pour calculer les valeurs annuelles, il faut multiplier les calculs du modèle

- La 100<sup>e</sup> heure vaut comme valeur moyenne entre 1 et 300 heures, donc par 300
- La 500<sup>e</sup> heure vaut comme valeur moyenne entre 301 et 1000 heures, donc par 700
- La 4500<sup>e</sup> heure vaut comme valeur moyenne entre 1001 et 8760, donc par 7'760

Des exceptions fondées quant aux équivalences peuvent être faites dans certain cas.

## 26 Détermination des effets sur les autres modes ou moyens de transport

Les effets d'un projet routier sur les autres modes ou moyens de transport peuvent être multiples.

Etant donné que les TP existent comme alternative au trafic individuel motorisé, des effets de transfert modaux se produiront en fonction du projet. Ces derniers doivent être pris en compte, par exemple par des augmentations de trafic sur la route au détriment des TP et par des modifications des recettes de la TVA provenant des TP (ainsi que, le cas échéant, en tant qu'effets supplémentaires sur les TP - modification des recettes et des coûts d'exploitation). Les futurs horaires doivent être pris en compte lorsqu'ils sont assurés d'un point de vue légal et financier ou qu'ils forment une partie du projet.

Le trafic lent ne doit être pris en compte techniquement que lorsque des effets locaux sont attendus. Dans le cas contraire, des estimations qualifiées suffisent.

### 27 Ermittlung der Auswirkungen auf die Verkehrsleistungen

Die Umrechnung von Fahrleistungen auf Verkehrsleistungen ist über den Fahrzeugbesetzungsgrad möglich (vgl. [9]).

### 28 Ermittlung der Auswirkungen auf die Reisezeiten

Die Reisezeitveränderungen sind differenziert nach Fahrzeugkategorien, Fahrtzweck, Distanz und Zeitabschnitt auszuwerten. Im Verkehrsmodell ist der Mehrverkehr zu berücksichtigen, da ohne dessen Abbildung die Reisezeitgewinne stark überschätzt werden können. Für die Berechnung des Nutzens aus dem Reisezeitgewinn siehe Ziffer 35 und 50.

### 29 Vereinfachte Abschätzung von Verkehrswirkungen

Der Aufwand für die Modellierung kann der Projektgrösse angepasst werden. Je geringer die Auswirkung einer Massnahme, desto einfacher kann die Abschätzung erfolgen. Massgebend ist der Umfang der teuersten zu untersuchenden Variante. Bei verkehrsorganisatorischen Massnahmen muss das Bearbeitungsniveau über die Zahl der beeinflussten Fahrten abgeschätzt werden.

- Kleine und mittlere Projekte mit Kosten bis 50 Mio. CHF oder mit maximal 50'000 betroffenen Fahrten pro Tag
  - Falls ein geeignetes nationales, kantonales oder regionales Verkehrsmodell vorhanden ist, ist dieses zu verwenden
  - Andernfalls ist eine vereinfachte Abschätzung zulässig
  - Das Verkehrsmodell muss nicht für mehrere Zeithorizonte berechnet werden (vgl. Ziffer 22). Eine einmalige Berechnung auf den Zeitpunkt der Inbetriebnahme der letzten Massnahme kann genügen
- Regionale Grossprojekte mit Kosten von 50...500 Mio. CHF oder bis 500'000 betroffene Fahrten pro Tag
  - Der Einsatz eines geeigneten Verkehrsmodells ist zwingend. Das Modell sollte wenn möglich auf einem nationalen, kantonalen oder regionalen Verkehrsmodell aufbauen
  - Ein unimodales Verkehrsmodell genügt, sofern die erwarteten Auswirkungen auf den ÖV / LV klein sind. Eine pauschale Abschätzung der Wirkung auf ÖV und LV ist vorzunehmen
- Überregionale und nationale Grossprojekte mit Kosten über 500 Mio. CHF oder mehr als 500'000 betroffene Fahrten pro Tag
  - Volles Modell, wie oben beschrieben

### 27 Détermination des effets sur les prestations de transport

La conversion des kilomètres parcourus en prestations de transport est possible au moyen du taux d'occupation du véhicule (voir [9]).

### 28 Détermination des effets sur les durées de déplacement

Les modifications des durées de déplacement sont évaluées de manière différenciée selon les catégories de véhicules, les motifs de déplacement, la distance et les périodes. Dans le modèle de transport, le trafic supplémentaire doit être pris en compte car sinon les diminutions de durée de déplacement peuvent être fortement surestimées. Pour le calcul des avantages résultant des gains réalisés sur la durée de déplacement, voir les chiffres 35 et 50.

### 29 Evaluation simplifiée des influences du trafic

Les coûts de modélisation peuvent être adaptés à la taille du projet. Plus l'effet d'une mesure est petit, plus l'estimation peut être faite simplement. Le périmètre de la variante la plus chère est déterminant. En cas de mesures de gestion du trafic, le niveau de traitement doit être estimé quant au nombre des trajets influencés.

- Petits et moyens projets ayant des coûts jusqu'à 50 millions de francs ou au maximum 50'000 déplacements touchés par jour
  - Si un modèle national, cantonal ou régional approprié existe, il faut l'employer
  - Dans le cas contraire, une estimation simplifiée est autorisée
  - Le modèle de trafic ne doit pas être calculé pour plusieurs horizons temporels (voir chiffre 22). Un calcul unique au moment de la mise en service de la dernière mesure peut suffire
- Grands projets régionaux ayant des coûts entre 50 et 500 millions de francs ou jusqu'à 500'000 déplacements touchés par jour
  - L'emploi d'un modèle de trafic approprié est obligatoire. Le modèle doit si possible se baser sur un modèle de trafic national, cantonal ou régional
  - Un modèle de trafic unimodal suffit pour autant que les effets attendus sur les TP et le trafic lent soient petits. Une estimation forfaitaire de l'effet sur les TP et le trafic lent doit être effectuée
- Grands projets supra-régionaux et nationaux ayant des coûts de plus de 500 millions de francs ou plus de 500'000 déplacements touchés par jour
  - Modèle complet ainsi que décrit plus haut

## H Mengengerüst: Übrige Auswirkungen

### 30 Baukosten

Zu den Baukosten gehören neben den eigentlichen Baukosten auch die Kosten für

- Planung und Projektierung
- Abbruch- und Anpassungsarbeiten
- Leitungsverlegungen
- Lärmschutz
- Bepflanzungen
- Schutz-, Wiederherstellungs-, Ausgleichs- und Ersatzmassnahmen
- Massnahmen, die Umweltbeeinträchtigungen vermindern
- flankierenden Massnahmen, ohne die das Projekt nicht durchführbar ist, ohne die der Nutzen des Projekts massiv beeinträchtigt wird oder mit denen der Nutzen des Projektes deutlich erhöht wird
- Reserven

Es werden nur Kosten berücksichtigt, die entstehen, wenn das Projekt weiter verfolgt wird. Kosten, die vor dem Entscheidungszeitpunkt angefallen sind (z.B. Planungskosten), dürfen nicht mehr berücksichtigt werden. Eine Ausnahme bilden die Landkosten, da das Land wieder verkauft werden könnte.

#### 30.1 Reserven

Um die tatsächlich zu erwartenden Baukosten möglichst genau abzubilden, ist eine Reserve einzuplanen (Tabelle 3)

- Wurde eine umfassende Risikoanalyse durchgeführt, sind neben der mit der Risikoanalyse bestimmten, nötigen Reserve noch Reserven für Unvorhergesehenes von 3% für Strassenprojekte bzw. 6% für Tunnel- und Brückenprojekte vorzusehen
- Wurde keine Risikoanalyse durchgeführt, beträgt die Reserve bei Strassenprojekten 20% und bei Tunnel- und Brückenprojekten 40%
- Bei der Bauzeit ist gegenüber dem normalen Ablauf eine Reserve von 20% (Strasse) bzw. 25% (Tunnel, Brücke) zu berücksichtigen

Bei überregionalen und nationalen Grossprojekten ist vor dem Bauentscheid eine Risikoanalyse durchzuführen.

## H Tableau des performances: autres effets

### 30 Coûts de construction

En plus des coûts de constructions effectifs, il faut aussi inclure dans ces derniers les coûts suivants

- planification, étude de projet
- travaux de démolition et d'adaptation
- déplacements de conduites
- protection anti-bruit
- plantations
- mesures de protection, de remise en état, de compensation
- mesures pour diminuer les atteintes à l'environnement
- mesures d'accompagnement sans lesquelles le projet n'est pas réalisable, sans lesquelles les avantages du projet sont massivement réduits ou grâce auxquelles les avantages du projet sont nettement augmentés
- réserves

On ne doit prendre en compte que les coûts qui se concrétisent lorsque le projet est poursuivi. Les coûts créés avant que la décision d'aller de l'avant soit prise (par ex., les frais de planification) ne doivent plus être pris en compte. Le coût du terrain forme une exception car on pourrait le revendre.

#### 30.1 Réserves

Une réserve doit être prévue pour pronostiquer aussi exactement que possible les coûts finals de construction (voir tableau 3)

- Si une analyse de risque exhaustive a été faite, il faut ajouter aux réserves nécessaires déterminées par ladite analyse une réserve supplémentaire pour imprévus de 3% (projets routiers), respectivement de 6% (projets de tunnels et de ponts)
- Si aucune analyse de risque n'a été faite, la réserve se montera à 20% pour les projets routiers et 40% pour les projets de tunnels et de ponts
- En ce qui concerne la durée de la construction, une réserve de 20% (route), respectivement 25% (tunnels, ponts) sera prise par rapport à un déroulement normal du chantier

Pour les grands projets supra-régionaux et nationaux, il faut faire une analyse du risque avant de décider de construire.

<b>Reserven (Zuschlag auf Investitionskosten bzw. Bauzeit in Prozent)</b> <i>Réserves (supplément sur les coûts d'investissement, resp. sur la durée de la construction en pourcent)</i>			
	Investitionskosten <sup>1</sup> <i>Coûts d'investissement<sup>1</sup></i>		Bauzeit <i>Durée de la construction</i>
	mit Risikoanalyse <i>avec analyse de risque</i>	ohne Risikoanalyse <sup>2</sup> <i>sans analyse de risque<sup>2</sup></i>	
Strasse <i>Route</i>	≥ 3%	20%	20%
Tunnel, Brücke <i>Tunnel, pont</i>	≥ 6%	40%	25%

<sup>1</sup> Die Investitionskosten umfassen die Baukosten, Ersatzinvestitionen und Landkosten

<sup>2</sup> Bei überregionalen und nationalen Grossprojekten ist eine Risikoanalyse durchzuführen. Diese Zahl dient also für kleine und mittlere Projekte sowie regionale Grossprojekte, die auf eine Risikoanalyse verzichten, oder für eine Grobevaluation (vgl. Kapitel B)

<sup>1</sup> Les coûts d'investissement englobent les coûts de construction, les investissements de remplacement et les coûts du terrain

<sup>2</sup> Pour les grands projets supra-régionaux et nationaux, il faut faire une analyse du risque. Ces chiffres servent donc pour les petits et les moyens projets ainsi que pour les grands projets régionaux dans lesquels on renonce à une analyse de risque. Ils servent aussi d'évaluation grossière (voir chapitre B)

**Tab. 3**

Reserven (Zuschlag auf Investitionskosten bzw. Bauzeit in Prozent)

**Tab. 3**

Réserves (supplément sur les coûts d'investissement, resp. sur la durée de la construction en pourcent)

### 30.2 Aufteilung der Baukosten

Die Baukosten sind aufgrund von Schätzungen auf die einzelnen Jahre der Planungs- und Bauphase aufzuteilen. Ausserdem sind die Baukosten auf ihre einzelnen Bestandteile aufzuteilen. Für die Bestandteile gelten die in Tabelle 4 dargestellten Lebensdauern.

### 30.3 Restwerte

Endet die Lebensdauer eines Bestandteils (Erst- und Ersatzinvestitionen) nach dem Ende des Betrachtungszeitraums, so muss im Jahr nach Ablauf des Betrachtungszeitraumes ein Restwert berücksichtigt werden. Dieser Restwert berechnet sich mittels linearer Abschreibung ab dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme des Bestandteils über die Lebensdauer des Bestandteils.

### 31 Ersatzinvestitionen

Ist die Lebensdauer eines Bestandteiles kürzer als der Betrachtungszeitraum, so müssen Ersatzinvestitionen getätigt werden. Die Höhe der Ersatzinvestitionen ist möglichst genau abzuschätzen. Ist eine Abschätzung nicht möglich, so kann unterstellt werden, dass die Ersatzinvestitionen (real) gleich hoch sind wie die Erstinvestitionen.

### 32 Landkosten

Zu den Landkosten zählen der Wert des Landes, über das die neue Strasse führt, allfällige Wertminderung von angrenzendem Land (inkl. Kompensationszahlungen) sowie allfällige Transaktionskosten (Kosten für Grundstückmakler, Notar und Enteignungsverfahren).

In die KNA geht der Wert des Landes ein (d.h. die echten Opportunitätskosten, die vom Kaufpreis abweichen können).

Die Landkosten sind in dem Jahr in der KNA zu berücksichtigen, in dem das Land einer anderweitigen Nutzung entzogen wird.

### 30.2 Répartition des coûts de construction

Les coûts de construction doivent être répartis sur les années des phases de planification et de construction sur la base d'estimations. Les coûts doivent en outre être répartis selon les durées de vie spécifiques des différents éléments d'après le tableau 4.

### 30.3 Valeurs résiduelles

Lorsque la durée de vie d'un élément (premier investissement et investissement de remplacement) expire après la période prise en considération, il faut alors tenir compte d'une valeur résiduelle après la fin de la période. Cette valeur résiduelle se calcule au moyen d'un amortissement linéaire durant la durée de vie de l'élément à partir de sa mise en service.

### 31 Investissements de remplacement

Si la durée de vie d'un élément est plus courte que la période prise en considération, il faut avoir recours aux investissements de remplacement. Leur montant doit être estimé aussi exactement que possible. Si une estimation n'est pas possible, on peut alors admettre que les investissements de réserve (réels) sont du même niveau que les premiers investissements.

### 32 Coûts du terrain

Les coûts du terrain comprennent la valeur du terrain sur lequel passe la nouvelle route, les diminutions de valeur potentielles des terrains avoisinants (y c. les paiements compensatoires) ainsi que les coûts de transaction (frais d'agent immobilier, de notaire, d'expropriation).

La valeur du terrain utilisée dans l'ACA peut différer du prix d'achat parce qu'elle reflète les vrais coûts d'opportunité.

Les coûts du terrain doivent être pris en compte dans l'ACA à partir de l'année au cours de laquelle le terrain change d'affectation.

<b>Lebensdauern für verschiedene Baubestandteile</b> <i>Durées de vie des divers éléments</i>	
Baubestandteile <i>Eléments</i>	Lebensdauer <i>Durée de vie</i>
Planung und Bauleitung <i>Planification et direction des travaux</i> Landkosten <i>Coût du terrain</i>	Unendlich <i>infini</i>
Untergrund, Unterbau, Wälle, Frostschutzschichten, Ausgleichsmassnahmen <i>Sous-sol, fondations, remblais, couches de protection contre le gel, mesures de compensation</i> Entwässerung <i>Evacuation des eaux</i> Hangsicherung <i>Stabilisation des talus</i> Tragschichten <i>couches porteuses</i>	90  75  65  50
Fahrbahndecken <i>Revêtement de chaussée</i> – Bituminös (Binder / Deckschicht) <i>Bitumineux (couche d'adhérence, couche d'usure)</i> – Beton <i>Béton</i> – Pflaster <i>Pavés</i>	25 <sup>2</sup>  20  25  50
Brücken, Galerien und Tunnel in offener Bauweise <i>Ponts, galeries et tunnel à ciel ouvert</i> – Tragwerk und Unterbau <i>Structure porteuse et fondations</i> – Brückenausrüstung <i>Equipement de pont</i>	50 <sup>2</sup>  75  20
Stützwände <i>Mur de soutènement</i>	60
Tunnel in bergmännischer Bauweise <i>Tunnel creusé</i> – Tunnelbauwerk <i>Ouvrage (tunnel)</i> – Tunnelausrüstung <i>Equipement du tunnel</i>	50 <sup>2</sup>  100  20
Ausstattung <i>Equipement</i> Lärmschutzwände und –fenster <i>Parois et fenêtres anti-bruit</i> Leitschranken, Zäune, Randborde <i>glissières de sécurité, clôture, bordures</i>	15  25  50

- 1 Die Kosten für Planung und Bauleitung sind bei ihrem Anfallen zu berücksichtigen. Es sind keine Ersatzinvestitionen und keine Restwerte für diese Kosten mit einzubeziehen
- 2 Dieser Wert ist nur zu benutzen, wenn keine genaueren Angaben über die Aufteilung der Kosten vorliegen

**Tab. 4**  
Lebensdauern für verschiedene Baubestandteile

- 1 Les coûts de planification et de direction des travaux doivent être pris en compte au moment de leur occurrence. Aucun investissement de réserve et aucune valeur résiduelle ne doivent être inclus pour ces coûts
- 2 Cette valeur ne doit être employée que si aucune donnée plus précise n'existe quant à la répartition des coûts

**Tab. 4**  
Durées de vie des divers éléments

### 33 Betriebs- und Unterhaltskosten der Strassen

Die Betriebs- und Unterhaltskosten umfassen

- Betriebskosten (wie Signalisation, Verkehrskontrolle, Mauterhebung, Winterdienst, Säuberung, Grünpflege, Entwässerung, Beleuchtung, Tunnelbelüftung)
- Routineunterhalt (wie kleine lokale Reparaturen sowie die üblichen periodischen Instandhaltungsarbeiten)

Es ist zu berücksichtigen, dass der Bau einer neuen Strasse zu Einsparungen von Erneuerungskosten auf einer anderen, durch den Neubau entlasteten Strecke führen können, da die Erneuerungen dort entbehrlich werden oder auf später verschoben werden können.

Die Kostensätze für Betriebs- und Unterhaltskosten werden in [13] vorgegeben.

### 34 Auswirkungen auf den öffentlichen Strassenverkehr

Die Auswirkungen auf den öffentlichen Strassenverkehr können Veränderungen der Reisezeit, der Betriebskosten und der Einnahmen des ÖV-Betreibers umfassen. Die Veränderungen der Reisezeiten und der Betriebskosten werden im Rahmen der entsprechenden Indikatoren berechnet (vgl. Ziffern 35, 37, 50 und 51).

Die Veränderung der Einnahmen ergibt sich aus der Multiplikation des Umsteigeeffektes (in Personenkilometern oder in Personenfahrten aus dem Verkehrsmodell) mit dem durchschnittlichen Ertrag des betroffenen ÖV-Unternehmens.

### 35 Reisezeitveränderungen

Die Reisezeitgewinne des Stammverkehrs werden nach folgender Formel berechnet

$$\text{Reisezeitgewinne} = \sum_k B_k \sum_i \sum_j F_{i,j,k} \Delta t_{i,j,k}$$

wobei

$$F_{i,j,k}^0 = \min \{F_{i,j,k}^0, F_{i,j,k}^P\}$$

$F_{i,j,k}^0$  = Anzahl Fahrzeugfahrten im Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j der Fahrzeugkategorie k

$F_{i,j,k}^P$  = Anzahl Fahrzeugfahrten in der Projektvariante P auf der Relation von i nach j der Fahrzeugkategorie k

$B_k$  = Besetzungsgrad (Anzahl Personen pro Fahrzeug) der Fahrzeugkategorie k

$\Delta t_{i,j,k}$  = Reisezeitveränderung in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j (d.h.  $\Delta t_{i,j,k} = t_{i,j,k}^0 - t_{i,j,k}^P$ ) der Fahrzeugkategorie k

Die Reisezeitveränderungen werden mit dem Anteil des Güterverkehrs am Gesamtverkehr auf den Güter- und Personenverkehr aufgeteilt. Angaben zum Anteil des Güterverkehrs werden dem Verkehrsmodell entnommen. Je nach Projekt sind auch die Reisezeitveränderungen im öffentlichen Strassenverkehr zu berücksichtigen.

### 33 Coûts d'exploitation et d'entretien des routes

Les coûts d'exploitation et d'entretien englobent

- Les coûts d'exploitation (comme la signalisation, le contrôle du trafic, le prélèvement d'un péage, l'entretien hivernal, le nettoyage, entretien des plantations, l'évacuation des eaux, l'éclairage, la ventilation dans les tunnels).
- L'entretien usuel (comme les petites réparations locales et les travaux de maintenance réguliers).

Il faut tenir compte du fait que la construction d'une nouvelle route peut induire des économies de frais de renouvellement sur un autre tronçon déchargé grâce à la nouvelle construction, car ces frais deviennent inutiles ou peuvent être repoussés à plus tard.

Les coûts unitaires d'exploitation et d'entretien sont donnés dans [13].

### 34 Effets sur les transports publics routiers

Les effets sur les transports publics routiers peuvent englober des modifications de durée de déplacement, de coûts d'exploitation et de recettes des exploitants de TP. Les modifications de durée de déplacement et de coûts d'exploitation sont calculées dans le cadre des indicateurs correspondants (voir chiffres 34, 37, 50 et 51).

La modification des recettes se détermine par la multiplication des effets de transfert (en personne-kilomètre ou en personne-trajet à partir du modèle de trafic) par la recette moyenne des entreprises de TP concernées.

### 35 Modifications des durées de déplacement

Les diminutions de durées de déplacement du trafic existant se calculent selon la formule suivante

Diminution de durées de déplacement

$$= \sum_k B_k \sum_i \sum_j F_{i,j,k} \Delta t_{i,j,k}$$

où

$$F_{i,j,k}^0 = \min \{F_{i,j,k}^0, F_{i,j,k}^P\}$$

$F_{i,j,k}^0$  = nombre des trajets de véhicules dans le cas de référence 0 sur la relation de i à j réalisé par la catégorie de véhicules k

$F_{i,j,k}^P$  = nombre des trajets de véhicules dans la variante de projet P sur la relation de i à j réalisé par la catégorie de véhicule k

$B_k$  = taux d'occupation (nombre de personnes par véhicule) de la catégorie de véhicules k

$\Delta t_{i,j,k}$  = modification de la durée de déplacement dans la variante de projet P en comparaison avec le cas de référence 0 sur la relation de i à j (c.-à-d.  $\Delta t_{i,j,k} = t_{i,j,k}^0 - t_{i,j,k}^P$ ) réalisé par la catégorie de véhicules k

Les modifications des durées de déplacement sont réparties entre le trafic des personnes et le trafic des marchandises au moyen de la proportion du trafic des marchandises par rapport au trafic global. Les données sur la proportion du trafic des marchandises sont prises du modèle de trafic. Selon le projet, les modifications des durées de déplacement des transports publics routiers doivent être pris en compte.

Reisezeitgewinne von Ausländern sind zu berücksichtigen (dies gilt auch für Betriebskosteneinsparungen und Gewinne an Zuverlässigkeit). Die Vernachlässigung würde grenznahe Projekte benachteiligen. Es kann jedoch eine regionale Teilbilanz für die Ausländer erstellt werden.

Reisezeitverluste während des Baus oder Unterhalts der Strasse sind zu berücksichtigen (oder es ist zu begründen, warum (beinahe) keine Zeitverluste während dem Bau zu erwarten sind). Die Reisezeitverluste können nach einer einfachen Methode abgeschätzt werden: Die Dauer der Behinderung wird multipliziert mit der Verkehrsmenge pro Tag auf der betroffenen Strasse, dem erwarteten durchschnittlichen Zeitverlust pro Fahrzeug und dem durchschnittlichen Besetzungsgrad (Anzahl Personen pro Fahrzeug). Bei der Berechnung des durchschnittlichen Zeitverlustes kann es wichtig sein, zwischen verschiedenen Zeitabschnitten zu unterscheiden (vgl. Ziffer 25).

36 *Nettonutzen des Mehrverkehrs*

Der Nettonutzen des Mehrverkehrs wird nach folgender Formel berechnet

$$\text{Nettonutzen des Mehrverkehr} = 0.5 \sum_k \sum_i \sum_j |\Delta F_{i,j,k}| \Delta BK_{i,j,k} + 0.5 \sum_k B_k \sum_i \sum_j |\Delta F_{i,j,k}| \Delta ZK_{i,j,k}$$

wobei

$|\Delta F_{i,j,k}|$  = Absolute Differenz der Anzahl Fahrzeugfahrten in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j in der Fahrzeugkategorie k

$\Delta BK_{i,j,k}$  = Veränderung der Betriebskosten Fahrzeug (inkl. Treibstoff, Steuern und Maut) in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf einer Fahrt von i nach j (d.h.  $\Delta BK_{i,j,k} = BK_{i,j,k}^0 - BK_{i,j,k}^P$ ) in der Fahrzeugkategorie k

$\Delta ZK_{i,j,k}$  = Veränderung der Zeitkosten (Reisezeit und Zuverlässigkeit) in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf einer Fahrt von i nach j (d.h.  $\Delta ZK_{i,j,k} = ZK_{i,j,k}^0 - ZK_{i,j,k}^P$ ) in der Fahrzeugkategorie k

$B_k$  = Besetzungsgrad (Anzahl Personen pro Fahrzeug) der Fahrzeugkategorie k

Die Summe von  $\Delta BK$  und  $B_k \Delta ZK$  entspricht der Veränderung der generalisierten Transportkosten.

37 *Betriebskosten Fahrzeuge*

Die Veränderung der Betriebskosten im Stammverkehr ergibt sich als Multiplikation der Veränderung der Fahrzeugkilometer mit den Kosten pro Fahrzeugkilometer (vgl. Ziffer 51). Die Abnahme der Fahrzeugkilometer kann mit derselben Formel berechnet werden wie die Reisezeitveränderungen in Ziffer 35, wobei  $\Delta t_{i,j}$  durch  $\Delta d_{i,j}$  (= Veränderung der Distanz) ersetzt werden muss und der Besetzungsgrad aus der Berechnung herausfällt.

Falls während der Bauphase Umwegfahrten nötig sind, sind diese zu berücksichtigen. Die zusätzlichen Fahrzeugkilometer aufgrund der Umleitung können mit dem Verkehrsmodell ermittelt oder grob abgeschätzt werden, indem die Dauer der Umleitung multipliziert wird mit der Verkehrsmenge pro Tag und der Verlängerung der Strecke pro Fahrzeug.

Les diminutions de durées de déplacement des étrangers doivent être pris en compte (c'est également valable pour les économies de coûts d'exploitation et pour les gains en fiabilité). Leur non-prise en compte désavantagerait les projets à proximité d'une frontière. On peut cependant faire un bilan régional partiel pour les étrangers.

Les pertes occasionnées sur la durée de déplacement pendant la construction ou l'entretien de la route doivent être prises en compte (ou il faut justifier pourquoi (approximativement) aucune perte de temps n'est occasionnée par les travaux). Les pertes occasionnées sur la durée de déplacement peuvent être estimées au moyen d'une méthode simple: la durée des entraves au trafic est multipliée par le trafic journalier sur la route concernée, par la perte de temps moyenne par véhicule et par le taux d'occupation moyen (nombre de personnes par véhicule). Lors du calcul de la perte de temps moyenne, il peut être important de différencier entre les diverses périodes (voir chiffre 25).

36 *Avantage net du trafic supplémentaire*

L'avantage net du trafic supplémentaire se calcule selon la formule suivante

$$\text{Avantage net du trafic supplémentaire} = 0.5 \sum_k \sum_i \sum_j |\Delta F_{i,j,k}| \Delta BK_{i,j,k} + 0.5 \sum_k B_k \sum_i \sum_j |\Delta F_{i,j,k}| \Delta ZK_{i,j,k}$$

où

$|\Delta F_{i,j,k}|$  = différence absolue du nombre des trajets de véhicules dans la variante de projet P en comparaison avec le cas de référence 0 sur la relation de i à j selon la catégorie de véhicules k

$\Delta BK_{i,j,k}$  = modification des coûts d'exploitation du véhicule (y c. carburant, impôts et péage) dans la variante de projet P en comparaison avec le cas de référence 0 sur un trajet de i à j (c.-à-d.  $\Delta BK_{i,j,k} = BK_{i,j,k}^0 - BK_{i,j,k}^P$ ) selon la catégorie de véhicules k

$\Delta ZK_{i,j,k}$  = modification des coûts horaires (durée de déplacement et fiabilité) dans la variante de projet P en comparaison avec le cas de référence 0 sur un trajet de i à j (c.-à-d.  $\Delta ZK_{i,j,k} = ZK_{i,j,k}^0 - ZK_{i,j,k}^P$ ) selon la catégorie de véhicules k

$B_k$  = taux d'occupation (nombre de personnes par véhicule) de la catégorie de véhicule k

La somme de  $\Delta BK$  et de  $B_k \Delta ZK$  correspond à la modification des coûts de transport généralisés.

37 *Coûts d'exploitation des véhicules*

La modification des coûts d'exploitation du trafic existant résulte de la multiplication de la modification des véhicule-kilomètres par les coûts kilométriques spécifiques au type de véhicule (voir chiffre 51). La diminution des véhicules-kilomètres peut être calculée avec la même formule que celle utilisée pour les modifications de la durée de déplacement au chiffre 34, où  $\Delta t_{i,j}$  doit être remplacé par  $\Delta d_{i,j}$  (= modification de la distance), le taux d'occupation disparaissant du calcul.

Au cas où des déviations sont nécessaires durant la phase de construction, il faut en tenir compte. Les véhicules-kilomètres supplémentaires parcourus à cause de la déviation peuvent être déterminés à l'aide du modèle de trafic ou bien être estimés grossièrement en multipliant la durée de la déviation par la quantité de trafic journalier et l'allongement du parcours par véhicule.

### 38 *Veränderung der Zuverlässigkeit*

Das Mengengerüst der Veränderung der Zuverlässigkeit wird in [12] festgelegt.

### 39 *Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr*

Die Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr ergeben sich als

$$\text{Zusätzliche Einnahmen} = \text{TSM} \sum_i \sum_j \Delta F_{i,j} d_{i,j}^P$$

wobei

TSM = Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut pro Kilometer (vgl. Ziffer 53)

$\Delta F_{i,j}$  = Zunahme der Anzahl Fahrzeugfahrten in der Projektvariante P im Vergleich zum Referenzfall 0 auf der Relation von i nach j

(d.h.  $\Delta F_{i,j} = F_{i,j}^P - F_{i,j}^0$ )  
 $d_{i,j}^P$  = Distanz (in km) in der Projektvariante P auf der Relation von i nach j

### 40 *Veränderung der MWST-Einnahmen im öffentlichen Verkehr*

Die Veränderung der MWST-Einnahmen ergibt sich aus der Multiplikation des Umsteigeeffektes (in Personenkilometern oder in Personenfahrten aus dem Verkehrsmodell getrennt für den öffentlichen Strassen- und Schienenverkehr) mit dem durchschnittlichen Ertrag der betroffenen ÖV-Unternehmen und dem MWST-Satz.

### 41 *Unfälle*

In [11] wird beschrieben, wie sich die Anzahl Unfälle durch ein Projekt verändert.

### 42 *Lärm*

Das Mengengerüst wird in [15] ermittelt.

### 43 *Luftverschmutzung*

Das Mengengerüst wird in [15] festgeschrieben.

### 44 *Klima*

Das Mengengerüst wird in [15] erläutert.

### 45 *Externe Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur*

Das Mengengerüst wird in [15] festgelegt.

### 46 *Bodenversiegelung*

Das Mengengerüst (durch das Projekt neu versiegelte (oder entsiegelte) Flächen) wird in [15] beschrieben.

### 38 *Modification de la fiabilité*

Le tableau des performances de la modification de la fiabilité est donné dans [12].

### 39 *Recettes des impôts sur les carburants et des péages du trafic supplémentaire*

Les recettes des impôts sur les carburants et des péages dans le trafic supplémentaire résultent de la formule suivante

$$\text{Recettes supplémentaires} = \text{TSM} \sum_i \sum_j \Delta F_{i,j} d_{i,j}^P$$

où

TSM = recettes des impôts sur les carburants et des péages par kilomètre (voir chiffre 53)

$\Delta F_{i,j}$  = augmentation du nombre de trajets de véhicules dans la variante de projet P en comparaison avec le cas de référence 0 sur la relation de i à j (c.-à-d.  $\Delta F_{i,j} = F_{i,j}^P - F_{i,j}^0$ )

$d_{i,j}^P$  = distance (en km) dans la variante de projet P sur la relation de i à j

### 40 *Modification des recettes de la TVA provenant des transports publics*

La modification des recettes de la TVA résulte de la multiplication des effets de transfert (en personne-kilomètre ou en personne-trajet à partir du modèle de trafic, séparément pour les TP sur route ou sur rail) avec la recette moyenne des entreprises de TP concernées et le taux de TVA.

### 41 *Accidents*

Il est décrit dans [11] comment le nombre des accidents se modifie en fonction d'un projet.

### 42 *Bruit*

Le tableau des performances est donné dans [15].

### 43 *Pollution atmosphérique*

Le tableau des performances est prescrit dans [15].

### 44 *Climat*

Le tableau des performances est décrit dans [15].

### 45 *Coûts externes de consommation d'énergie par l'exploitation de l'infrastructure*

Le tableau des performances est fixé dans [15].

### 46 *Utilisation du sol*

Le tableau des performances (surfaces nouvellement utilisées (ou désaffectées) par le projet) est décrit dans [15].

#### 47 *Landschafts- und Ortsbild*

Das Mengengerüst wird in [15] festgelegt.

#### 48 *Nur in Teilbilanzen relevante Indikatoren*

##### 48.1 Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Stammverkehr

Die Veränderung der Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Stammverkehr ergibt sich als Veränderung der Einnahmen im gesamten Verkehr abzüglich der Einnahmenänderung im Mehrverkehr.

##### 48.2 Finanzierungskosten

Bei der Berechnung der Finanzierungskosten ist von den tatsächlichen (bzw. den erwarteten) Kosten auszugehen: In den frühen Jahren der Bauphase werden die erhaltenen Kredite und in den späteren Jahren die Rück- und Zinszahlungen berücksichtigt. Dabei ist der nominale Zinssatz des Kredites um die erwartete Inflation zu reduzieren, um den realen Zinssatz zu erhalten, mit dem der Kredit real verzinst werden muss. Zur Berechnung des Nettobarwertes aus den Kredit-, Rück- und Zinszahlungen wird der übliche Diskontsatz verwendet.

### I **Bestimmung des Wertgerüsts**

#### 49 *Grundregeln*

Die im folgenden dargestellten Grundregeln gelten auch für Indikatoren, die in Ziffer 17 nicht aufgeführt sind, aber z.B. dank neuen Forschungsergebnissen zukünftig in der KNA berücksichtigt werden können.

##### 49.1 Bewertungsmethode

Bei der Bewertung der verschiedenen Auswirkungen eines Projektes sind die folgenden Bewertungsmethoden zu verwenden (vgl. Abbildung 3)

- Liegen Marktpreise vor, sind diese zu benutzen
- Ohne Marktpreise ist wenn möglich der Schadenskosten-Ansatz zu verwenden. Existieren Zahlen aus dem Hedonic Pricing Ansatz, sind diese zu verwenden, ansonsten kommt der Zahlungsbereitschafts-Ansatz zur Anwendung
- Liegen auch keine (zuverlässigen) Schadenskosten-schätzungen vor, kann auch der Vermeidungskostenansatz (oder gar der Reparatur- oder Ersatzkosten-Ansatz) zum Einsatz kommen

#### 47 *Paysage et image du site*

Le tableau des performances est fixé dans [15].

#### 48 *Indicateurs qui ne sont pertinents que dans les bilans partiels*

##### 48.1 Recettes des impôts sur les carburants et des péages dans le trafic existant

La modification des recettes des impôts sur les carburants et des péages dans le trafic existant résulte de la modification des recettes globales du trafic moins la modification des recettes du trafic supplémentaire.

##### 48.2 Coûts de financement

Il faut se baser sur les coûts effectifs (resp. attendus) lors du calcul des coûts de financement: on tient compte des crédits obtenus durant les premières années de la phase de construction et des remboursements ainsi que des intérêts durant les années ultérieures. Pour ce faire, il convient de réduire le taux d'intérêt nominal du crédit du taux d'inflation attendu afin d'obtenir le taux d'intérêt réel appliqué au crédit. Pour calculer la valeur actuelle nette du crédit, des remboursements et des intérêts, on utilise le taux d'actualisation habituel.

### I **Détermination du tableau des valeurs**

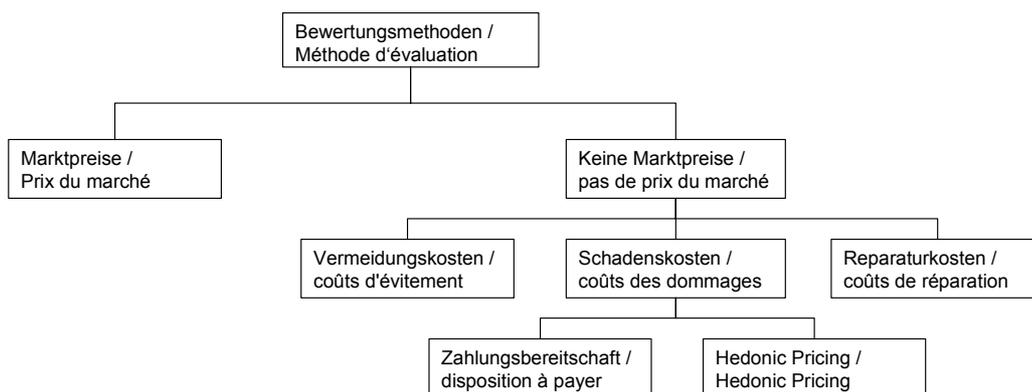
#### 49 *Règles de base*

Les règles de base décrites ci-après sont aussi valables pour les indicateurs qui ne sont pas mentionnés au chiffre 17, mais qui pourraient être à l'avenir retenus dans une ACA, par ex., sur la base de nouvelles études.

##### 49.1 Méthode d'évaluation

Lors de l'évaluation des différents effets d'un projet, il faut utiliser les méthodes d'évaluation suivantes (voir figure 3)

- Si les prix du marché sont à disposition, il faut les utiliser
- En l'absence de prix du marché, il faut si possible utiliser l'approche par les coûts des dommages. S'il existe des chiffres provenant de l'approche "Hedonic Pricing", il faut les utiliser, sinon il faut utiliser l'approche par la disposition à payer
- S'il n'existe également pas d'estimation (fiable) du coût des dommages, on peut aussi utiliser l'approche par les coûts d'évitement (ou même l'approche par les coûts de réparation ou de remplacement)



**Abb. 3**  
Übersicht über verschiedenen Bewertungsmethoden

#### 49.2 Reale Preise und Preisstand

Die Berechnung der KNA erfolgt zu realen Preisen. Für jede KNA ist ein einheitlicher Preisstand zu wählen, der aber in verschiedenen Untersuchungen nicht gleich sein muss, da das Entscheidungskriterium unabhängig vom Preisstand ist. Die Detailnormen SN 641 822...SN 641 828 schreiben vor, wie das Wertgerüst auf den Preisstand der KNA umgerechnet werden muss.

#### 49.3 Faktorpreise

Die Kosten und Nutzen sind in Faktorpreisen (nicht Marktpreisen) anzugeben, d.h. die indirekten Steuern sind herauszurechnen.

#### 49.4 Örtliche Differenzierung

In den SN 641 820...SN 641 828 werden jeweils Schweizer Durchschnittswerte gegeben. Es ist aber zulässig, von den Durchschnittswerten abzuweichen, wenn zuverlässige, methodisch gleichwertige lokale Zahlen vorliegen. In diesem Fall sind die verwendeten lokalen Daten genau zu dokumentieren und Abweichungen vom Schweizer Durchschnitt sind auszuweisen und zu begründen. Auch beim Mengengerüst ist es zulässig, lokale Daten zu verwenden.

#### 49.5 Durchschnitts- versus Grenzkostensätze

Bei der Bewertung von Effekten auf die Umwelt sind wenn möglich Grenzkosten (zusätzliche Kosten durch das Projekt im Vergleich zum Referenzfall) zu verwenden. Häufig sind jedoch keine Grenzkostensätze verfügbar, in diesem Fall sind Durchschnittskostensätze zu benutzen.

#### 49.6 Entwicklung des Wertgerüsts über die Zeit

Das Wertgerüst bleibt über die Zeit meist nicht real unverändert. Insbesondere nehmen Kostensätze, die auf Zahlungsbereitschaften beruhen, mit dem Reallohnwachstum zu. Eine Fortschreibung der Kostensätze ist also nötig, erfolgt aber unterschiedlich, je nachdem welcher Kostensatz betrachtet wird. Deshalb wird die Entwicklung des Wertgerüsts über die Zeit in den Detailnormen SN 641 822...SN 641 828 genauer festgelegt.

**Fig. 3**  
Vue d'ensemble des diverses méthodes d'évaluation

#### 49.2 Prix réels et niveau des prix

Le calcul de l'ACA se fait aux prix réels. Un niveau de prix uniforme doit être choisi pour chaque ACA. Il ne doit cependant pas être le même dans les différentes études car le critère de décision est indépendant du niveau des prix. Les normes de détail SN 641 822...SN 641 828 prescrivent comment le tableau des valeurs doit être recalculé au niveau des prix de l'ACA.

#### 49.3 Prix des facteurs de production

Les coûts et les avantages doivent être donnés en prix des facteurs de production (et non en prix du marché), c.-à-d. que les impôts indirects doivent être soustraits.

#### 49.4 Différenciation locale

Des valeurs suisses moyennes sont données dans les SN 641 820...SN 641 828. Il est cependant autorisé de s'éloigner de ces valeurs moyennes si des chiffres locaux fiables, obtenus méthodiquement de la même manière existent. Les données locales utilisées doivent dans ce cas être exactement documentées, les écarts par rapport à la moyenne suisse devant être démontrés et fondés. Il est aussi autorisé d'employer des valeurs locales pour le tableau des performances.

#### 49.5 Coûts unitaires moyens et coûts unitaires marginaux

Lors de l'évaluation des effets sur l'environnement, il faut utiliser si possible des coûts unitaires marginaux (coûts supplémentaires provoqués par le projet en comparaison avec le cas de référence). Souvent cependant, aucun coût unitaire marginal n'est à disposition; dans ce cas, on emploie les coûts unitaires moyens.

#### 49.6 Développement du tableau des valeurs en fonction du temps

Le tableau des valeurs varie en termes réels le plus souvent en fonction du temps. Les coûts unitaires qui se basent sur la disposition à payer augmentent en particulier avec la croissance réelle des salaires. Une mise à jour des coûts unitaires est donc nécessaire mais a des résultats différents selon quel coût unitaire est considéré. C'est pourquoi le développement dans le temps du tableau des valeurs est précisé dans les normes de détail SN 641 822...SN 641 828.

### 50 Reisezeitveränderungen

Alle Zeitgewinne – auch kleine Zeitgewinne oder Zeitverluste – werden unabhängig vom Einkommen des Reisenden mit demselben Zeitwert (in CHF/h) bewertet, aber nach Fahrtzweck, Distanz und Verkehrsmittel differenziert (siehe [9] und [10]).

### 51 Betriebskosten Fahrzeuge

Als Betriebskosten gelten die variablen Kosten (fahrleistungsabhängige Abschreibung, Reifen, Öl, Wartung, Reparaturen und Treibstoffkosten (ohne Treibstoffsteuern)).

Nur im Güterverkehr und bei Nutzfahrten werden auch die fixen Kosten miteinbezogen (zeitbedingten Abschreibung, Garagierung, Versicherungen, Kapitalzinsen, Fahrzeugpflege, Nebenauslagen (exkl. Fahrzeugsteuern)). Die fixen Fahrzeugkosten werden über die veränderte Reisezeit, nicht über die veränderte Fahrleistung berechnet. Im öffentlichen Verkehr sind auch die Lohnkosten der Fahrer zu berücksichtigen.

Die Kostensätze werden in [14] gegeben, der Anteil der Nutzfahrten am Gesamtverkehr in [9].

### 52 Veränderung der Zuverlässigkeit

Das Wertgerüst wird in [12] festgelegt.

### 53 Einnahmen aus Treibstoffsteuer und Maut im Mehrverkehr

Treibstoffsteuern (vgl. Ziffer 4.34) und Maut (vgl. Ziffer 4.16) pro Fahrzeugkilometer werden in [14] ausgewiesen.

### 54 Unfälle

Die Unfallkosten setzen sich zusammen aus immateriellen Kosten (Schmerz und Leid), medizinischen Behandlungskosten, Nettoproduktionsausfall, Wiederbesetzungskosten (Arbeitsplatz), Sachschäden, Polizeikosten, Rechtsfolgekosten und Administrativkosten.

All diese Kostenbestandteile sind mit dem Marktpreis zu Faktorkosten zu bewerten, ausser den immateriellen Kosten, die mit der Zahlungsbereitschaftsmethode bewertet werden. Die Unfallkostensätze werden in [11] festgelegt.

### 55 Lärm

Der Lärm führt zu einer Beeinträchtigung der Lebensqualität, die über Mietzinsausfälle und Gesundheitskosten (Krankheits- und Todesfälle) bewertet wird. Die Kostensätze werden in [15] gegeben.

### 50 Modifications des durées de déplacement

Tous les gains de temps – aussi les petits gains ou pertes de temps – sont évalués avec la même valeur (en CHF/h.) indépendamment du revenu des voyageurs; ils sont cependant différenciés selon le motif de déplacement, la distance et le moyen de transport (voir [9] et [10]).

### 51 Coûts d'exploitation des véhicules

Les coûts variables (amortissement dépendant de l'utilisation du véhicule, pneus, huile, entretien, réparations et coûts de carburant, sans impôts sur les carburants) comptent comme coûts d'exploitation.

Les coûts fixes ne sont inclus que pour le trafic des marchandises et pour les courses utilitaires (amortissement temporel, stationnement en garage, assurances, intérêts sur le capital, entretien du véhicule, frais annexes (à l'exclusion des taxes sur les véhicules)). Les coûts fixes sont calculés par le biais des durées de trajet modifiées et non par le biais des kilomètres parcourus modifiées. Les coûts salariaux du conducteur doivent aussi être pris en compte pour les TP.

Les coûts unitaires sont donnés dans [14], la part des courses utilitaires par rapport au trafic global étant indiquée dans [9].

### 52 Modification de la fiabilité

Le tableau des valeurs est donné dans [12].

### 53 Recettes des impôts sur les carburants et des péages dues au trafic supplémentaire

Les impôts sur les carburants (voir chiffre 4.34) et les péages (voir chiffre 4.16) par véhicule-kilomètre sont indiqués dans [14].

### 54 Accidents

Les coûts des accidents se composent des coûts immatériels (douleur et souffrance), des coûts des traitements médicaux, de la diminution nette de production, des coûts de remplacement (place de travail), des dégâts matériels, des coûts de la police, des coûts des suites judiciaires et des coûts administratifs.

Toutes ces composantes doivent être déterminées aux prix du marché à des prix des facteurs de production, à l'exception des coûts immatériels qui sont déterminés avec la méthode de la disposition à payer. Les coûts unitaires des accidents sont donnés dans [11].

### 55 Bruit

Le bruit provoque une atteinte de la qualité de vie qui est déterminée par le biais des diminutions de loyers et des coûts de la santé (cas de maladie, morts). Les coûts unitaires sont donnés [15].

**56 Luftverschmutzung**

Bei der Bewertung der Luftverschmutzung sind Gesundheitsschäden (Krankheits- und Todesfälle), Gebäudeschäden und Vegetationsschäden (inkl. Ernteaussfälle) zu berücksichtigen. Das Wertgerüst zur Veränderung der Luftverschmutzung wird in [15] festgeschrieben.

**57 Klima**

Der Ausstoss von Treibhausgasen führt zu einer Klimaerwärmung. Das Wertgerüst wird in [15] erläutert.

**58 Externe Kosten des Energieverbrauchs durch den Betrieb der Infrastruktur**

Der Energieverbrauch durch den Betrieb der Infrastruktur entsteht durch die Beleuchtung der Strasse und durch den Tunnelbetrieb (Beleuchtung, Belüftung). Das Wertgerüst wird in [15] festgelegt.

**59 Bodenversiegelung**

Das Wertgerüst wird in [15] beschrieben.

**60 Landschafts- und Ortsbild**

Das Wertgerüst wird in [15] festgelegt.

**J Bilanzierung von Kosten und Nutzen****61 Vergleichszeitpunkt**

Um die Kosten und Nutzen, die in unterschiedlichen Zeitperioden anfallen, vergleichbar zu machen, müssen sämtliche Ausgaben und Einnahmen auf einen gemeinsamen Vergleichszeitpunkt umgerechnet werden. Der Vergleichszeitpunkt ist der Zeitpunkt der Entscheidung für oder gegen ein Projekt (oder eine Projektvariante).

**62 Diskontsatz**

Zu verschiedenen Zeitpunkten anfallende Einnahmen und Ausgaben besitzen einen unterschiedlichen Wert. Diesem Umstand wird mit der Anwendung eines Diskontsatzes Rechnung getragen, der in [8] bestimmt wird.

**56 Pollution atmosphérique**

Lors de l'évaluation de la pollution atmosphérique, il faut prendre en compte les atteintes à la santé (cas de maladie, mort), les dégâts aux bâtiments et à la végétation (y c. les pertes de récoltes). Le tableau des valeurs des indicateurs de la pollution atmosphérique est prescrit dans [15].

**57 Climat**

L'émission de gaz à effet de serre conduit à un réchauffement du climat. Le tableau des valeurs est décrit dans [15].

**58 Coûts externes de consommation d'énergie lors de l'exploitation de l'infrastructure**

La consommation d'énergie par l'exploitation de l'infrastructure se produit par le biais de l'éclairage de la route et par l'exploitation des tunnels (éclairage, ventilation). Le tableau des valeurs est fixé dans la [15].

**59 Utilisation du sol**

Le tableau des valeurs est décrit dans [15].

**60 Paysage et image du site**

Le tableau des valeurs est fixé dans [15].

**J Bilan des coûts et des avantages****61 Date de référence**

Toutes les dépenses et les recettes doivent être actualisées à une date de référence commune pour pouvoir comparer les coûts et les avantages qui se produisent à des périodes différentes. La date de référence retenue est celle de la décision en faveur ou contre un projet (ou une variante de projet).

**62 Taux d'actualisation**

Les recettes et les dépenses se produisant à divers moments possèdent des valeurs différentes. On tient compte de ce fait par le biais d'un taux d'actualisation qui est déterminé dans la [8].

### 63 Entscheidungskriterien

Ein Projekt (oder eine Projektvariante) ist aus Sicht KNA (d.h. unter Vernachlässigung nicht-monetärer Indikatoren) grundsätzlich zur Realisierung zu empfehlen, wenn die abdiskontierten Nutzen die abdiskontierten Kosten übersteigen und somit der Nettobarwert positiv ist.

Um verschiedene vorteilhafte Projekte oder Projektvarianten in eine Rangliste zu bringen, wird das Nutzen-Kosten-Verhältnis als Mass der Rentabilität verwendet (Kosten und Nutzen werden in Ziffer 17 definiert). Die Rangliste zeigt die rentabelsten Projekte.

Bei beschränktem Budget und beim Vergleich mehrerer Projekte ist zusätzlich eine Rangliste der Projekte aufgrund der Infrastrukturbudgeteffizienz zu bilden, die definiert ist als Verhältnis aus Nettobarwert und der Belastung des Infrastrukturbudgets. Die Belastung des Infrastrukturbudgets entspricht dem Barwert der Kosten, die aus dem beschränkten Budget bezahlt werden müssen. Dies entspricht meist etwa den Investitionskosten (inkl. MWST, vgl. Kommentar). Bei beschränktem Budget zeigt diese Rangliste, mit welchen Projekten der grösstmögliche Nutzenüberschuss erzielt wird.

## K Sensitivitätsanalysen

### 64 Sensitivitätsanalysen

Das Ergebnis einer KNA beruht auf Annahmen. Die Bedeutung dieser Annahmen für das Endergebnis wird anhand ausgewählter Sensitivitätsanalysen abgeschätzt. Dabei ist zu unterscheiden zwischen Annahmen, die keinen Einfluss auf die Verkehrsmodellberechnungen haben, und solchen, die auch bei der Berechnung des Verkehrsmodells benötigt werden. Unabhängig vom Verkehrsmodell sind die folgenden Sensitivitätsanalysen durchzuführen

- Diskontsatz (gemäss [8])
- Baukosten (gemäss Genauigkeit der Kostenschätzung bzw. gemäss der Risikoanalyse)

Die folgenden Annahmen, für die ebenfalls eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen ist, haben jedoch auch einen Einfluss auf die Verkehrsmodellberechnungen

- Zeitwert (gemäss [9] und [10])
- Reallohnwachstum (gemäss verschiedenen plausiblen Entwicklungsszenarien mit einem Minimal- und Maximalwert)
- Verkehrswachstum (gemäss verschiedenen plausiblen Entwicklungsszenarien mit einer minimalen und maximalen Wachstumsentwicklung, vgl. Ziffer 22)

Bei Grossprojekten sind für diese Sensitivitätsanalysen Neuberechnungen des Verkehrsmodells nötig. Bei kleineren Projekten sind die Sensitivitätsanalysen auch durchzuführen, es kann jedoch aus Kostengründen auf Neuberechnungen des Verkehrsmodells verzichtet werden.

### 63 Critères de décision

Du point de vue de l'ACA (c.-à-d. en négligeant les indicateurs non monétaires), il faut recommander de réaliser en principe un projet (ou une variante de projet) lorsque les avantages capitalisés dépassent les coûts capitalisés et que donc la valeur actuelle nette est positive.

Pour classer divers projets ou variantes de projets avantageux, on emploie le rapport avantages/coûts comme mesure de la rentabilité (les coûts et les avantages sont définis au chiffre 17). Le classement montre les projets les plus rentables.

Lorsqu'on a un budget limité, insuffisant pour réaliser tous les projets, et que l'on compare plusieurs projets, il faut en plus former un classement des projets sur la base de l'efficacité du budget d'infrastructure définie comme étant le rapport entre la valeur actuelle nette et les charges financières de l'Etat. Cette charge correspond à la valeur actuelle des coûts qui doivent être payés au moyen d'un budget limité. Cela correspond environ la plupart du temps aux coûts d'investissement (y c. TVA, voir commentaire). Ce classement indique lors d'un budget limité avec quel projet on atteint le plus grand surplus d'avantages.

## K Analyses de sensibilité

### 64 Analyses de sensibilité

Le résultat d'une ACA se fonde sur des hypothèses. Le poids de ces hypothèses quant au résultat final est estimé à l'aide d'analyses de sensibilité retenues. Pour ce faire, il faut distinguer entre les hypothèses qui n'ont aucune influence sur les calculs du modèle de trafic et celles dont on a aussi besoin lors des calculs du modèle de trafic. Les analyses de sensibilité suivantes doivent être menées, indépendamment du modèle de trafic

- Taux d'actualisation (selon [8]).
- Coûts de construction (selon l'exactitude des estimations de coûts, respectivement selon l'analyse de risque)

Les hypothèses suivantes, pour lesquelles une analyse de sensibilité doit également être menée, ont cependant aussi une influence sur le modèle de trafic.

- Valeur temporelle (selon [9] et [10])
- Croissance réelle des salaires (selon différents scénarios plausibles de développement avec une valeur minimale et maximale)
- Croissance du trafic (selon différents scénarios plausibles de développement avec un développement de croissance minimal et maximal, voir chiffre 22)

De nouveaux calculs du modèle de trafic sont nécessaires pour effectuer les analyses de sensibilité dans les grands projets. Les analyses de sensibilité doivent aussi être menées pour les projets plus petits; on peut cependant y renoncer pour des raisons de coûts des nouveaux calculs de trafic.

Der schlimmste und beste Fall (jeweils die für das Resultat der KNA schlechtesten bzw. besten Werte aller obigen Annahmen) werden nur dann in die Sensitivitätsanalyse miteinbezogen, wenn eine Aussage über ihre Wahrscheinlichkeit möglich ist.

Wird von der Norm abgewichen (was prinzipiell zu vermeiden ist), ist dies zu begründen. Als Sensitivität muss das Ergebnis gemäss Norm berechnet werden. Dies gewährleistet die Vergleichbarkeit mit der KNA anderer Projekte.

Le plus mauvais et le meilleur cas (respectivement les plus mauvaises et les meilleures valeurs de toutes les hypothèses ci-dessus pour le résultat de l'ACA) ne sont inclus dans l'analyse de sensibilité que lorsqu'un jugement quant à leur vraisemblance est possible.

Si l'on s'écarte de la norme (ce qu'il faut en principe éviter), on doit le justifier. Le résultat doit être calculé selon la norme en tant que sensibilité. Cela permet la comparaison avec l'ACA d'autres projets.

## L Darstellung und Interpretation der Ergebnisse

### 65 Darstellung der Ergebnisse eines Projektes

Zur Darstellung der Ergebnisse ist die Vorlage gemäss dem fiktiven Beispiel in Tabelle 5 zu verwenden:

Als Resultat eines Projektes muss der Barwert jedes Indikators (vgl. Ziffer 17) ausgewiesen werden und als Summe all dieser Barwerte der Nettobarwert. Dies zeigt, welche Indikatoren einen besonders grossen Einfluss auf den Nettobarwert haben und welche Indikatoren positiv bzw. negativ durch das Projekt tangiert werden.

Nebst dem Nettobarwert sind auch das Nutzen-Kosten-Verhältnis, die Belastung des Infrastrukturbudgets, die Infrastrukturbudgeteffizienz und die Entwicklung des Nettonutzens über die Zeit auszuweisen.

Für eine umfassendere Darstellung der Resultate ist auch eine ähnliche Tabelle wie Tabelle 5 zu erstellen, in der das Mengengerüst aller Indikatoren abgebildet wird.

### 66 Interpretation der Ergebnisse

Welche Projekte gebaut werden, ist ein politischer Entscheid, der in der Norm nicht festgelegt werden kann. Die Norm kann lediglich Entscheidungsgrundlagen liefern.

Es sind drei Entscheidungssituationen denkbar

- Entscheid, ob ein Projekt (mit nur einer Variante) gebaut werden soll oder nicht: Das Projekt ist zu empfehlen, wenn der Nettobarwert positiv ist
- Entscheid, welche Variante eines Projektes gebaut werden soll: Diejenige Variante mit dem höchsten Nutzen-Kosten-Verhältnis wird zum Bau empfohlen
- Entscheid, welche Projekte und Projektvarianten innerhalb eines Bauprogramms gebaut werden sollen, wenn bei einem beschränkten Budget nicht alle vorteilhaften Projekte verwirklicht werden können: In diesem Fall kommt ein komplexes Verfahren zur Anwendung. Dazu wird auf die Ausführungen im Kommentar verwiesen (vgl. Kommentar Ziffer 66.1).

## L Représentation et interprétation des résultats

### 65 Représentation des résultats d'un projet

La présentation selon l'exemple fictif du tableau 5 doit être utilisée pour représenter les résultats:

La valeur actuelle de chaque indicateur (voir chiffre 17) doit être explicitée comme résultat d'un projet, la somme de toutes ces valeurs étant la valeur actuelle nette. Cela montre quels indicateurs ont une influence spécialement grande sur la valeur actuelle nette et quels indicateurs sont touchés positivement, resp. négativement par le projet.

En plus de la valeur actuelle nette, il faut aussi présenter le rapport avantages/coûts, la charge du budget d'infrastructure, l'efficiencia du budget d'infrastructure ainsi que l'évolution de l'avantage net au cours du temps.

Pour une représentation plus complète des résultats, on doit aussi créer un tableau similaire au tableau 5 dans lequel le tableau des performances de tous les indicateurs est illustré.

### 66 Interprétation des résultats

Le choix de construire tel ou tel projet est une décision politique qui ne peut pas être fixée dans la norme. Cette dernière ne peut fournir que des éléments utiles à la décision.

Trois cas de décision sont imaginables

- Décision si un projet (avec seulement une variante) doit ou ne doit pas être construit. Le projet doit être recommandé si la valeur actuelle nette est positive
- Décision quant au choix de la variante d'un projet qui doit être construite. La variante ayant le plus haut rapport avantages/coûts doit être recommandée
- Décision quant au choix des projets et variantes de projets appartenant à un programme qui doivent être construits dans le cas d'un budget limité qui ne permet pas de réaliser tous les projets profitables. Un procédé complexe est alors employé (voir mise en œuvre dans le commentaire chiffrer 66.1).

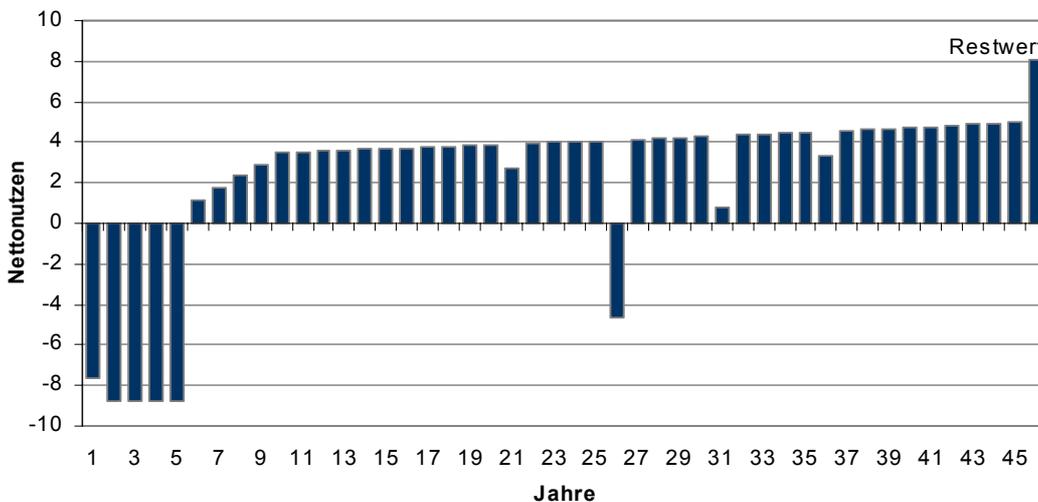
**Projekt A: Umfahrungsstrasse von X-hausen**

**Projektbeschreibung** Erstinvestitionskosten: 240 Mio. CHF

Bau einer 2-spurigen Umfahrungsstrasse von X-hausen; Entlastung der heutigen Kantonsstrasse durch X-hausen

Indikator	Kosten	Nutzen
	je Barwerte in Mio. CHF	
<b>Berechnung des Nettobarwertes</b>		
Baukosten (Erstinvestitionen)	200	
Ersatzinvestitionen	126	
Landkosten	14	
Unterhaltskosten	16	
Betriebskosten der Strassen	24	
Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr	4	
Betriebskosten Fahrzeuge		-9
Reisezeitveränderungen		450
Veränderung der Zuverlässigkeit		93
Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr		20
Nettonutzen im Mehrverkehr		10
Veränderung MWST-Einnahmen im ÖV		-6
Externe Kosten des Verkehrs		
Unfälle		-34
Lärm		-12
Luftverschmutzung		-25
Klima		-15
Externe Kosten der Energie durch Betrieb der Infrastruktur		-8
Bodenversiegelung		-16
Landschafts- und Ortsbild		-18
<b>Total</b>	<b>384</b>	<b>430</b>
<b>Nettobarwert</b>		<b>46</b>
<b>Nutzen-Kosten-Verhältnis</b> (430/384=)		<b>1.12</b>
Belastung des Infrastrukturbudgets (z.B. Baukosten inkl. MWST)		215
<b>Infrastrukturbudgeteffizienz</b> (46/215=)		<b>0.21</b>

**Entwicklung des Nettonutzens über die Zeit**



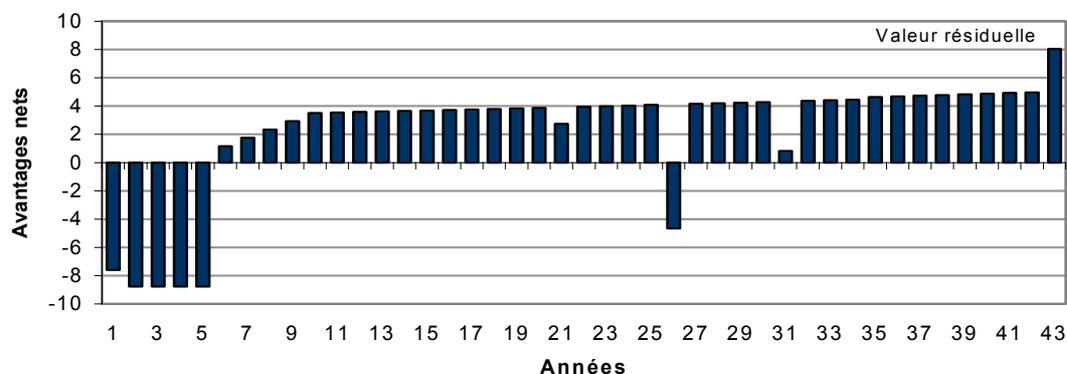
**Tab. 5**  
Fiktives Beispiel für die Darstellung der Resultate

**Projet A: route de contournement de X-ville****Description du projet**

Premiers coûts d'investissement: 240 mio. CHF

Construction d'une route de contournement de X-ville à 2 pistes; délestage de l'actuelle route cantonale à travers X-ville

Indicateur	coûts	avantages
	chaque valeur actuelle en mio. CHF	
<b>Calcul de la valeur actuelle nette</b>		
Coûts de construction (premier investissement)	200	
Investissements de remplacement	126	
Coûts du terrain	14	
Coûts d'entretien	16	
Coûts d'exploitation des routes	24	
Effets sur les TP	4	
Coûts d'exploitation des véhicules		-9
Modifications des durées de déplacement		450
Modification de la fiabilité		93
Recettes des impôts sur les carburants et des péages pour le trafic supplémentaire		20
Avantages nets pour le trafic supplémentaire		10
Modification des recettes de la TVA dans les TP		-6
Coûts externes du trafic		
Accidents		-34
Bruit		-12
Pollution atmosphérique		-25
Climat		-15
Coûts externes de l'énergie par l'exploitation de l'infrastructure		-8
Utilisation du sol		-16
Paysage et image du site		-18
<b>Total</b>	<b>384</b>	<b>430</b>
<b>Valeur actuelle nette</b>		<b>46</b>
<b>Rapport avantages/coûts (430/384=)</b>		<b>1.12</b>
<b>Charge du budget d'infrastructure (par ex., coûts de construction y c. TVA)</b>		<b>215</b>
<b>Efficience du budget d'infrastructure (46/215=)</b>		<b>0.21</b>

**Développement des avantages nets en fonction du temps****Tab. 5**

Exemple fictif de représentation des résultats

Bei der Analyse der Projekte, die gebaut werden sollen, ist ausserdem zu untersuchen, ob bei der Definition der Variante der optimale Realisierungszeitpunkt gewählt wurde oder ob es besser ist, das Projekt z.B. 5 oder 10 Jahre später zu bauen. Es ist auch zu untersuchen, ob es optimal sein könnte, zuerst eine kleine Anpassung vorzunehmen und erst in z.B. 10 oder 20 Jahren eine grössere Investition zu tätigen. Beides wird aus der Analyse der Nettotonutzen über die Zeit ersichtlich (für Details siehe Kommentar Ziffer 66.2).

## 67 *Entscheid unter Einbezug der Sensitivitätsanalysen*

Wenn die Ergebnisse der Sensitivitätsanalysen nicht dieselben sind wie im Basisszenario, gibt es keine einfache Entscheidungsregel. Im Folgenden wird zuerst analysiert, ob eine Projekt vorteilhaft ist (Nettobarwert positiv). Dann wird auf die beiden Ranglisten eingegangen.

### 67.1 Bestimmung der Vorteilhaftigkeit eines Projektes

Ein Projekt wird dann empfohlen (bzw. in die Rangliste der vorteilhaften Projekte aufgenommen), wenn

- die Nettobarwerte aller Sensitivitätsanalysen, in denen nur eine Annahme verändert wird, positiv sind
- in den Sensitivitätsanalysen meist ein klar positiver Nettobarwert resultiert und nur vereinzelt ein leicht negativer Nettobarwert auftaucht

Das Studium der Ergebnisse kann dazu führen, dass neue Projektvarianten definiert werden: Die Bestvariante kann möglicherweise weiter verbessert werden. Die neuen Varianten müssen dann nochmals das ganze Ablaufdiagramm der KNA durchlaufen.

### 67.2 Bestimmung der Rangliste verschiedener Projekte

Wird die Bestvariante eines Projektes gesucht, ist zu untersuchen, ob in allen Sensitivitätsanalysen dieselbe Variante die Bestvariante gemäss dem Nutzen-Kosten-Verhältnis darstellt. Dabei wird die veränderte Annahme immer auf alle Projektvarianten angewendet. Ist nicht immer dieselbe Variante die Bestvariante, haben Verteilungsfragen, regionalpolitische Fragen sowie die nicht-monetarisierbaren Auswirkungen eine besondere Bedeutung (vgl. Ziffern 68.2 und 69).

Für die Wahl des optimalen Bauprogramms wird wiederum auf den Kommentar (Ziffer 67.2) verwiesen.

## 68 *Darstellung und Interpretation der Teilbilanzen*

### 68.1 Darstellung der Teilbilanzen

Unabhängig vom Kriterium, nach dem Teilbilanzen gebildet werden, sind immer die Teilbarwerte der einzelnen berücksichtigten Indikatoren sowie die Nettotonutzen der verschiedenen Teilbilanzen auszuweisen. Tabelle 6 zeigt die Darstellung der sozioökonomischen Teilbilanzen. Für eine Vorlage zur Darstellung der Ergebnisse der räumlichen Teilbilanzen siehe Kommentar.

Au cours de l'analyse des projets qui doivent être construits, il faut en outre examiner si le moment de réalisation optimal a été choisi lors de la définition des variantes ou s'il serait plus judicieux de construire le projet par ex. 5 ou 10 ans plus tard. Il faut aussi examiner s'il ne serait pas mieux de procéder d'abord à une petite adaptation et de ne faire ensuite un gros investissement que par ex. dans 10 ou 20 ans. L'analyse des avantages nets en fonction du temps permet de répondre à ces deux cas (pour des détails, voir le commentaire, chiffre 66.2).

## 67 *Décision en prenant en compte des analyses de sensibilité*

Il n'existe pas de règle de décision simple lorsque les résultats des analyses de sensibilité ne correspondent pas à ceux du scénario de base. Il faut tout d'abord analyser si un projet est profitable (valeur actuelle nette positive). On examine ensuite les deux classements.

### 67.1 Détermination de la profitabilité d'un projet

On recommande un projet (respectivement, on le classe parmi les projets profitables) lorsque

- les valeurs actuelles nettes de toutes les analyses de sensibilité dans lesquelles une seule hypothèse est modifiée sont positives
- la plupart du temps une valeur actuelle nette clairement positive résulte des analyses de sensibilité, une valeur légèrement négative n'apparaissant que dans des cas isolés

L'étude des résultats peut mener à la définition de nouvelles variantes de projet. La variante la meilleure peut encore être peut-être améliorée. Les nouvelles variantes doivent alors encore une fois suivre toute la procédure de l'ACA.

### 67.2 Détermination du classement de différents projets

Lorsque l'on cherche la variante la meilleure d'un projet, il faut examiner si, dans toutes les analyses de sensibilité, la même variante représente la variante la meilleure selon le rapport avantages/coûts. Pour ce faire, on utilise l'hypothèse modifiée sur toutes les variantes de projet. Au cas où la variante la meilleure n'est pas toujours la même, cela signifie que les questions de répartition, de politique régionale ainsi que les effets non-monetarisables ont une signification particulière (voir chiffres 68.2 et 69).

Pour le choix du programme de construction optimal, il est renvoyé à nouveau au commentaire (chiffre 67.2).

## 68 *Représentation et interprétation des bilans partiels*

### 68.1 Représentation des bilans partiels

Les valeurs actuelles partielles des indicateurs pris en compte et les avantages nets des différents bilans partiels doivent toujours être justifiés, indépendamment du critère selon lequel ces derniers sont formés. Le tableau 6 représente les bilans partiels socio-économiques. Voir le commentaire en ce qui concerne la présentation de la représentation des résultats des bilans partiels spatiaux.

## 68.2 Interpretation der Teilbilanzen

Die Interpretation der Resultate von Teilbilanzen muss vorsichtig erfolgen

- Primär ist zu beachten, dass Teilbilanzen keinerlei Information darüber abgeben, ob ein Projekt volkswirtschaftlich lohnend ist oder nicht resp. welche Variante eines Projekts zu wählen ist. Mit Teilbilanzen werden Verteilungsaspekte abgebildet
- Hingegen sind Verteilungswirkungen für die politische Akzeptanz eines Projekts ausserordentlich wichtig. Insbesondere negativ beurteilte Verteilungswirkungen können ein zweckmässiges Vorhaben blockieren. Teilbilanzen sind eine Grundlage für die Beurteilung der Zweckmässigkeit einer Massnahme aus regionalwirtschaftlicher resp. raumordnungspolitischer Sicht
- Insbesondere geben Teilbilanzen auch Hinweise auf geeignete Finanzierungslösungen

Teilbilanzen sind jedoch oft unvollständig, weil nur ein Teil der Auswirkungen monetarisiert werden kann. Dies gilt insbesondere für die Teilbilanz Allgemeinheit. Die errechneten Teilbilanzen sagen daher nichts Abschliessendes über die genaue Interessenlage der betroffenen Aggregate aus. Sie sind aber ein wichtiger Beitrag zu deren Abschätzung.

## 69 Grenzen der Aussagekraft der KNA

Bezüglich der Aussagekraft der KNA bzw. ihrer Grenzen wird nochmals auf die Ausführungen in Ziffer 5 verwiesen. Die KNA stellt eine fundierte wissenschaftliche Methode dar, um all jene Wirkungen zu erfassen und zu beurteilen, welche sich in Geldeinheiten bewerten lassen.

Die KNA hat aber auch ihre Grenzen

- Nicht monetarisierbare Auswirkungen der Projekte können in einer KNA nicht berücksichtigt werden
- Regionale Verteilungseffekte lassen sich zwar aufzeigen, wie diese Teilbilanzen aber zu würdigen sind, muss auf politischer Ebene bestimmt werden
- Die Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte wird mit einer KNA nicht untersucht

Aufgrund dieser Einschätzung ist es wichtig, dass die KNA als ein – wenn auch zentrales – Teilmodul eines umfassenden Entscheidungsverfahrens verstanden wird. Projektscheide, die ausschliesslich auf einer KNA basieren, sind daher nicht zu empfehlen.

## 68.2 Interprétation des bilans partiels

Lors de l'interprétation des résultats des bilans partiels, il faut tout d'abord garder à l'esprit que

- les bilans partiels ne fournissent en aucune manière des informations sur la rentabilité d'un projet, respectivement quelle variante il faut choisir. Les aspects de répartition sont illustrés avec les bilans partiels
- les effets de répartition sont toutefois extrêmement importants pour l'acceptation politique d'un projet. Des effets de répartition jugés négatifs peuvent en particulier bloquer un projet adéquat. Les bilans partiels sont une base pour estimer l'opportunité d'une mesure du point de vue de l'économie régionale, respectivement de la politique d'aménagement du territoire
- les bilans partiels donnent aussi en particulier des indications sur des solutions de financement appropriées

Les bilans partiels sont pourtant souvent incomplets parce que seule une partie des effets peut être monétarisée. Cela vaut spécialement pour le bilan partiel «Collectivité». Les bilans partiels calculés ne disent donc rien de concluant sur les intérêts exacts des agrégats concernés. Ils représentent cependant une contribution importante pour leur estimation.

## 69 Limites de validité de l'ACA

En ce qui concerne la validité de l'ACA, resp. ses limites, il est à nouveau renvoyé au contenu du chiffre 5. L'ACA est une méthode scientifique permettant de saisir et évaluer tous les effets qui peuvent être monétarisés.

Mais l'ACA a aussi ses limites

- Les effets non monétarisables du projet ne peuvent pas être pris en compte dans une ACA
- Les effets de répartition régionaux peuvent certes être précisés, l'appréciation de ces bilans partiels devant être cependant faite sur le plan politique
- Le respect des valeurs limites légales n'est pas examiné par l'ACA

Il est important, sur la base de ces estimations, que l'ACA soit comprise comme un élément partiel – certainement central – d'un processus complet de décision. Les décisions d'opportunité d'un projet qui se basent exclusivement sur une ACA ne sont donc pas recommandées.

Indikator	Kosten	Nutzen
	Barwert in Mio. CHF	
<b>Teilbilanz Staat</b>		
<i>Unter-Teilbilanz Betreiber</i>		
Baukosten (Erstinvestitionen)	200	
Ersatzinvestitionen	126	
Landkosten	14	
Unterhaltskosten	16	
Betriebskosten der Strassen	24	
Kosten der Finanzierung		-6
<b>Saldo Unter-Teilbilanz Betreiber</b>		<b>-386</b>
<i>Unter-Teilbilanz übriger Staat</i>		
Veränderung Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Mehrverkehr		20
Veränderung Einnahmen aus Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr		100
Veränderung der MWST-Einnahmen im ÖV		-6
<b>Saldo Unter-Teilbilanz übriger Staat</b>		<b>+ 114</b>
<b>Nettoarwert Teilbilanz Staat</b>		<b>- 272</b>
<b>Teilbilanz Benutzer</b>		
Betriebskosten Fahrzeuge		-9
Reisezeitveränderungen		450
Veränderungen der Zuverlässigkeit		93
Nettonutzen des Mehrverkehrs		10
Veränderung Ausgaben für Treibstoffsteuern und Maut im Stammverkehr		-100
Unfälle (zusätzliche Unfallkosten bei Benutzern)		-20
<b>Nettoarwert Teilbilanz Benutzer</b>		<b>+ 424</b>
<b>Teilbilanz Allgemeinheit</b>		
Unfälle (zusätzliche Unfallkosten bei Dritten)		-14
Lärm		-12
Luftverschmutzung		-25
Klima		-15
Externe Kosten der Energie durch Betrieb der Infrastruktur		-8
Bodenversiegelung		-16
Landschafts- und Ortsbild		-18
<b>Zwischensaldo Externe Kosten des Verkehrs</b>		<b>-108</b>
Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr	4	
Erträge aus der Finanzierung		6
Saldo Teilbilanz Staat		-272
<b>Nettoarwert Teilbilanz Allgemeinheit</b>		<b>- 378</b>

**Tab. 6**  
Darstellung der sozioökonomischen Teilbilanzen

Indicateur	Coûts	Avantages
	Valeur actuelle en mio. CHF	
<b>Bilan partiel Etat</b>		
<i>Sous-bilan partiel exploitant</i>		
Coûts de construction (premiers investissements)	200	
Investissements de remplacement	126	
Coûts du terrain	14	
Coûts d'entretien	16	
Coûts d'exploitation des routes	24	
Coûts de financement		-6
<b>Solde sous-bilan partiel exploitant</b>		<b>-386</b>
<i>Sous-bilan partiel "Etat dans ses autres fonctions"</i>		
Modification des recettes des impôts sur les carburants et péages pour le trafic supplémentaire		20
Modification des recettes des impôts sur les carburants et péages pour le trafic existant		100
Modification des recettes de la TVA des TP		-6
<b>Solde sous-bilan partiel "Etat dans ses autres fonctions"</b>		<b>+ 114</b>
<b>Valeur actuelle nette bilan partiel Etat</b>		<b>- 272</b>
<b>Bilan partiel utilisateur</b>		
Coûts d'exploitation des véhicules		-9
Modifications de la durée de déplacement		450
Modifications de la fiabilité		93
Avantages nets du trafic supplémentaire		10
Modification des dépenses pour les impôts sur les carburants et les péages du trafic existant		-100
Accidents (coûts supplémentaires des accidents des utilisateurs)		-20
<b>Valeur actuelle nette bilan partiel utilisateur</b>		<b>+ 424</b>
<b>Bilan partiel collectivité</b>		
Accidents (coûts supplémentaires des accidents de tiers)		-14
Bruit		-12
Pollution atmosphérique		-25
Climat		-15
Coûts externes de l'énergie par l'exploitation de l'infrastructure		-8
Utilisation du sol		-16
Paysage et image du site		-18
<b>Solde intermédiaire coûts externes du trafic</b>		<b>-108</b>
Effets sur les TP	4	
Recettes du financement		6
Solde bilan partiel Etat		-272
<b>Valeur actuelle nette bilan partiel collectivité</b>		<b>- 378</b>

**Tab. 6**  
Représentation des bilans partiels socio-économiques

**M Literaturverzeichnis**

- [1] SN 640 006 Auswertung von Strassenverkehrs-unfällen. Kopfnorm
- [2] SN 640 007 Strassenverkehrsunfälle. Unfallzahlen, Unfallrisiken, Unfallkosten
- [3] SN 640 016 Massgebender Verkehr
- [4] SN 640 027 Projektbearbeitung. Planungsstudie
- [5] SN 640 040 Projektierung, Grundlagen – Strassen-typen
- [6] SN 640 907 Erhaltungsmanagement. Grundlagen zur Kostenberechnung im Erhaltungsmanagement
- [7] SN 641 800 Beurteilung von Strasseninfrastrukturprojekten unter Berücksichtigung der Nachhaltigkeitsziele
- [8] SN 641 821 Diskontsatz für Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr
- [9] SN 641 822 Zeitkosten im Personenverkehr
- [10] SN 641 823 Zeitkosten im Güterverkehr
- [11] SN 641 824 Unfallraten und Unfallkostensätze im Verkehr
- [12] SN 641 825 Bewertung und Abschätzung der Zuverlässigkeit im Verkehr
- [13] SN 641 826 Betriebs- und Unterhaltskosten von Strassen
- [14] SN 641 827 Betriebskosten von Strassenfahrzeugen
- [15] SN 641 828 Externe Kosten im Strassenverkehr
- [16] SN 671 831 Strassenverkehrstelematik
- [17] SN 671 832 Strassenverkehrstelematik. Begriffssystematik
- [18] SN 671 833 Zweckmässigkeitskriterien für Strassenverkehrsinfrastruktureinrichtungen von Strassenverkehrstelematik-Systemen
- [19] Ecoplan metron (2005), Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Kommentar zur SN 641 820. Studie im Auftrag des VSS. Online im Internet: [www.vss.ch](http://www.vss.ch)

**M Bibliographie**

- [1] SN 640 006 Exploitation des accidents de la circulation routière
- [2] SN 640 007 Accidents de la circulation. Nombre, statistiques et coûts des accidents
- [3] SN 640 016 Trafic déterminant
- [4] SN 640 027 Elaboration des projets. Etude de planification
- [5] SN 640 040 Projet, bases – types de routes
- [6] SN 640 907 Gestion de l'entretien (GE). Bases pour la calculation des coûts du système de gestion de l'entretien
- [7] SN 641 800 Appréciation des projets d'infrastructure routière sur la base des principes du développement durable
- [8] SN 641 821 Taux d'actualisation pour les analyses coûts/avantages du trafic
- [9] SN 641 822 Coûts horaires du trafic des personnes
- [10] SN 641 823 Coûts horaires du trafic des marchandises
- [11] SN 641 824 Taux d'accidents et coûts unitaires des accidents de trafic
- [12] SN 641 825 Evaluation et estimation de la fiabilité du trafic
- [13] SN 641 826 Frais d'exploitation et d'entretien des routes
- [14] SN 641 827 Frais d'exploitation des véhicules routiers
- [15] SN 641 828 Coûts externes du trafic routier
- [16] SN 671 831 Télématique des transports routiers
- [17] SN 671 832 Télématique des transports routiers. Systématique de la terminologie
- [18] SN 671 833 Critères d'opportunité (utilité et adéquation) des systèmes de télématique des transports routiers pour les installations d'infrastructure de circulation routière
- [19] Ecoplan metron (2005), Analyses coûts/avantages du trafic routier, commentaire sur la norme SN 641 820. Etude sur mandat de la VSS. Sur internet: [www.vss.ch](http://www.vss.ch)