

87. Jahrgang – Heft 1 – 2016

## ZEITSCHRIFT FÜR VERKEHRSWISSENSCHAFT

### INHALT DES HEFTES:

- Das Nutzen-Kosten-Verhältnis in der Bundesverkehrswegeplanung: Seite 1  
Wissenschaftlicher Anspruch und Auswirkungen in der Praxis  
Von Udo Becker, Dresden
- eNKA - erweiterte Nutzen-Kostenanalyse und NEA – Nachhaltige Seite 17  
Entwicklungsanalyse: ein holistischer Ansatz zur Berücksichtigung sozialer  
Auswirkungen in Bewertungsverfahren für den Entscheidungsprozess von  
Verkehrsmaßnahmen  
Von Gerd Sammer, Wien
- Airport Noise Footprints Revisited: The Impact of the Cut-Off Value on Noise Seite 39  
Costs  
Von Ronny Püschel, Dresden, Christos Evangelinos, Bad Honnef

Manuskripte sind zu senden an die Herausgeber:

Prof. Dr. Bernhard Wieland  
Institut für Wirtschaft und Verkehr,  
Fakultät Verkehrswissenschaften an der Technischen Universität Dresden  
01062 Dresden  
Prof. Dr. Thorsten Beckers  
Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP)  
an der Technischen Universität Berlin  
Straße des 17. Juni 135  
10623 Berlin

Verlag – Herstellung – Vertrieb – Anzeigen:  
Verkehrs-Verlag J. Fischer, Corneliusstraße 49, 40215 Düsseldorf  
Telefon: (0211) 9 91 93-0, Telefax (0211) 6 80 15 44  
www.verkehrsverlag-fischer.de  
Einzelheft EUR 25,50 – Jahresabonnement EUR 71,00  
zuzüglich MwSt und Versandkosten  
Für Anzeigen gilt Preisliste Nr. 25 vom 1.1.2009  
Erscheinungsweise: drei Hefte pro Jahr

*Es ist ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophotos u.ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.*

## Herausgeber

Prof. Dr. Bernhard Wieland (Technische Universität Dresden, federführender Herausgeber)  
Prof. Dr. Thorsten Beckers (Technische Universität Berlin, federführender Herausgeber)  
Prof. Dr. Herbert Baum (Universität zu Köln)  
Prof. Dr. Karl-Hans Hartwig (Universität Münster)  
Prof. Dr. Kay Mitusch (Karlsruher Institut für Technologie - KIT)  
Prof. Dr. Kai Nagel (Technische Universität Berlin)

## Schriftleitung

Prof. Dr. Bernhard Wieland (Technische Universität Dresden)  
Prof. Dr. Thorsten Beckers (Technische Universität Berlin)  
Prof. Dr. Christos Evangelinos (IUBH Internationale Hochschule Bad Honnef -Bonn)  
Dr. Martin Winter (Technische Universität Berlin)

## Herausgeberbeirat

Prof. Dr. Gerd Aberle (Universität Gießen)  
Prof. Dr. Kay W. Axhausen (Eidgenössische Technische Hochschule - ETH, Zürich)  
Prof. Dr. Johannes Bröcker (Universität zu Kiel)  
Dr. Astrid Gühnemann (Institut for Transport Studies - ITS, Universität Leeds)  
Dr. Hendrik Haßheider (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin)  
Prof. Dr. Georg Hauger (Technische Universität Wien)  
Prof. Dr. Christian von Hirschhausen (Technische Universität Berlin)  
Prof. Dr. Christian Kirchner † (Humboldt-Universität zu Berlin)  
Prof. Dr. Günter Knieps (Universität Freiburg)  
Prof. Dr. Jürgen Kühling (Universität Regensburg)  
Prof. Dr. Gernot Liedtke (Technische Universität Berlin/ DLR Berlin)  
Dr. Heike Link (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung - DIW, Berlin)  
Dr. Robert Malina (Universität Münster)  
Prof. Dr. Hans-Martin Niemeier (Hochschule Bremen)  
Prof. Dr. Werner Rothengatter (Karlsruher Institut für Technologie - KIT)  
Prof. Dr. Bernhard Schlag (Technische Universität Dresden)

---

# Das Nutzen-Kosten-Verhältnis in der Bundesverkehrswegeplanung: Wissenschaftlicher Anspruch und Auswirkungen in der Praxis

VON UDO J. BECKER, DRESDEN

## 1. Hintergrund und Aufgabe des Nutzen-Kosten-Verhältnisses

Die Bundesrepublik Deutschland erstellt Bundesverkehrswegepläne (BVWP)<sup>1</sup>. In diesen Bundesverkehrsplanungen folgen viele verschiedene Schritte aufeinander: ... die Projektanmeldungen der Länder, eine standardisierte Bewertung, die Priorisierung durch das Bundesministerium, die Beschlussfassung im Kabinett, die Aufstellung der Gesetze im Parlament, die Verteilung der Mittel über die „Länderquote“ auf die Länder, letztlich die weitere Steuerung der Projektgenehmigungen und die Umsetzung durch die Länder. Das Vorgehen wird auf der Webseite des BMVI dokumentiert (BMVI a). Mit dem gewählten Vorgehen soll einerseits sichergestellt werden, dass die Wünsche und Anforderungen der Praxis aufgenommen werden, dass aber zweitens eine einheitliche Bewertung die Erreichung der gesellschaftlichen Ziele dieses größten Investitionsbudgets des Bundes sicherstellen. Bemerkenswert ist die Art der Projektanmeldungen durch die jeweiligen Bundesländer bzw. Institutionen: Allein im Bereich Straße wurden für den aktuell bearbeiteten BVWP 2015 von den Bundesländern 1864 Projekte angemeldet (davon waren 161 bereits laufende Vorhaben) (BMVI b), wobei Ortsumfahrungen die größte Gruppe der Projekte darstellen.

Für die ökonomische Beurteilung des Ansatzes gilt dabei folgender, auf der genannten Webseite des Ministeriums dokumentierter Anspruch:

„Im Rahmen der Aufstellung des Bundesverkehrswegeplans weist der Bund nach, dass ein erwogenes Projekt gesamtwirtschaftlich vorteilhaft und notwendig ist.“ (BMVI a)

---

Anschrift des Verfassers:  
Prof. Dr.-Ing. Udo J. Becker  
Lehrstuhl für Verkehrsökologie  
Technische Universität Dresden  
01062 Dresden  
becker@verkehrsoekologie.de

<sup>1</sup> Im März 2016 wurde ein neuer BVWP vorgestellt, der aber in der Grundkonzeption die hier beschriebenen Elemente alle beibehält. Die Aussagen in diesem Text beziehen sich, wenn nicht anders vermerkt, auf den BVWP 2003.

In diesem Beitrag soll es um diesen geforderten Nachweis des BVWP für die letztlich ausgewählten Projekte gehen, dass diese „gesamtwirtschaftlich vorteilhaft“ sind.<sup>2</sup> Damit verbindet sich der Anspruch, dass man ökonomische und ökonometrische Verfahren neutral und streng wissenschaftlich auch auf der Ebene eines solchermaßen von Interessenkonflikten geprägten Feldes wie der Verkehrspolitik einsetzen kann. Und am Schluss müsse dann für jedes Projekt ersichtlich sein, ob die gesamtwirtschaftlichen Vorteile größer als Eins sind oder ob sie kleiner als Eins sind. Im ersten Fall wäre es in jedem Fall sinnvoll, das Projekt zu realisieren, im zweiten Fall wäre es aus gesamtwirtschaftlicher Sicht nachteilig.<sup>3</sup>

## 2. Das Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV im Bundesverkehrswegeplan

Für die Bewertung der vielen angemeldeten Vorhaben wird eine Reihe verschiedener Methoden genutzt. Dabei stellt das Nutzen-Kosten-Verhältnis das wichtigste Element im BVWP-Bewertungsverfahren dar (BMVI c). Es dürfte vermutlich Konsens bei allen Beteiligten herrschen, dass dieses über die Jahrzehnte erarbeitete und aktualisierte Instrument ein äußerst ausgefeiltes und komplexes Bewertungsverfahren darstellt. Das entscheidende Dokument für die Beschreibung und Berechnung dieser Verhältniszahl stellt der 685-seitige Schlussbericht zum 2011 vergebenen Forschungsauftrag „Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung“ (Intraplan, Planco und TUBS) dar.

In dem oben genannten Bericht werden in der dort mit „Tabelle 1-1“ bezeichneten Darstellung die Bestandteile der Nutzen-Kosten-Analyse wie folgt zusammengefasst:

---

<sup>2</sup> Vor allem vor dem Hintergrund der Klimaschutzziele der Bundesregierung, der demografischen Entwicklung in manchen Teilräumen und der Entwicklung der Steuereinnahmen bzw. -ausgaben könnte es divergierende Ansichten dazu geben, ob das zuständige Bundesministerium für alle ausgewählten Straßen-, Schienenwege- und Wasserstraßenprojekte nachweisen kann, dass alle diese Projekte notwendig sind.

<sup>3</sup> Wobei an dieser Stelle vereinfachend angenommen wird, dass alternative Verwendungen dieser Investitionsmittel in anderen Bereichen wie etwa der Bildungspolitik, der Klimaschutzpolitik, der Sozialpolitik oder zur Schulden tilgung mit ggf. höheren gesamtwirtschaftlichen Effizienzen nicht zu betrachten sind.

**Tabelle 1: Diskutierte Nutzen- und Kostenkomponenten der Bewertungsmethodik (eigene Darstellung nach (Intraplan, Planco und TUBS), gekürzt um die geprüften Komponenten, die nicht in das Bewertungsverfahren aufgenommen wurden)**

Ordn.nr. <sup>4</sup>	Nutzenkomponente	Bezeichnung	Kurzbeschreibung
N1	Verbilligung von Beförderungsvorgängen	NB	Änderung der Beförderungs- bzw. Transportkosten
N2	Erhaltung der Verkehrswege	NW	Erneuerungskosten- und Instandhaltungskostenersparnisse
N3	Erhöhung der Verkehrssicherheit	NS	Unfallkosten (Personen- und Sachschäden)
N4	Reisezeitnutzen (Früher: Verbesserung der Erreichbarkeit von Fahrzielen (NE alt))	NRZ (neu)	Reisezeitnutzen im Personenverkehr und Zeitwerte
N5	Transportzeitersparnisse im Güterverkehr	NTZ (neu)	Transportzeitersparnisse im Güterverkehr und Zeitwerte (Kapitalbindung u. Logistikkosten)
N6	Implizite Nutzendifferenz	NI (neu)	Über den Ressourcenverzehr hinausgehende Individualnutzen
-	Räumliche Vorteile	NR (alt)	Beschäftigungseffekte u. Verbesserung der regionalen Anbindung (entfällt – bereits in anderen Komponenten erfasst)
N7	Entlastung der Umwelt	NL (neu)	Lebenszyklusemissionen
N8	Entlastung der Umwelt	NG	Verminderung der Geräuschbelastung
N9	Entlastung der Umwelt	NA	Verminderung der Abgasbelastung
N10	Entlastung der Umwelt	NT	Innerörtliche Trennwirkung
-	Verbesserte Anbindung von See- und Flughäfen	NH	(entfällt – bereits in anderen Komponenten erfasst)
N11	Verbesserung der Zuverlässigkeit	NZ	Projektinduzierte Zuverlässigkeitsverbesserungen
N12	Nutzen bei konkurrierenden Verkehrsträgern	NK	Nutzen z. B. aus Zeitersparnissen im Straßenverkehr bei der Beseitigung von schienengleichen Bahnübergängen
K1	Investitionskosten	K	Behandlung aller projektspezifischen Kosten

<sup>4</sup> Die Ordnungsnummern sind nur zur Kennzeichnung eingeführt und nicht in der Originaltabelle enthalten.

Das Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV der BVWP wird sodann bestimmt, in dem alle obigen „Nutzen“ durch alle projektspezifischen „Kosten“ dividiert werden:

$$NKV \text{ nach BVWP} = \frac{\text{Summe (N1 bis N12)}}{\text{Investitionskosten K1}}$$

### 3. Exkurs: Betriebswirtschaftliche Nutzen-Kosten-Verhältnisse

Das obige Nutzen-Kosten-Verhältnis der BVWP lehnt sich eng an den Aufbau eines betriebswirtschaftlichen Nutzen-Kosten-Quotienten an. Solche Quotienten werden in verschiedenen Anwendungsbereichen erstellt und folgen im Aufbau immer dem Muster „Nutzen dividiert durch Kosten“ oder „Erträge dividiert durch alle Aufwände“. Dabei stehen im Zähler des Bruches alle Vorteile, die durch ein bestimmtes Verfahren, ein bestimmtes Produkt, ein bestimmtes Werk oder eine bestimmte Firma erbracht werden. In Marktwirtschaften sind dies in aller Regel die Erträge, die man erwirtschaftet, üblicherweise in Geldeinheiten [€] ausgedrückt. Im Nenner fasst man alle Aufwände, wiederum i. allg. bewertet in Geldeinheiten, zusammen: Dort werden also die Kapitalkosten mit den Rohstoffkosten, den Lohnkosten, Energiekosten, Abschreibungen usw. zusammengeführt.

Eine Firma, die mit dem Verkauf von Computern Erträge von 1000 Mio. € erwirtschaftet und für die gesamten Materialkosten, Lohnkosten, Kapitalkosten und sonstigen Kosten 800 Mio. € aufwendet (Quotient 1,25), kann damit alle Maßnahmen bewerten, die diese beiden Zahlen verändern. Der Quotient ist somit dimensionslos und bezeichnet anschaulich, ob eine bestimmte Maßnahme die Effizienz steigert. Für diesen Beitrag ist vor allem entscheidend, dass die Nutzen (der Zielbeitrag, der Output, die Aufgabe der Unternehmung) im Zähler stehen. Alle Kosten (Inputs, Aufwände) werden im Nenner zusammengefasst. Die Maxime für das betreffende Unternehmen lautet also: „Maximiere den Zielertrag bei gegebenen Aufwänden“ oder „Minimiere den Aufwand für ein gegebenes Ziel“. Wenn es also in der obigen Firma durch eine neue Fertigungsstraße (Kapitalaufwand: 15 Mio. €; Materialaufwand 3 Mio. €; Einsparung bei den Lohnkosten: 8 Mio. €; d.h. Gesamterhöhung aller Aufwände: netto 10 Mio. €) gelänge, die Erträge um 20 Mio. € zu erhöhen, dann hätte diese neue Fertigungsstraße ein NKV von  $(20/15+3-8) = 2,00$  und würde den NKV der Gesamtfirma von vorher 1,25 auf nun  $(1000+20)/(800+10) = \text{ca. } 1,26$  erhöhen: Das wäre also effizienzsteigernd.

### 4. Nutzen und Kosten des Verkehrswesens aus gesellschaftlicher Sicht ?

Damit stellt sich vor der Übertragung eines Nutzen-Kosten-Quotienten aus der betriebswirtschaftlichen Sicht auf die gesamtwirtschaftliche (bzw. gesamtgesellschaftliche) Betrachtungsebene im Verkehrswesen die entscheidende Frage:

Was sind eigentlich gesellschaftliche Nutzen von Verkehr?

Was ist die Aufgabe von Verkehr, womit kann man die Zielerreichung messen? Wozu geben wir als Haushalte und als Gesellschaft nennenswerte Anteile unsere finanziellen Ressourcen aus? Was ist das Oberziel allen Handelns im Verkehr? Was gehört in den Zähler des Bruches?

Diese akademisch klingende Grundfrage hat enorme Implikationen: Würde man etwa sagen, Ziel allen Handelns im Verkehr sei die „Verbilligung von Transportkosten“<sup>5</sup>, dann wäre natürlich jede Maßnahme gewinnend, die die Transportkosten möglichst auf Null senkt: Nämlich etwa der Verzicht auf jede Fahrt. Blicke man vollständig zuhause, dann wären selbstverständlich alle „Kosten maximal reduziert“, besser ginge dann nicht mehr. Das aber ist offensichtlich nicht das Oberziel. Natürlich ist die Senkung von Transportkosten sehr wichtig in einer Marktwirtschaft, aber worin kann denn das *eigentliche Ziel* bzw. die *eigentliche Aufgabe* des Verkehrswesens liegen? Auch hier sind die Ausführungen auf der Webseite des BMVI erhellend, denn bereits ganz oben, auf der zweiten Ebene des Web-Auftritts kann man unter der Überschrift „Verkehr und Mobilität“ folgende Ausführungen lesen:

„Mobilität ist zentrale Voraussetzung für wirtschaftliches Wachstum, Beschäftigung und Teilhabe des Einzelnen am gesellschaftlichen Leben. Aufgabe einer sinnvollen Verkehrspolitik ist es daher, Mobilität zu ermöglichen und nachhaltig zu gestalten.“  
(BMVI d)

Die Wortwahl ist hier entscheidend: Mobilität (nicht Verkehr!) ist hier die Voraussetzung für Wachstum, Beschäftigung und Teilhabe. Eine *sinnvolle Verkehrspolitik* soll daher Mobilität ermöglichen (und nachhaltig gestalten).

Für den Zähler einer gesamtgesellschaftlich sinnvollen Nutzen-Kosten-Funktion bedeutet das, dass „*Mobilität*“ das Oberziel und damit den Nutzen allen Handelns darstellt: Menschen müssen an die für ihre Bedürfnisse relevanten Ziele gelangen, und Güter müssen an die Stellen kommen, an denen für die Bedürfnisse der Menschen relevante Produkte entstehen. Man kann formulieren: Letztlich kommt es, direkt (i. Allg. im Personenverkehr) oder indirekt (i. a. im Güterverkehr) auf die Bedürfnisse der Menschen an. Zur Befriedigung dieser Bedürfnisse sind Ortsveränderungen unabdingbar: Diese sind zu ermöglichen, und dazu braucht man das Instrument „Verkehr“.

Damit gewinnt die Unterscheidung von „Mobilität“ und „Verkehr“ grundlegende Bedeutung. Selbstverständlich lassen sich in einer ausdifferenzierten Gesellschaft hierfür die verschiedensten Verständnisse und Definitionen finden, aber zunehmend (s. etwa SRU, 2005 oder Becker und Rau, 2004) findet sich folgende Auffassung:

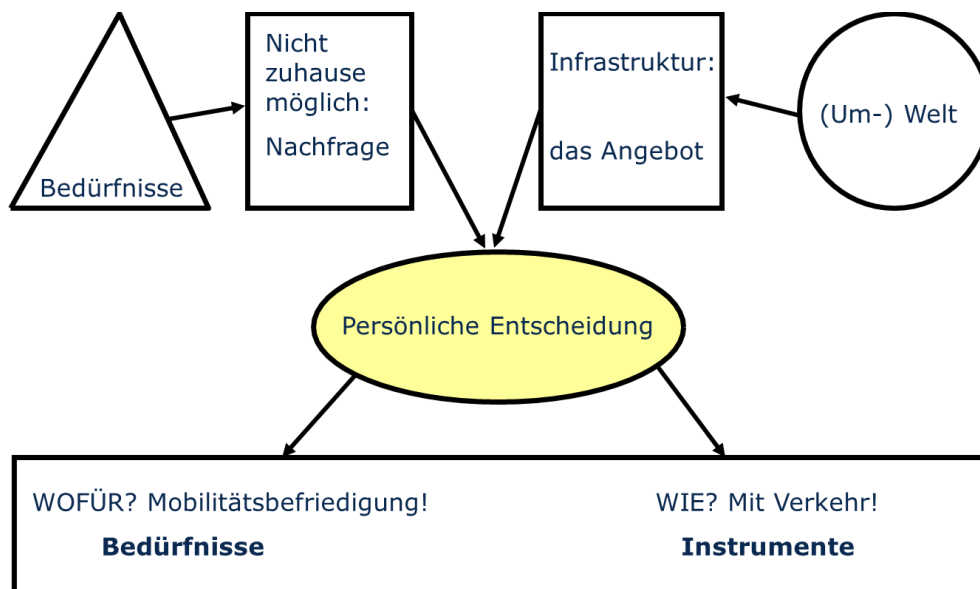
Die zentrale Rolle spielen Menschen bzw. deren Bedürfnisse (engl. „needs“). Manche Bedürfnisse lassen sich vor Ort befriedigen, manche nicht. Sind für Bedürfnisse Ortsveränderungen notwendig, so müssen die vorhandene „Angebote“ an Infrastrukturen, Fahrzeugen

---

<sup>5</sup> Man beachte allein die Wortwahl: Verbilligung von Transportkosten!

und Diensten der realen Verkehrswelt diese ermöglichen. Als „Mobilitätsbedürfnisse“ sind etwa das Erreichen des Arztes oder der Apotheke, das Erreichen der sozialen Kontaktpersonen (Teilhabe), das Erreichen der Schule oder des Arbeitsplatzes, das Erreichen der Einkaufsgelegenheit usw. zu verstehen. Alle diese Mobilität wäre aber ohne Verkehrsplanung und ohne Verkehrsinfrastrukturen nicht realisierbar; jede Mobilität benötigt also Verkehrsmittel, Verkehrsregeln, Verkehrswege und vieles mehr: benötigt Verkehr. Ohne das Instrument Verkehr kann es keine Befriedigung von Mobilitätsbedürfnissen geben. Abbildung 1 beschreibt den Zusammenhang grafisch:

**Abb. 1: Trennung der Begriffe „Mobilität und Verkehr“ in Ziele und Instrumente (engl.: „needs and means“)**



„Verkehr“ wird so zum Instrument, das „Mobilität“ ermöglicht. „Aufwände“ in Unternehmen sind Hilfsmittel, um „Erträge“ zu generieren. In Analogie zur oben beschriebenen Maxime für Unternehmen ergibt sich: Verkehrspolitik und Verkehrsplanung haben die Aufgabe, ein bestimmtes Niveau an Mobilität mit minimalem Verkehr sicherzustellen<sup>6</sup>. Die obige Zielstellung des Bundesministeriums (BMVI d) kann deshalb en passant wie folgt konkretisiert werden:

<sup>6</sup> Die alternative Optimierungsaufgabe, mit einem bestimmten Aufwand an Verkehr eine maximale Mobilität zu produzieren, wäre ebenfalls denkbar.



Aufgabe der Verkehrspolitik ist es, ein bestimmtes Niveau an Mobilität zu ermöglichen und dafür den notwendigen Verkehr zu minimieren. Erst das kann als „weniger un-nachhaltige“ Gestaltung definiert werden.

Dieser Anspruch stellt damit auch den generellen Ansatz der BVWP-Methodik in Frage: Es ist nachgerade kontraproduktiv, extern aus der Strukturdatenprognose mit den dort gewählten Annahmen das Ziel der Steigerung der Personenkilometer und Tonnenkilometer für eine bundesweite Gestaltung vorzugeben. Ökonomisch entspricht das dem Ziel, die Aufwände maximieren zu wollen, ohne zu wissen, welche Erträge (hier: Mobilitäten) sich damit ergeben.

Die Vorgehensweise des BVWP, die nicht mit anderen Zielen der Politik etwa im Energie- und Umweltbereich strategisch abgestimmt ist, wird seit Jahrzehnten in Gutachten, Stellungnahmen des wissenschaftlichen Beirates beim BMVI oder auch in Forschungsberichten kritisiert (Rothengatter, 1995; IWW, 1999; Wiss. Beirat, 2009; Beckmann, 2012; SRU, 2012).

## 5. Was wird nun im Nutzen-Kosten-Verhältnis der BVWP gemessen?

Welche „Nutzen“-größen verwendet nun die BVWP? Tabelle 1 ist eindeutig: Als Nutzen werden definiert die Senkung der Nutzer**kosten**, die Senkung der Erneuerungs- und Instandhaltung**kosten**, die Senkung der Unfall**kosten**, die Senkung der Zeit**kosten**, die Senkung von Kapitalbindungs- und Logistik**kosten**, die Senkung der Emissionen (bzw. monetarisiert: Die Senkung der Abgas**kosten**), die Senkung der Lärm**kosten**, die Senkung der Trennwirkungen, die Senkung der Unzuverlässigkeits**kosten** usw. Im Zähler des Quotienten, wo also eigentlich die „Nutzen“ vermutet werden dürften, stehen praktisch nur Kosten (-veränderungen). Selbst dort, wo im Originalgutachten das Wort „Nutzen“ verwendet wird, handelt es sich strenggenommen um „verringerte Kosten“, etwa „verringerte Reisezeiten“ oder Verringerung der Unzuverlässigkeitskosten. Im Nenner des Bruches stehen, wie man vermutet hätte, alle Investitionskosten. Damit lautet der prinzipielle Ansatz der BVWP wie folgt:

$$NKV \text{ nach BVWP} = \frac{\text{Summe (N1 bis N12)}}{\text{Investitionskosten K1}}$$

$$= \frac{(\text{Summe aller Kostenreduzierungen von N1 bis N12})}{\text{Investitionskostenerhöhung}^7 \text{ K1}}$$

Ergo ergibt sich:

<sup>7</sup> Die Investitionskosten einer Maßnahme sind, da im Nicht-Realisierungsfall Investitionskosten von Null auftreten, identisch mit der Investitionskostenerhöhung: Investitionskosten sind per se Mehrkosten gegenüber dem Nicht-Realisierungsfall und stellen Kostenerhöhungen dar.

$$NKV \text{ nach BVWP} = \frac{\text{Senkung von Kosten } N1 - N12}{\text{Erhöhung der Kosten bei } K1}$$

In der BVWP wird also gerade kein Nutzen-Kosten-Verhältnis, sondern ein „Kostensenkungs-Kostenerhöhungs-Verhältnis“ bestimmt. In einer Firma erkennt man mit einem traditionellen NKV, welcher Ertrag sich aus einem gewissen Aufwand ergibt. In der BVWP erkennt man, wie viel Kostensenkung man mit einer Kostenerhöhung erkaufen kann.

Dieser Unterschied ist nicht nur semantisch, sondern er beschreibt einen Grundkonflikt: Die Bundesverkehrswegeplanung adressiert nicht die (Ortsveränderungs-) Bedürfnisse von Menschen, sondern sie zielt primär auf die Senkung der Verkehrskosten: Weniger Geld, weniger Zeit, weniger Lärm, weniger Abgase, weniger Unfälle, weniger Aufwände. Eine erfolgreiche BVWP senkt also einerseits statisch und kurzfristig alle diese Aufwände und attraktiviert damit Verkehr, denn in Marktwirtschaften führt jede Attraktivierung zu zusätzlichem Verkehr. Mit diesem steigenden Verkehr gehen aber andererseits natürlich wieder steigende Aufwände einher: Ein systematisch kontraproduktiver Ansatz.

Da bei der BVWP die Mobilität (als Menge und Umfang der abgedeckten Bedürfnisse) nicht betrachtet wird, können im dynamischen Fall (mit Nutzerreaktionen und Raumordnungsänderungen) sowohl mehr Mobilitäten als auch genauso viele Mobilitäten wie vorher als auch weniger Mobilitäten für jeweils verschiedene Personenkreise und Räume verbunden sein. Konkret bedeutet das, dass zukünftig vor allem die Mobilität und die dynamischen Effekte für jedes Projekt zu untersuchen und einzubeziehen wären.

## 6. Konsequenzen

Dieser klein erscheinende Unterschied zwischen dem betriebswirtschaftlichen Nutzen-Kosten-Ansatz und dem BVWP-Ansatz besitzt in der Realität der Projektbewertung große Bedeutung, denn mit der Erarbeitung der Eingabedaten für vorgeschlagene Projekte eröffnen sich Möglichkeiten der Einflussnahme. Es ist unstrittig, dass alle knapp 2000 Vorschläge für den neuen BVWP von allen Projektverantwortlichen mit großer fachlicher Kompetenz erstellt werden. Es ist aber auch zu beobachten, dass versucht wird, die eigenen Projekte weit oben in der Liste zu platzieren; das für die Vorhaben berechnete Verhältnis soll also möglichst groß erscheinen. Politökonomisch ist das rational: Bei einer 100%-igen Kostenübernahme durch den Bund wäre selbstverständlich jeder in den Ländern Verantwortliche unklug, würde er die „Geschenke für sein Bundesland“ ablehnen oder niedrig rechnen (selbst dann, wenn die verkehrlichen Wirkungen bei nüchterner Betrachtung für das eigene Bundesland marginal wären). Vielleicht ist es auch dadurch zu erklären, dass das BMVI seit Jahrzehnten beobachtet, dass die Investitionskosten „tendenziell zu niedrig angegeben werden“ – denn natürlich verbessert sich dadurch das damit errechnete NKV. Umgekehrt wäre es nur plausibel, wenn die Angaben im Zähler im Zweifel eher etwas übertrieben werden würden. Auch dies deckt sich mit den beobachtbaren Realitäten, denn insbesondere in ländlicheren Räumen sind mit den realistischen Verkehrsmengen (die sich

direkt in Reisezeit- oder Transportkostensenkungen niederschlagen) keine größeren Summen im Zähler des NKV nach BVWP-Ansatz zu generieren. Das häufig in solchen Debatten genannte Beispiel der Ostsee-Autobahn A20 ließe sich eventuell auch dadurch erklären, dass die Annahmen zu den Prognosen eher etwas größer gewählt werden mussten, da sonst das Verhältnis doch zu klein ausgefallen wäre. Alle diese Effekte wären verständlich und – auf der jeweiligen Ebene „rational“. Ein gesamt-gesellschaftliches Optimum erreicht man damit natürlich eher nicht.

Mathematisch ist aber ein anderer Effekt viel gravierender: Alle Planungseinheiten müssen und können bei der Konkretisierung der Projekte in gewissem Umfange Annahmen über die verkehrlichen Auswirkungen treffen. Jede Planung kann etwas kleiner oder größer, etwas stabiler oder effizienter, etwas schneller oder langsamer ausfallen. Es sind Annahmen über die flankierenden Netzgestaltungen, über die Raumentwicklung und vieles mehr zu treffen. Diese Annahmen und Prognosen werden für jedes Projekt einzeln erarbeitet, ob sie insgesamt zusammenpassen (und ob sie später eintreffen) kann vom BMVI nur eingeschränkt überprüft werden. Wichtig ist, dass man bei der Projektgestaltung in gewissem Umfang zwischen den Positionen in Tabelle 1 verschieben kann. Eine Bundesautobahn könnte durchaus in gewissem Rahmen mit einer dünneren oder dickeren Deckschicht geplant werden: Damit senkt oder erhöht man die Baukosten, erhöht oder senkt aber gleichzeitig die Unterhaltungskosten im Zeitablauf. Durch einen variierten Lärmschutz könnte man ebenfalls die Investitionskosten und direkt auch die prognostizierten Lärmkosten verändern, auch dann sinken oder steigen die Werte in Zähler und Nenner jeweils analog. Der Beispiele ließen sich mehr anführen. Durch die oben definierte Kostensenkungs-Kostenerhöhungs-Struktur der BVWP kann man damit aber Kosten vom Nenner in den Zähler schaffen und umgekehrt, mal mit positivem oder negativem Vorzeichen, möglicherweise mit anderen Diskontsätzen abgezinst, tendenziell aber von ähnlicher Größenordnung. Mathematisch eröffnet diese Addition oder Subtraktion von Größen in Zähler oder Nenner eines Bruches aber unbeabsichtigte „Gestaltungsmöglichkeiten“.

Zur Verdeutlichung soll das völlig fiktive Beispiel eines Projektes diskutiert werden, das – aus welchen Gründen auch immer – in einem wichtigen Wahlkreis liegt und gefördert werden soll. Im ersten Schritt des Planungsprozesses seien beispielsweise folgende Werte bestimmt worden:

Planstufe	Summe aller Werte im Zähler	Investitions- bzw. Baukosten	NKV nach BVWP
1: Basis	1000 Millionen €	100 Millionen €	10,00

Dieses NKV nach dem BVWP-Ansatz würde bedeuten, dass nach dem Anspruch der gesamtwirtschaftlichen Effizienz jeder eingesetzte Euro zehn Euro an „Nutzen“ bringt. Leider gibt es, so nehmen wir weiter an, noch eine Vielzahl anderer Vorhaben in diesem Bundes-

land, die größere NKV besitzen. In diesem fiktiven Beispiel sollen die Planungen zur Verdeutlichung so verändert, dass stabiler gebaut wird: Die Baukosten steigen dann um 20 Mio. €, aber dafür sinken die (abdiskontierten) Unterhaltungsaufwendungen im Beispiel auch um 20 Mio. €. Volkswirtschaftlich wäre eine solche (abdiskontierte, gesamtkostenneutrale) Verlagerung von Kosten völlig irrelevant für die Effizienz. Allerdings ergibt sich durch die Veränderung von K1 und N2 für den NKV nun ein anderer Wert:

Planstufe	Summe aller Werte im Zähler	Investitions- bzw. Baukosten	NKV nach BVWP
2: stabiler	$1000+20 = 1020$ Millionen €	$100+20 = 120$ Millionen €	8,50

Dieser Ansatz, stabiler planen und bauen zu wollen, hat nun ein kleineres NKV nach BVWP ergeben: Trotz eigentlich gesamtkostenneutraler Verschiebungen ist der NKV-Wert um 15% gesunken. Für die Priorisierung des Vorhabens ist dies sicher nicht hilfreich: Deshalb werden die Planer gebeten, die Planung „sparsam“ zu machen. Das Beispiel nimmt an, dass im Vergleich zum Basisfall die Baukosten um 20 Mio. € sinken und analog die (abdiskontierten) Unterhaltungskosten um 20 Mio. € steigen. Es ergibt sich eine Verschiebung wiederum um 20 Mio. €, aber diesmal in Zähler und Nenner in anderer Richtung:

Planstufe	Summe aller Werte im Zähler	Investitions- bzw. Baukosten	NKV nach BVWP
3: sparsam	$1000-20 = 980$ Millionen €	$100-20 = 80$ Millionen €	12,25

Dieser Ergebnis, eine Steigerung um mehr als 12% gegenüber der Basis, schiebt das Vorhaben deutlich nach oben auf der Prioritätenliste: Kleine Änderungen in den Annahmen erwiesen sich als ergebnissteigernd. Selbstverständlich lässt sich das Beispiel in dieser Richtung weiterführen: Es könnte etwa versucht werden, die Bodenbeschaffungskosten zu senken, indem man weiter ins flache Land ausweicht: Dann sinken vermutlich die verkehrlichen Kostensenkungen im Zähler, aber auch die Bodenbeschaffungskosten im Nenner. Würden wieder Verschiebungen im „nur“ nochmals 20 Millionen € in Zähler und Nenner unterstellt, dann ergäbe sich:

Planstufe	Summe aller Werte im Zähler	Investitions- bzw. Baukosten	NKV nach BVWP
4: draußen	$1000-40 = 960$ Millionen €	$100-40 = 60$ Millionen €	16,00

Die Gestaltungsmöglichkeiten sind hierbei – in gewissem Rahmen – vielfältig.

Vielleicht kann das oben beschriebene betriebswirtschaftliche Nutzen-Kosten-Beispiel der Computerfirma die Problematik verdeutlichen: Als diskutiert wurde, die neue Fertigungsstraße aus Kapitel 3 (zur Erinnerung: Kapitalaufwand: 15 Mio. €; Materialaufwand 3 Mio. €; Einsparung bei den Lohnkosten: 8 Mio. €; d. h. Gesamterhöhung alle Aufwände: netto 10 Mio. €; Ertragssteigerung 20 Mio. €) zu beschaffen, hätte das nach der BVWP definierte Verhältnis folgendes Ergebnis erbracht:

$$\text{NKV nach BVWP} = (\text{Kostensenkungen/Kostenerhöhungen}) = 8 / (15+3) = \text{ca. } 0,44$$

Ein offensichtlich nicht sinnvoll verwendbares Ergebnis, denn die Ertragsveränderungen gingen nicht ein. Selbst Variationen dieser Fertigungsstraße, bei denen die Gesamtkosten insgesamt unverändert bleiben (etwa: Kapitalaufwand: 25 Mio. €, Materialaufwand 3 Mio. €; Lohnkostensenkung: 18 Mio. €, Gesamterhöhung alle Aufwände: netto 10 Mio. €, wie oben) hätten das Ergebnis verändert, obwohl es auf die Gewinn- und Verlust-Rechnung der Firma überhaupt keinen Einfluss gehabt hätte:

$$\text{NKV nach BVWP} = (\text{Kostensenkungen/Kostenerhöhungen}) = 18 / (25+3) = \text{ca. } 0,64$$

Durch die Verschiebung identischer Kostenbeträge „von unten nach oben oder umgekehrt“, die auf die Gesamtkosten insgesamt überhaupt keinen Einfluss haben, verändert sich das Ergebnis auch hier stark. Sinnvolle Erkenntnisse lassen sich daraus aber nicht ableiten.

Zur Vermeidung von Missverständnissen sei an dieser Stelle ausdrücklich betont, dass dieses obige Beispiel völlig fiktiv ist und nur zur Verdeutlichung der Problematik dient: Mir sind keinerlei solche Variantenrechnungen bekannt. In diesem Beitrag geht es auch nicht um konkrete Fälle, sondern um den generellen Ansatz und die mathematische Struktur des NKV nach BVWP, die solche Variationsrechnungen theoretisch ermöglicht. Und das obige, fiktive Beispiel zeigt: Mathematisch könnte man durch das Subtrahieren oder Addieren in einem Quotienten in weitem Rahmen Ergebnisse verändern, die Gestaltungsspielräume sind groß. Gesamtwirtschaftlich hätten die Varianten der Planstufen 1 bis 4 eigentlich identische oder nah beieinander liegende Werte ergeben müssen, in dem so definierten NKV nach BVWP ergaben sich Werte zwischen 8,50 und 16,00. Für die Reihung der Projekte im Bundesministerium ergäbe das – alle anderen Verfahrenselemente als gleich angenommen – gravierende Konsequenzen.

## 7. Verwendung des NKV in der Praxis

Die beschriebenen Schwächen des BVWP-Ansatzes bedeuten natürlich nicht, dass überhaupt nicht „bewertet“ oder „gereiht“ werden soll, im Gegenteil: Natürlich können und müssen die vielen angemeldeten Projekte nach einem bestimmten Bewertungsrahmen geordnet werden. Unstrittig ist auch, dass der Minister das Prinzip für eine solche Priorisierung wählen kann: Übliche Priorisierungen für die Genehmigungen bzw. Mittelzuweisung

gen könnten der Eingang der Anmeldung (das sog. Windhundprinzip), die Definition fester Anteile (etwa: Königsheimer Schlüssel), die Reihung nach dem Alphabet oder andere Erwägungen sein. Wenn aber gefordert wäre, das gesamtwirtschaftliche Optimum zu bestimmen, dann müssen diese Freiheitsgrade im Verfahren beschränkt sein – und dann darf das Ergebnis nicht so weit variierbar sein.

Nun ordnet das zuständige Ministerium die angemeldeten Vorhaben tatsächlich nach dem Nutzen-Kosten-Verhältnis (und anderen Bewertungen) in verschiedene Bedarfslisten ein. Wird der Anspruch der gesamtwirtschaftlichen Effizienz verfolgt, dann müssten logischerweise auch die Projekte mit den höchsten NKV realisiert werden. In der Praxis würde das bedeuten, dass diese eine Prioritätenliste streng nach NKV umgesetzt werden müsste. Dies ist in der beobachtbaren Praxis aber nicht der Fall, denn:

Die Vorhaben nach dem Nutzen-Kosten-Verhältnis werden in Prioritätenlisten eingeordnet, dafür ist der Ansatz ursprünglich entwickelt worden.

Dann aber betritt die sog. „Länderquote“ das Spielfeld, und sie ist politökonomisch „wichtiger als jede ökonomische Überlegung“. Diese Länderquoten werden zwischen Bund und Ländern ausgehandelt und geben feste Anteile für die Mittelzuweisungen vor. Die Länderquote überlagert das NKV, was dazu führt, dass üblicherweise die NKV der letzten in die Bedarfslisten aufgenommenen Vorhaben aller Bundesländer unterschiedlich voneinander sind. Ökonomisch interpretiert besitzt damit ein Projekt mit einem Quotienten von 10,0 in dem einen Bundesland möglicherweise eine höhere Priorität als ein ähnliches Projekt mit einem Quotienten von 12,0 in einem anderen Bundesland.

Im nächsten Schritt werden die Auftragsverwaltungen/Länder/zuständigen Behörden wichtig, mit wiederum anderen Zielvorstellungen. Das politische Ziel der dann folgenden Aktivitäten liegt seltener darin, gesamtwirtschaftliche Konzepte umzusetzen, sondern jetzt ist jedes Bundesland und jedes Unternehmen bemüht, die zugesprochenen Gelder möglichst vollständig auszugeben: Man würde für sein Land politökonomisch irrational handeln, wenn man Geld, das das Land schon zugesagt bekam, wieder an den Bund zurückfallen lässt.

Jedes Bundesland ist in den dann folgenden Phasen bestrebt, die zugewiesenen Gelder in jedem Fall auszugeben: und zwar so, dass weitere Ziele etwa der Landesregierung ebenfalls erreicht werden. Diese sekundären Landesziele könnten ebenfalls darin bestehen, einzelne Regionen oder Wahlkreise zu stärken oder eben nicht zu stärken. Soll etwa ein bestimmter Wahlkreis mit einer Ortsumfahrung bedacht werden? Soll ein ländlicher Raum an der Grenze zum Nachbarland gestärkt werden oder die Landeshauptstadt? Der Schlüssel für die Einbeziehung dieser weiteren, sekundären Gesichtspunkte innerhalb des Landes (oder des Unternehmens) liegt nun im Bestehen von Baurecht bzw. einer Planfeststellung.

Verkehrswege dürfen selbstverständlich nur gebaut werden, wenn Baurecht besteht. Dazu sind viele Untersuchungen, Berichte, Offenlegungen, Planfeststellungen, Klagen und Über-

arbeitungen der Pläne notwendig. Einige dieser zeitaufwendigen Schritte können von den Beteiligten selbstverständlich priorisiert, beschleunigt oder verlangsamt werden.

Innerhalb eines einzelnen Bundeslandes handelt die Regierung also wiederum dann vollkommen politökonomisch rational, wenn sie die von ihr als politisch wichtig erachteten Projekte vorantreibt und andere ggf. langsamer behandelt (zumal man ja nicht alles gleichzeitig vorantreiben kann). Aus Landessicht wäre es kontraproduktiv, wenn in einem Jahr kein Baurecht für die zugesagten Gelder bestünde (siehe oben). Man muss aber auch kein Baurecht für zu viele Projekte vorhalten, denn sonst reichen die Gelder nicht und die Genehmigungen könnten verfallen. Zwar wurde die Gültigkeit eines Planfeststellungsbeschlusses von früher 5 Jahren auf 10 Jahre (bzw. mit Antrag auf 15 Jahre) angehoben, aber Mittelzuweisungen und Klagen können auch diese Fristen überschreiten. Aus landespolitischer Sicht wäre es ideal, wenn genau für diese Projekte Baurecht besteht, die der Landesregierung angelegentlich sind, während andere Projekte (die vielleicht eher einem Nachbarland oder einem politischen Konkurrenten nützen) noch nicht ganz so weit gediehen wären. Dies gilt unabhängig vom NKV, also selbst dann, wenn das nicht so erwünschte Projekt ein höheres NKV hätte.

Das Ergebnis ist eindeutig: Eine Landesregierung oder ein anderer Projektträger kann durch seine Handlungen diejenigen Projekte befördern oder hemmen, die ihm mehr oder weniger geeignet erscheinen: Das NKV spielt hier keine Rolle mehr.

## 8. Gesamtwirtschaftliche Effizienz durch das NKV?

Zweifellos wäre es wünschenswert, in einer Gesellschaft diejenigen Vorhaben identifizieren und umsetzen zu können, die tatsächlich die größte Zielerreichung mit einem bestimmten Aufwand (oder, analog: für ein bestimmtes Ziel mit minimalen Aufwänden) implizieren. Die obigen Beispiele zeigen aber, dass das im BVWP festgelegte Vorgehen dieses Ziel der gesamtwirtschaftlichen Effizienz nur sehr eingeschränkt erreichen kann. Damit stellt sich die Frage, wozu das mühsam bestimmte NKV insgesamt nützt? Mehrere Auswirkungen sind zu nennen:

1. Offensichtlich weniger sinnvolle Projekte oder Projekte mit ganz schlechtem NKV können im Vorfeld eliminiert werden: Projekte mit Quotienten unter Eins (wenn denn ein Antragsteller solche Daten lieferte) können somit ausgeschlossen werden<sup>8</sup>.
2. Das NKV erlaubt eine Reihung, erfüllt also diese Aufgabe.

---

<sup>8</sup> Wird also etwa einer Landesregierung ein besonders unerwünschtes Projekt vorgeschlagen, das diese Landesregierung aber nicht selbst ablehnen will, so könnte dies ggf. dadurch aufgelöst werden, dass sich ein NKV unter 1,0 ergibt.

3. Das NKV kann nichts über die gesamtwirtschaftliche Effizienz aussagen, denn es ist nach dem grundlegenden Aufbau nur ein Kostensenkungs-Kostenerhöhungs-Verhältnis.
4. Das NKV kann in weitem Rahmen variiert werden.
5. Für das, was am Ende realisiert wird, ist das NKV weitgehend ohne Bedeutung: Länderquote und Baurechtherstellung und Ziele des Landes (oder anderer Institutionen) sind wichtiger.

Aus ökonomischer Sicht wäre dem Bund und den Institutionen vorzuschlagen, ein echtes gesamtgesellschaftliches Nutzen-Kosten-Verhältnis zu entwickeln. Dazu müssten aber Verlagerungen von Kostenblöcken zwischen Zähler und Nenner unmöglich sein – und es müsste sich eben nicht nur um Kostenaspekte bzw. Kostensenkungen handeln, sondern im Zähler müssten völlig andere Variablen stehen: Nämlich die tatsächlich in dieser Gesellschaft realisierte Mobilität aller Bevölkerungsgruppen, aller Altersschichten, aller Regionen und aller Einkommenschichten. Dann könnten tatsächlich politische Ziele für die Mobilität definiert werden: Und es ist dasjenige Projekt bzw. Instrument auszuwählen, dass diese Ziele mit minimalen (Verkehrs-) aufwänden erreicht.

Ein solches Verfahren würde dann echte Effizienzkenngößen ermitteln können – und es wäre nicht länger auf reine Ausbau- bzw. Infrastrukturprojekte festgelegt. Mit einem solchen Verfahren kann man selbstverständlich Maßnahmen aller Arten miteinander vergleichen, nicht nur Baumaßnahmen: Und der Bau einer Ortsumfahrung könnte mit einem Programm zur Förderung der Innenstadt, einem ÖPNV-Ausbauprogramm (mit flankierender MIV-Parkraumverknappung) und einem Programm zum Mobilitätsmanagement in Betrieben verglichen werden. Alle verkehrlichen Maßnahmenfelder wären mit einem Verfahren vergleichbar: Ein mächtiges Instrument in der Hand von Planern, denen gesamtwirtschaftliche Effizienz am Herzen liegt.

### Abstract

In der Bundesverkehrswegeplanung der Bundesrepublik Deutschland spielt neben anderen Verfahrenselementen auch ein Nutzen-Kosten-Verhältnis NKV eine Rolle. Dieses Verhältnis, seine Aufgabe, seine Bestimmung und seine Auswirkungen beleuchtet der folgende Beitrag näher.

Zunächst wird der Anspruch beschrieben, den diese Kennzahl erfüllen soll. Anschließend werden der konzeptionelle Aufbau und die konkrete Definition der Kenngröße untersucht. Es zeigt sich, dass die in Zähler und Nenner stehenden Größen nur sehr eingeschränkt die Nutzen bzw. Aufwände der Gesellschaft für die Verkehrsinfrastruktur widerspiegeln. Deshalb eröffnet das NKV in der Realität auch eine Reihe von Gestaltungsspielräumen bzw. Möglichkeiten zur Beeinflussung der Ergebnisse. Drittens wird die konkrete Rolle, die dieses Verhältnis in der Praxis spielt, mit dem theoretischen Anspruch verglichen.



Keywords: Nutzen-Kosten-Verhältnis, Bundesverkehrswegeplanung, Nutzen des Verkehrs, Ziele, Mobilität, Cost-Benefit-Analysis, objectives, traffic, mobility

### Literaturverzeichnis

Becker, U. J.; Rau, A. (2004), Neue Ziele für Verkehrsplanungen, in: *Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung*, 38, Ergänzungslieferung 2004; Kapitel 3.2.10.3 Konzepte einer nachhaltigen Verkehrsplanung; Herbert Wichmann Verlag Heidelberg.

Beckmann, Klaus; Klein-Hitpaß, Anne; Rothengatter, Werner (2012): Grundkonzeption einer nachhaltigen Bundesverkehrswegeplanung, UBA-Texte 47/2012.

Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2009), Strategieplanung Mobilität und Transport – Folgerungen für die Bundesverkehrswegeplanung.

BMVI a, Verkehrsinfrastruktur. Webseite des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur : [http://www.bmvi.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Verkehrspolitik/ Verkehrsinfrastruktur/verkehrsinfrastruktur\\_node.html](http://www.bmvi.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Verkehrspolitik/Verkehrsinfrastruktur/verkehrsinfrastruktur_node.html), (20.10.2015).

BMVI b, Bundesverkehrswegeplan 2015: Projektanmeldungen [http://www.bmvi.de/Shared Docs/DE/Artikel/G/bundesverkehrswegeplan-2015-projektanmeldungen.html?nn=121406](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/bundesverkehrswegeplan-2015-projektanmeldungen.html?nn=121406) (20.10.2015).

BMVI c, Methodische Weiterentwicklung [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel /G/bundesverkehrswegeplan-2015-methodische-weiterentwicklung-und-forschungsvor haben.html?nn=95298](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/bundesverkehrswegeplan-2015-methodische-weiterentwicklung-und-forschungsvorhaben.html?nn=95298) (20.10.2015)

BMVI d, Verkehr und Mobilität [http://www.bmvi.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/verkehr- und-mobilitaet\\_node.html](http://www.bmvi.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/verkehr-und-mobilitaet_node.html) (22.10.2015)

Intraplan, Planco, TUBS (2015), Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung, FE-PROJEKTNR. 960974/2011, Endbericht für das BMVI.

Rothengatter, W., Gühnemann, A., Kuchenbecker, K. Schade, W., Borken, J., Höpfner, U. Lambrecht, U. Kessel, P., Kienzler, H-P., Selz, T., Hoppenstedt, A., Kraetzschmer, D., Preising, A., Brannolte, U., Puschner, F. (1999), Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung F-E-Vorhaben Nr. 10506001 des Umweltbundesamtes, UBA-Berichte 4/1999, Erich-Schmidt-Verlag.

Rothengatter, W. (1995), Berücksichtigung raumordnungspolitischer Aspekte in der Bundesverkehrswegeplanung, BfLR – Arbeitspapiere 1/1995, ISSN 0945-4713.

Sachverständigenrat für Umweltfragen SRU (2005), Sondergutachten 2005, Umwelt und Straßenverkehr – Hohe Mobilität Umweltverträglicher Verkehr, ISSN 0722-8333.

Sachverständigenrat für Umweltfragen SRU (2012), Umweltgutachten, Verantwortung in einer begrenzten Welt, ISBN 9783503138982.

---

# eNKA - erweiterte Nutzen-Kostenanalyse und NEA – Nachhaltige Entwicklungsanalyse: ein holistischer Ansatz zur Berücksichtigung sozialer Auswirkungen in Bewertungsverfahren für den Entscheidungsprozess von Verkehrsmaßnahmen

VON GERD SAMMER, WIEN

## 1. Problemdefinition und Lösungsansätze

Konventionelle Bewertungsmethoden haben eine Reihe von Nachteilen, die sich auf das Ergebnis von verkehrspolitischen Entscheidungsprozessen, insbesondere für neue Mobilitätsangebote, fatal auswirken können und ethische Fragestellungen aufwerfen. So beschränkt sich z.B. die konventionelle Nutzen-Kostenanalyse (NKA) auf die Ergebnisdarstellung von Summenangaben der Kosten und Nutzen monetär ausdrückbarer Wirkungen der untersuchten Alternativen. Das Entscheidungskalkül bezieht sich auf die Erreichung eines Maximums an Effizienz oder Gewinn von direkten Effekten der Maßnahmen. Indirekte Effekte, wie regionalwirtschaftliche Wirkungen und Gesundheitseffekte usw. werden ausgeklammert. Die Verteilung auf verschiedene soziale Gruppen oder nicht in Geld ausdrückbare Auswirkungen werden weder untersucht, noch berücksichtigt. Bestehende Ungleichheiten oder verkehrsstrukturelle Mängel, seien sie räumlich, zeitlich oder auf soziale Gruppen verteilt, fließen nicht in das Entscheidungskalkül ein. Zielsetzungen einer nachhaltigen Entwicklung der Mobilität in Bezug auf Ökonomie, Ökologie und soziale Entwicklung werden häufig strapaziert, aber finden kaum Eingang in Bewertungsverfahren. Damit sind gesellschaftspolitische Konsequenzen verbunden, ohne beachtet zu werden.

Um die geschilderten Probleme zumindest ansatzweise einer Lösung zuzuführen, wurden die eNKA und die NEA für die strategische Prüfung von Infrastrukturinvestitionen und für organisatorische Maßnahmen des Mobilitätsmanagements in Österreich entwickelt und testweise angewendet. In diesen Verfahren können räumliche und soziale Verteilungseffekte von Nutzen und Kosten berücksichtigt werden. Das gilt auch für indirekte Effekte der regionalen Wirtschaftsentwicklung, der Gesundheit sowie des induzierten oder unterdrück-

---

Anschrift des Verfassers:

Em.o.Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerd Sammer  
Institut für Verkehrswesen, Department für Raum, Landschaft und  
Infrastruktur an der Universität für Bodenkultur Wien  
Peter-Jordan-Straße 82  
1190 Wien  
[gerd.sammer@boku.ac.at](mailto:gerd.sammer@boku.ac.at)

ten Verkehr z.B. durch restriktive Maßnahmen. Eine Änderung des Entscheidungskalküls ist anzustreben, mit dem Ziel auch individuelle Mindestansprüche für Wirkungszustände von Bevölkerungsgruppen zu berücksichtigen, anstatt nur eine Gesamtnutzen- und Effizienzmaximierung von Maßnahmen zu verfolgen.

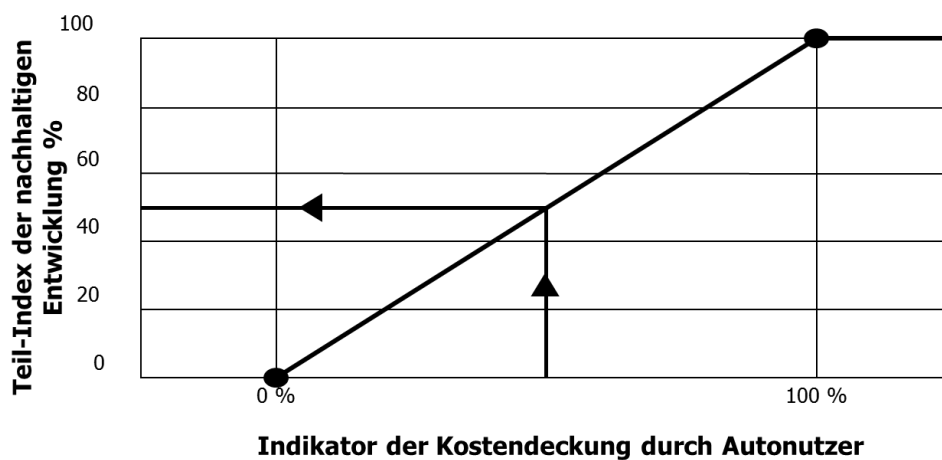
## 2. NEA - ein systemanalytisches Konzept zur Operationalisierung nachhaltiger Entwicklung

### 2.1 Begriffsdefinition der nachhaltigen Entwicklung

Der Begriff *Nachhaltige Entwicklung* wird heute von verschiedenen Personengruppen inflationär in den Mund genommen, seien es Experten, Politiker und Entscheidungsträger in öffentlichen Gebietskörperschaften, so wie in privaten Unternehmen. Nur wenigen scheint bewusst zu sein, was dieser Begriff eigentlich bedeutet, wenn man ihre Entscheidungen und Handlungen in Bezug auf dieses Kriterium analysiert. Trotzdem ist es positiv zu bewerten, dass der Begriff der Nachhaltigen Entwicklung zumindest in verbaler Form Eingang in die Verkehrsplanungspraxis und -wissenschaft gefunden hat (Sammer 2000). In der Menschheitsgeschichte gibt es viele Beispiele einer nicht *nachhaltigen Entwicklung* auf Grund von anthropogenen Handlungseingriffen. Aus der Antike ist uns das Beispiel der Römer bekannt, die durch intensive Abholzung für den Schiffsbau den zu ihrer Zeit stark bewaldeten Libanon nachhaltig in eine Landschaft ohne Wald umwandelten. Ein Jahrtausend später hat eine Wiederholung solcher radikaler Abholzung durch die Venezianer stattgefunden, die die Küstenlandschaft in Kroatien in eine dauerhafte Karstlandschaft verwandelt hat. Aus der Forstwirtschaft gibt es auch die erste Dokumentation (Karlowitz 1773) des Begriffes der *nachhaltigen Entwicklung*. Einfach ausgedrückt heißt es, dass man über einen bestimmten Zeitraum nicht mehr Holz schlagen soll, als im Wald im selben Zeitraum nachwächst. Nur auf diese Weise kann man den Wald über Generationen hinweg im Sinne eines Kreislaufs bewirtschaften. Überträgt und erweitert man diese Aussage der anthropogen erzeugten Treibhausgase in der Art, dass dieser Wert nicht größer sein soll, als die natürlich abgebauten Treibhausgase abzüglich der natürlich erzeugten Treibhausgase zuzüglich der anthropogen abgebauten Treibhausgase, so kann der Begriff einer *nachhaltigen Entwicklung* mit der in Abb. 1 dargestellten Formel ingenieurmäßig für die Treibhausgase operationalisiert werden (Cerwenka 2000). Wie man leicht erkennt, stellt der Begriff der *nachhaltigen Entwicklung* eine diskrete Eigenschaft einer Variablen dar: die Nachhaltigkeit ist entweder gegeben oder nicht, also eine Eigenschaft mit der möglichen Ausprägung „Ja“ oder „Nein“. Ein Mittelmaß wie z.B. *teilweise nachhaltig* ist nicht möglich. Es ist zu beachten, dass eine *nachhaltige Entwicklung* einen definierten und begrenzten Bezugszeitraum benötigt (Sammer 1997), denn ewig bleiben die Erde und unser Sonnensystem keines Falles bestehen. Dieser Betrachtungszeitraum muss im Sinne der Operationalisierung der Nachhaltigkeit zumindest mehrere zukünftige Generationen umfassen. Herkömmliche Betrachtungszeiträume im Rahmen von NKA, die sich an der Lebensdauer von Infrastrukturbauwerken einer Eisenbahnstrecke oder einer Straße orientieren, sind zu kurz. Dieser Bezugszeitraum

ist zur Beobachtung der *nachhaltigen Entwicklung* in Zeitintervalle zu unterteilen, die mit den Perioden der Bewirtschaftungsaktivitäten korrespondieren.

**Abbildung 1: Operationalisierung der nachhaltigen Entwicklung am Beispiel der Treibhausgasemissionen**



Der heute aktuelle Begriff einer *nachhaltigen Entwicklung* basiert im Wesentlichen auf dem Brundtland Report (World Commission on Environment and Development 1987) und der Deklaration der „United Nations Conference on Environment and Development“ in Rio de Janeiro 1992: „nachhaltige Entwicklung heißt, sowohl die Bedürfnisse der heutigen Generation zu befriedigen, als auch die Chancen und Bedürfnisse der zukünftigen Generationen zu wahren“. Sie basiert auf einer ausgewogenen Entwicklung in den drei Bereichen Ökologie, Ökonomie und soziale Gesellschaft. In diesem Sinne stellt das Prinzip der nachhaltigen Entwicklung ein Optimierungskonzept dar, welches zur Leitmaxime für unser menschliches Handeln werden sollte. Ziel für ein Bewertungsverfahren der nachhaltigen Entwicklung im Verkehr ist es, eine Maßzahl zu entwickeln, die den Zustand in Bezug zur Nachhaltigkeit bewerten und den Beitrag von Maßnahmen zur Erreichung der Nachhaltigkeit abschätzen kann.

## 2.2 Operationalisierung des Begriffs einer Nachhaltigen Entwicklung im Verkehr

Der vorhin definierte Begriff einer nachhaltigen Entwicklung beinhaltet nur eine qualitativ grobe Beschreibung und lässt sehr viele Interpretationen und Auslegungen zu. Operationalisierung heißt, dass der Begriff in der täglichen Arbeit eindeutig nachvollziehbar verwendbar sein muss, um unser Handeln im Sinne der Zielsetzung einer nachhaltigen Entwicklung optimieren, beurteilen und kontrollieren zu können. Im Prinzip geht es um ein ganzheitli-

ches Bewertungsverfahren für die Beurteilung aller Auswirkungen von Investitionen des Verkehrs. Dazu gehören sowohl die so genannten Input-Effekte, wie der Verbrauch von Ressourcen (Flächen-, Rohstoff-, Energie- und Treibstoffverbrauch, Zeitkonsum, Kosten etc.) durch Verkehrsmaßnahmen, als auch die Output-Effekte, wie z.B. die sozialen und Umweltauswirkungen (Abgasemissionen, gesundheitliche Auswirkungen durch Lärm etc.). Hierbei treten eine Reihe von Fragestellungen auf, für die Lösungen gefunden werden müssen, um eine Operationalisierung des Begriffes der nachhaltigen Entwicklung für eine Maßnahmenbewertung im Verkehr zu ermöglichen. Im Rahmen dieses Artikels werden diese Fragen beispielhaft aufgerollt. Vorerst sind folgende grundsätzlichen Fragestellungen anzusprechen.

#### Einzelwirkung - Überlagerungswirkung

Die einzelnen Wirkungen sind relativ gut ermittelbar. Komplexer wird es, wenn z.B. die verschiedenen Abgaskomponenten überlagert werden, weil sich die Toxizität und die Gesundheitseffekte der einzelnen Schadstoffwirkungen nicht linear additiv kumulieren. Noch komplexer wird es, wenn Wirkungen verschiedener Bereiche sich überlagern, wie z.B. negative Gesundheitsauswirkungen durch Verkehrslärm und Steigerung der Mobilitätskosten für dieselbe Zielgruppe der betroffenen Bevölkerung. Einkommensschwache Zielgruppen sind davon stärker betroffen als einkommensstarke, da in der Regel die gesundheitliche Ausgangssituation einkommensschwacher Gruppen kritischer ist.

#### Berücksichtigung von Kompensationseffekten

Die Berücksichtigung eines Kompensationseffektes ist für die Bewertung von Maßnahmen und ihrer Auswirkung auf die nachhaltige Entwicklung von Bedeutung: Kann ein Defizit einer Wirkung im ökologischen Wirkungsbereich durch einen „Überschuss“ einer positiven Wirkung im ökonomischen Bereich kompensiert werden? Ein Beispiel: Darf die Exposition einer Bewohnergruppe durch Lärm über dem zulässigen Grenzwert mittels einer finanziellen Abschlagszahlung kompensiert werden? Die derzeit in Verwendung befindlichen Verfahren der NKA, die für Infrastrukturentscheidungen herangezogen werden, lassen den Kompensationseffekt für alle Wirkungen zu, wenn z.B. eine Verschlechterung der Erreichbarkeit einer Personengruppe durch die Verbesserung der Erreichbarkeit bzw. des Zeitgewinns für eine andere Bevölkerungsgruppe mehr als kompensiert wird. Eine Lösung dieser Frage kann z.B. durch die Einhaltung von standardisierten Mindestwerten der Erreichbarkeit für alle Bevölkerungsgruppen gefunden werden. Auf diese Art sind Kompensationseffekte nur dann zulässig, wenn definierte Grenzwerte eingehalten werden.

#### Zeitliche Abgrenzung der Beobachtungsperioden

Neben der schon vorher angesprochenen Frage der Wahl des geeigneten Betrachtungszeitraumes einer nachhaltigen Entwicklung ist die Wahl der wiederkehrenden Beobachtung bzw. Messung des Status der nachhaltigen Entwicklung zu beachten. Eine permanente Beobachtung ist aus Gründen des Aufwandes nicht machbar. Es sind geeignete Zeitpunkte

für die Beobachtung zu definieren. Es ist zu beachten, dass die gewählten Zeitpunkte ausreichend repräsentativ im Sinne einer nachhaltigen Wirkung für die zwischen diesen Zeitpunkten liegenden Zeiträume sind. Das gilt insbesondere, wenn bestimmte Effekte nur saisonal auftreten, wie zum Beispiel die Feinstaubkonzentration in Ballungsräumen während der Winterzeit.

#### Abgrenzung der Aggregationseinheiten des Raumes und von Zielgruppen

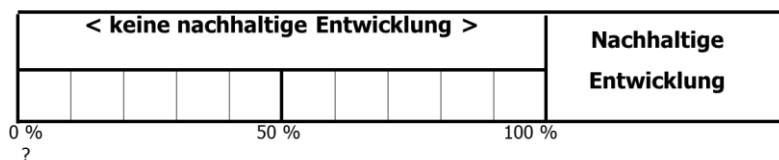
Die räumlichen Aggregationseinheiten (Bezirke, Gemeinden, Regionen etc.) müssen für eine Beurteilung der nachhaltigen Entwicklung für ein Untersuchungsgebiet so gewählt werden, dass nicht unerwünschte Kompensationseffekte auftreten können. Die räumlichen Aggregationseinheiten sind in Bezug auf ihren Nachhaltigkeitsstatus so zu wählen, dass sie funktionell wirksame Einheiten bilden. Es soll vermieden werden, dass Teilbereiche einer räumlichen Bezugseinheit ohne nachhaltige Entwicklung durch Teilbereiche mit optimaler nachhaltiger Entwicklung in der Gesamtbewertung kompensiert bzw. unberücksichtigt bleiben. Für die Abgrenzung von Zielgruppen ist dies z.B. der Fall, wenn eine Minderheit der Bevölkerung, die in einer Gemeinde sehr schlecht durch die Straßeninfrastruktur erschlossen wird, durch eine Mehrheit, die außerordentlich gut erschlossen ist, ausgeglichen wird. Dies passiert z.B. durch einen Indikator, der nur den Mittelwert über beide Bevölkerungsgruppen berücksichtigt.

#### Ablauf der NEA

Eine Operationalisierung benötigt ein nach definierten Standards ablaufendes Analyseverfahren für die Beurteilung, ob eine Entwicklung als nachhaltig einzustufen ist. Das Anwendungsgebiet eines solchen Verfahrens kann sehr vielfältig sein. Dringlicher Bedarf besteht vor allem für die Bewertung der nachhaltigen Entwicklung eines bestehenden oder zukünftigen Zustandes (Trendentwicklung) des Verkehrssystems sowie für die Bewertung der Auswirkungen von Verkehrsmaßnahmen, sowohl infrastruktureller als auch organisatorischer Art. Zur gesamtwirtschaftlichen Bewertung steht uns eine ganze Palette von anerkannten Bewertungsverfahren zur Verfügung, wie die NKA, die Kosten-Wirksamkeitsanalyse usw. Zur ganzheitlichen Beurteilung der nachhaltigen Entwicklung gibt es erste erfolgreiche Ansätze von Verfahren (Sammer 2004). Eine ausreichende Standardisierung und fachlicher Anerkennung ist noch ausständig. Eine beispielhafte Anwendung einer Quantifizierung und Wertsynthese der Nachhaltigkeitskriterien ist in zwei Untersuchungen dokumentiert, eine über die Bewertung von Szenarien 2035 für den Ballungsraum Wien (Sammer et al. 2004/1) und eine über die Bewertung des Ausbaus einer Schnellstraße (Sammer et al. 2005). Der Ist-Zustand, die Trendentwicklung und Maßnahmenzenarien wurden mit einem „Index der nachhaltigen Verkehrsentwicklung“ bewertet (Abb. 2). Dieses Verfahren baut auf einer speziell für die nachhaltige Entwicklung von Verkehrsprojekten adaptierten Nutzwertanalyse auf und wird in Englisch als „Sustainable Development Analysis (SDA)“ bezeichnet.

**Abbildung 2: „Arbeitsschritte der nachhaltigen Entwicklungsanalyse (NEA) für die Bewertung von Verkehrsmaßnahmen und Index der nachhaltigen Verkehrsentwicklung“**

- (1) Definition der Ziele (Ober- und Unterziele)
- (2) Definition der Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung inklusive von Ausschlusskriterien
- (3) Definition und Quantifizierung der Indikatoren und Grenzwerte der Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung
- (4) Definition der Bewertungsfunktionen, der Teil-Indizes der nachhaltigen Entwicklung und ihrer Grenzwerte
- (5) Synthese der Teilindikatoren der nachhaltigen Entwicklung
- (6) Index der nachhaltigen Verkehrsentwicklung



**Index der nachhaltigen Verkehrsentwicklung**

Der in Abb. 2 dargestellte Bewertungsindex einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung wird als Nachhaltigkeitsindex bezeichnet. Er versucht den komplexen Begriff der nachhaltigen Entwicklung im Sinne einer Wertsynthese in einer Variablen mit einer Dimension zusammenzufassen. Es ist klar, dass damit die Mehrdimensionalität des Begriffes der nachhaltigen Entwicklung verloren geht. Für eine Entscheidung, ob eine Entwicklung sich in die richtige Richtung zu „mehr Nachhaltigkeit“ bewegt oder ob eine Maßnahme einen positiven oder negativen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung liefert, ist es notwendig, diese aggregierte Information zur Verfügung zu stellen. Bei aller Trivialisierungsgefahr durch eine solchen Bewertungsindex ist zu bedenken, dass jede Entscheidung für oder gegen der Realisierung einer Verkehrsmaßnahme immer nur ein Ja oder Nein, also eine „diskrete“ Entscheidung sein muss, die durch eine binäre Variable darstellbar ist. Eine diskrete Entscheidung benötigt zur Entscheidungshilfe eine Abschätzung in Form einer solchen Variablen. Der Bewertungsindex für eine nachhaltige Entwicklung hat einen Skalenbereich, in dem die Entwicklung als *nachhaltig* (rechts oberhalb des Skalenwertes von 100%) und einen Skalenbereich (links unterhalb des Skalenwertes von 100%) als *nicht nachhaltig* bewertet wird. Dies ermöglicht auch eine Relativierung und Bewertung, wie weit ein nicht nachhaltiger Zustand von dem Zielwert der Nachhaltigkeit entfernt ist. Die untere Bewertungsgrenze von 0% ist als ein in Bezug auf die Nachhaltigkeit „schlechtestes Szenario“ zu bewerten. Der Skalenbereich oberhalb von 100% ist auch interpretierbar: ein Wert der knapp oberhalb von 100% liegt, bedeutet eine geringere Sicherheit und Stabilität des als nachhaltig



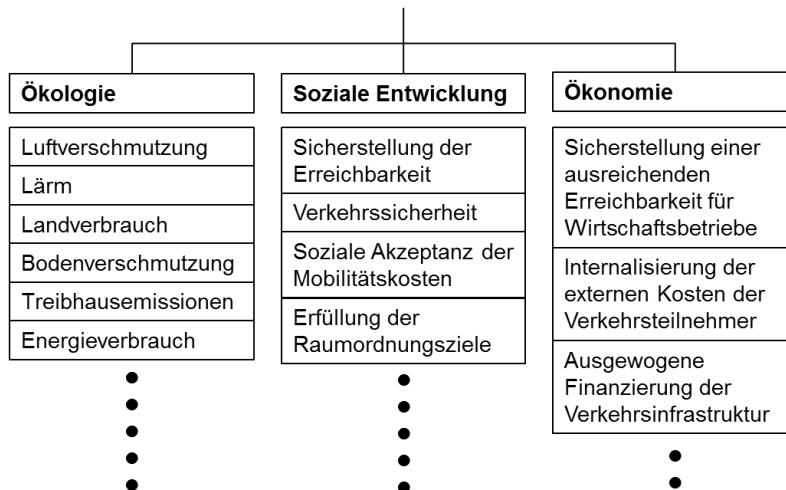
beurteilten Zustandes im Vergleich zu einem Wert, der weit über 100 % liegt. Dieser Bewertungsindex einer nachhaltigen Entwicklung ermöglicht einerseits eine Beobachtung der zeitlichen Entwicklung und andererseits die Beurteilung von Verkehrsmaßnahmen in Bezug auf einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung in nachvollziehbarer, standardisierter und quantitativer Form. Dieser Nachhaltigkeitsindex entspricht dem Nutzen-Kostenverhältnis der NKA.

#### Arbeitsschritte der NEA

Die NEA ist ein bis zu einem gewissen Maß standardisiertes Verfahren, welche die Beurteilung des Beitrages von Verkehrsmaßnahmen zur nachhaltigen Entwicklung ermöglicht, so wie die NKA für eine monetäre Bewertung im betriebs- und volkswirtschaftlichen Bereich. Ihr Ablauf orientiert sich an der Nutzwertanalyse, allerdings ist eine Reihe von Besonderheiten zu beachten. Folgende Arbeitsschritte sind vorgesehen (Abb.2):

(1) *Definition der Ober- und Unterziele mit Hilfe eines hierarchisch gegliederten Zielsystems:* Die drei gleichwertigen Oberziele beinhalten die Sicherstellung einer ökologisch, ökonomisch und sozial verträglichen Verkehrsentwicklung für heutige und zukünftige Generationen. Jedes Oberziel wird in weitere Unterziele unterteilt, die die drei Oberziele bestmöglich und repräsentativ für alle für die Nachhaltigkeit relevanten Wirkungen im Verkehrsbereich beschreiben. In Abb.3 sind Wirkungsbereiche beispielhaft dargestellt, für die Ziele im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung des Verkehrs zu definieren sind.

**Abbildung 3: Wirkungsbereiche für die Zielsetzungen einer nachhaltigen Verkehrsentwicklung, beispielhafte Darstellung**



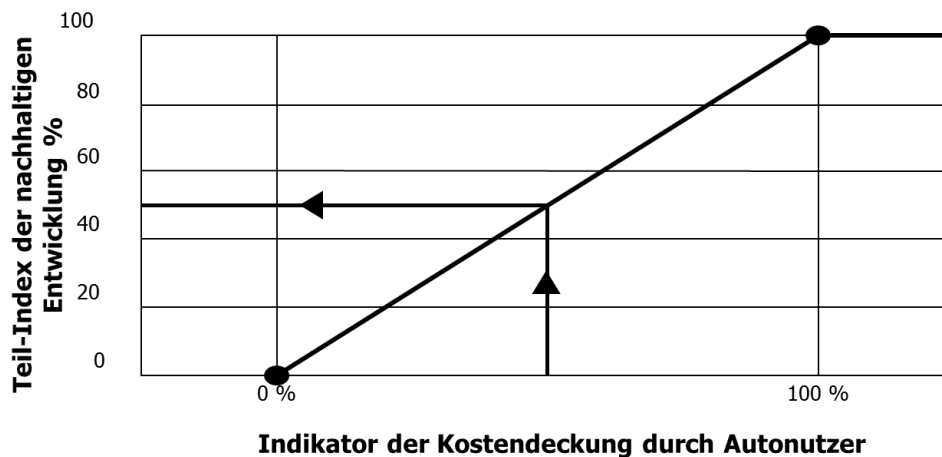
(2) *Definition der Kriterien für eine Nachhaltige Verkehrsentwicklung:* Eine Operationalisierung des Begriffes einer nachhaltigen Entwicklung setzt voraus, dass für jedes Unterziel ein oder mehrere Kriterium für die Erfüllung der nachhaltigen Entwicklung definiert werden. Diese Kriterien müssen in der Lage sein, den Zustand einer nachhaltigen Entwicklung des verkehrlichen Untersuchungsgebietes möglichst repräsentativ zu beschreiben. Es kann auch zweckmäßig sein, wenn es Ausscheidungskriterien gibt, d.h. wenn ein bestimmtes Kriterium nicht erfüllt ist, kann keine Nachhaltigkeit erreicht werden. Für das Ziel der Verkehrssicherheit ist Nachhaltigkeit dann erreicht, wenn keine Personen bei einem Unfall bleibende Schäden durch Verletzung erfahren und wenn keine Verkehrstoten zu beklagen sind. Das Kriterium Erreichbarkeit ist dann erfüllt, wenn eine zu definierende Mindestreichbarkeit für alle Bewohner sichergestellt ist. Das Kriterium der Kostenwahrheit bedeutet, dass jeder Verkehrsnutzer für die gesamten Verkehrskosten aufkommt, was einer vollständigen Internalisierung der externen gesamtwirtschaftlichen Kosten entspricht. Auszunehmen davon sind soziale Subventionen für sozial schwache Einkommensgruppen der Bevölkerung.

(3) *Definition und Quantifizierung der Indikatoren und Grenzwerte der Kriterien einer nachhaltigen Entwicklung:* Eine Operationalisierung des Begriffes einer nachhaltigen Entwicklung wird durch die Definition von Indikatoren und deren Quantifizierung für alle Kriterien des Untersuchungsgebiets fortgesetzt. Jedes Kriterium wird durch ein oder mehrere Indikatoren bestmöglich repräsentativ beschrieben. Z.B. kann die Mindestreichbarkeit durch eine maximal zumutbare Reisezeit zwischen Wohnort und Arbeitsort, aber auch durch einen Mindestwert der Bedienungshäufigkeit beim öffentlichen Verkehr beschrieben werden. Diese Indikatoren sind für alle Untersuchungsalternativen mit ihrer quantitativen Ausprägungen zu ermitteln bzw. abzuschätzen.

(4) *Definition der Bewertungsfunktionen der Teil-Indizes der nachhaltigen Entwicklung und ihrer Grenzwerte:* Die Operationalisierung der nachhaltigen Entwicklung setzt voraus, dass für jeden Indikator aller Unterziele und Kriterium ein Grenzwert für die Erfüllung der nachhaltigen Entwicklung, das entspricht 100% auf der Nachhaltigkeitsskala, sowie ein Grenzwert für den Wert 0% auf der Nachhaltigkeitsskala zu definieren ist. Der obere Grenzwert des Indikators definiert den Grenzzustand in Bezug auf das Unterziel, bei dem der betrachtete Wirkungsbereich gerade als nachhaltig zu beurteilen ist. Der untere Grenzwert des Indikators definiert den ungünstigsten möglichen Zustand des Indikators für das betrachtete Projekt. Z.B. stellt die Kostenwahrheit im Sinne einer Internalisierung der externen Kosten für den Verkehrsnutzer ein wichtiges Kriterium und Teil-Index der Nachhaltigkeit dar: Dieser Teil-Index nimmt der Wert 100% an, wenn alle gesamtwirtschaftlichen Kosten durch die Nutzer aller Verkehrsmittel gedeckt werden und erhält den Wert 0% wenn der Nutzer keine Kosten übernimmt (z.B. beim Nulltarif). Werte des Teil-Index über 100% und unter 0% erhalten bei diesem Indikator der Kostendeckung einen Teil-Index von 100% beziehungsweise von 0%, weil diese Ausprägungen nicht im Sinne einer Veränderung der Nachhaltigkeitsbewertung sind. Wichtig ist dabei, dass nicht nur der Mittelwert betrachtet wird, sondern die Verteilung der individuellen Kostendeckung aller Nutzer. Zwischen den beiden Eckwerten ist für dieses Kriterium eine lineare Interpolation als Trans-

formationsfunktion bzw. Bewertungsfunktion stimmig (Abb.4). Denkbar wäre, dass für sozial schwache Bevölkerungsgruppen der Wert 100% auch bei einer Subvention der Kosten erreicht wird. Dieser Teil-Index ist für alle Untersuchungsalternativen mit der entsprechenden quantitativen Ausprägung zu ermitteln bzw. abzuschätzen.

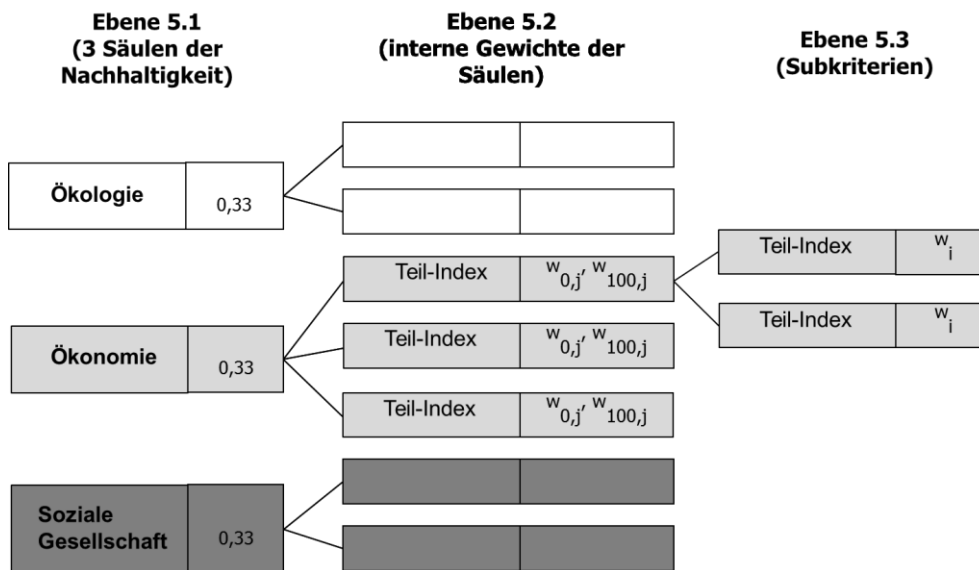
**Abbildung 4: Definition der Bewertungsfunktion für das Kriterium der Internalisierung der externen Nutzerkosten am Beispiel der Kostendeckung der Autonutzer**



(5) *Synthese der Teil-Indizes der nachhaltigen Entwicklung:* In einem mehrstufigen Gewichtungprozess werden die Teil-Indizes zu dem Bewertungsindex der nachhaltigen Entwicklung aggregiert (Abb. 5). Die erste Stufe beinhaltet die Aggregation der Teil-Indizes der Unterziele getrennt für die drei Oberziele der Ökologischen, der ökonomischen und der sozialen Entwicklung. Dazu sind Gewichte für die Unterziele festzulegen und zu verteilen, die den jeweiligen Einfluss des einzelnen Unterzieles im Verhältnis zu den anderen Unterzielen für das entsprechende Oberziel repräsentieren. Ohne im Rahmen dieses Artikels näher darauf eingehen zu können, ist es grundsätzlich möglich, bei diesem Gewichtungsschritt auch Synergieeffekte von Indikatoren bzw. ihrer Wirkungen zu berücksichtigen (Sammer 2004). In diesem Falle ist ein geeignetes nachvollziehbares Verfahren zu entwickeln und zu dokumentieren. Wenn zweckmäßig, ist es auch möglich, eine „dynamische“ Gewichtung in Bezug auf die Ausprägung eines betrachteten Teil-Indexes der nachhaltigen Entwicklung vorzunehmen. Dies kommt dann in Betracht, wenn unterschiedliche Synergieeffekte für die Werte 0 und 100 % der Nachhaltigkeitsskala für einzelne Wirkungen von Unterzielen bzw. Indikatoren zu erwarten sind (Sammer 2004, Sammer et al. 2009). In der zweiten Stufe des Gewichtungsprozesses werden die Teil-Indizes der drei Oberziele der ökologischen, der ökonomischen und der sozialen Verkehrsentwicklung im Sinne des

Brundtlandreport (World Commission on Environment and Development 1987) mit je einem Drittelgewicht zum Bewertungsindex für die Gewichtung aggregiert.

**Abbildung 5: Gewichtungsstruktur der Teil-Indizes in 3 Ebenen (Beispiel)**



(6) *Bewertungsindex für die nachhaltige Entwicklung:* Das Ergebnis ist ein Index, der alle untersuchten Szenarien in Bezug auf ihre nachhaltige Entwicklung beschreibt (siehe Abb.6 und Kap. 2.3). Er ermittelt sich durch die gewichtete Addition der Teil-Indizes der Zielkriterien.

### 2.3 Fallstudie der NEA für Mobilitätsszenarien der Ostregion Wien

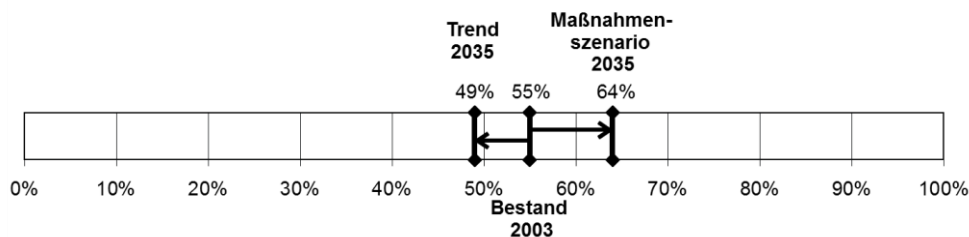
Die Operabilität der NEA wurde an mehreren Anwendungsbeispielen getestet. Hier ist das Ergebnis einer Fallstudie für verschiedene Mobilitätsszenarien 2035 der Ostregion Wien kurz wiedergegeben. Das Ergebnis zeigt, dass das Verfahren der NEA anwendungsreif ist. Allerdings ist klar, dass eine weitere Entwicklung und Forschung für die NEA wünschenswert ist. Das vorgestellte Ergebnis der Fallstudie umfasst die Bewertung des bestehenden Zustandes 2003 der nachhaltigen Entwicklung des Istzustandes, ein Szenario einer Trendentwicklung und ein Maßnahmenzenario für das Jahr 2035:

- Das Trendszenario 2035 beinhaltet die Infrastrukturentwicklung aller Verkehrsmittel laut Masterplan, die Erweiterung der Parkraumbewirtschaftung auf das gesamte geschlossen verbaute Gebiet von Wien und eine zu erwartende Dezentrale Entwicklung der Siedlungsstruktur im Raum der Ostregion.

- Das Maßnahmenzenario 2035 umfasst eine Reihe von Maßnahmen, die in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung der Ostregion im Bereich Verkehr und Mobilität führen sollen: flächendeckende Straßenbenützungsg Gebühr im Stadtgebiet von Wien von 4 €-Cent pro km, in Wien-Umgebung von 2 €-Cent pro km und ihre Verdoppelung zu Spitzenzeiten; Reduzierung des geplanten Schnellstraßenbaus; Verstärkte Förderung des öffentlichen Nahverkehrs und des nicht motorisierten Verkehrs, starke Förderung von Mobilitätsmanagement, Einführung einer raschen alternativen technologischen Motorentwicklung im Sinne der Nachhaltigkeit; intensives Programm zur öffentlichen Bewusstseinsbildung im Sinne einer nachhaltigen Mobilitätsentwicklung.

Das Ergebnis zeigt sowohl für die verkehrspolitischen Entscheidungsträger als auch für die Verkehrsfachleute ein sehr ernüchterndes Ergebnis (Abb. 6). Im Bestand 2003 ergibt sich ein Wert des Nachhaltigkeitsindex in der Ostregion von 55%. Das Trendszenario 2035 zeigt eine Reduktion auf 49%. Maßgeblich für die Verschlechterung sind insbesondere zwei Einflussfaktoren, der weiterhin hohe Anteil der externen Kosten aus Nutzersicht und die Luftverschmutzung. Im Maßnahmenzenario 2035 zeigt sich eine deutliche Steigerung des Nachhaltigkeitsindex auf 64%, allerdings ist damit erst zwei Drittel des Zieles einer nachhaltigen Entwicklung der Mobilität in der Ostregion erreicht. Unter dem Blickwinkel der sehr restriktiven Kfz-Verkehrsmaßnahmen dieses Szenarios, die im gegenwertigen Masterplan Verkehr der Stadt Wien nicht enthalten sind, regt dieses Ergebnis zum Nachdenken über die nicht zu erwartende Erfüllung der beschlossenen Ziele der derzeitigen Verkehrspolitik an.

**Abb. 6: Nachhaltigkeitsindex für den Bestand, das Trendszenario und ein Maßnahmenzenario in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung des Verkehrs in der Ostregion Wien (Sammer et al. 2004/1)**



### 3. eNK - erweiterte Nutzen-Kostenanalyse

Das Ergebnis der konventionellen NKA, wie sie in den einschlägigen Richtlinien aufscheint, basiert darauf, den Nutzen und die Kosten der untersuchten Alternativen gegenüber zu stellen. Die konventionelle NKA berücksichtigt in der Regel direkte Effekte, was zur Unterschätzung des gesamtwirtschaftlichen Nutzen und Kosten führen kann. Die Vertei-

lungswirkung des Nutzens und der Kosten wird nicht betrachtet, sondern nur der Gesamtsaldo oder das Verhältnis von Nutzen und Kosten wird in dem Entscheidungskalkül berücksichtigt. Bestehende Ungleichheiten der Nutzen- und Kostenverteilung von Personengruppen werden nicht berücksichtigt, wie die bewirkten Verteilungseffekte der Alternativen. Die indirekten Effekte sind Wirkungen, die außerhalb des Verkehrssystems wirksam werden, wie z.B. räumliche Verlagerungswirkungen der Raumnutzung und der Wirtschaft, Gesundheitskosten usw. Dazu zählen auch indirekte Verkehrsnetzeffekte. Diese entstehen durch eine Änderungen der Raumnutzung und Wirtschaft, wie z.B. die induzierte oder unterdrückte Verkehrsnachfrage durch Neuansiedlungen oder eine Mauteinführung (Sammer et al. 2004/2). Die Entwicklung der eNKA vermeidet einige dieser Nachteile.

#### *Veränderung der regionalen Wirtschaftskraft*

Die regionale Wertschöpfung wird durch Effekte außerhalb des Verkehrssektors verursacht. Durch eine Verbesserung der Erreichbarkeit als Folge einer Verkehrsinfrastrukturinvestition erhöht sich die Standortqualität des umliegenden Gebietes. Hierbei ist die Erreichbarkeit als eine Funktion der „generalisierten Kosten“ definiert, die Fahrzeit und Reisekosten beinhaltet. Eine verbesserte Standortgunst bewirkt eine Ansiedlung von Betrieben und Geschäften, die davon profitieren wollen. Durch die erhöhte Nachfrage nach Grundstücken und Betriebsflächen steigt auch der Preis für Grundstücke und Mieten. Dies trägt zur regionalen Wertschöpfung bei. Untersuchungen zeigen, dass diese Wertschöpfung nur unter bestimmten Bedingungen stattfinden kann, wie z.B. ein ausreichendes Potential an verfügbaren Miet- und Kaufobjekten, eine Investitionsbereitschaft sowie eine positive Wirtschaftsentwicklung (Sammer et al. 2004/2). Zu beachten ist dabei, dass nicht jeder neue Betrieb in einem Gebiet mit verbesserter Erreichbarkeit eine zusätzliche Wertschöpfung darstellt. Es kann auch passieren, dass manche Betriebe als Folge der Standortverbesserung ihren Standort von einem schlecht erschlossenen Gebiet an Standorte mit verbesserter Erschließung verlagern. Durch Infrastrukturinvestitionen wird auch ein Standortwettbewerb bewirkt, der zu einer schlechteren Wertschöpfung in konkurrierenden Gebieten führen kann. Die Schwierigkeit besteht darin, diese Wertschöpfung ausreichend genau zu quantifizieren. Einige Untersuchungen (Bruns et al. 2005, Stark 2010) haben gezeigt, dass dies möglich ist. Im Prinzip geht es darum, einerseits einen geeigneten Indikator für die Veränderung der Erreichbarkeit als Folge einer Veränderung der verkehrlichen Wirkung des Wegenetzes und andererseits einen geeigneten funktionellen Zusammenhang zwischen der regionalen Wertschöpfung, der Grundstückspreise und der Mieten sowie der Erreichbarkeitsveränderung zu definieren und an Hand von beobachteten Werten zu kalibrieren.

In Abb.7 ist beispielhaft das Ergebnis von drei Verkehrsinfrastrukturprojekten dokumentiert: unter den Beispielen des Straßen- und des Eisenbahnverkehrs sind je eines in Planung bzw. in Bau. Das U-Bahnprojekt für Wien ist schon realisiert und stellt eine Ex-post-Untersuchung dar. Die regionalwirtschaftliche Wertschöpfung pro Jahr ist als Prozentanteil der gesamten Investitionskosten ausgedrückt. Es zeigt sich, dass die ermittelten jährlichen Beträge einen relativ großen Anteil in Relation zu den Investitionskosten aufweisen. Es fällt auf, dass das Straßenprojekt im Vergleich zum Eisenbahnprojekt einen etwa sechs Mal

größeren Anteil an den Investitionskosten leistet. Das lässt sich einerseits durch die stärker flächendeckende Netzwirksamkeit der Straßeninvestition erklären, da das Straßennetz eine viel größere Dichte als das Eisenbahnnetz aufweist. Andererseits ist die von der Erreichbarkeitsverbesserung betroffene Verkehrsnachfrage, ausgedrückt in Verkehrsleistung, im Straßenverkehr ein Vielfaches größer als im Eisenbahnverkehr. Außerdem ist festzuhalten, dass das Eisenbahnprojekt einen über 30 km langen und daher teuren Eisenbahntunnel beinhaltet. Es ist zu beachten, dass in diesen Wertschöpfungsbeträgen nicht die Umwelt- und Unfallwirkungen usw. berücksichtigt sind. Diese sind in dem Ergebnis der konventionellen NKA zugeordnet. Diese Ergebnisse sind nicht einfach zu den Ergebnissen einer konventionellen NKA zu addieren, da bezüglich der Einsparung von generalisierten Reisezeit und der regionalwirtschaftlichen Wertschöpfung durch Erreichbarkeitsverbesserung Doppelzähleffekte auftreten können. Das U-Bahnprojekt zeigt den geringsten Anteil der regionalwirtschaftlichen Wertschöpfung in Relation zu den Investitionskosten. Das erklärt sich unter anderem durch die sehr hohen Investitionskosten pro Netzkilometer und durch das relativ vollständig ausgeschöpfte Entwicklungspotential auf Grund der schon vor dem Baubeginn sehr großen Bebauungsdichte entlang der beiden U-Bahnlinien. In der Wertschöpfung des U-Bahnprojektes sind auch die durch die verbesserte U-Bahnerschließung gestiegenen Grundstücks- und Mietkosten für Wohnungen enthalten. Das Ergebnis drängt die Schlussfolgerung auf, dass ein Teil dieser Wertschöpfungen von Mieten und Grundstücken als Folge öffentlicher Investitionen für Verkehrsinfrastrukturprojekte in Form einer Wertschöpfungsabgabe der öffentlichen Hand von den Nutznießern eingefordert werden könnte. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die regionalwirtschaftlichen Effekte in der Regel einen nicht zu vernachlässigenden Anteil am Nutzen von Projekten aufweisen, deren Vernachlässigung sich auf das Ergebnis konventioneller NKA signifikant auswirken.

**Abbildung 7: Beispiele für den regionalwirtschaftlichen Mehrwert in Relation zu den Investitionskosten an Hand drei unterschiedlicher Infrastrukturprojekte (Bruns et al. 2005, Stark 2010)**

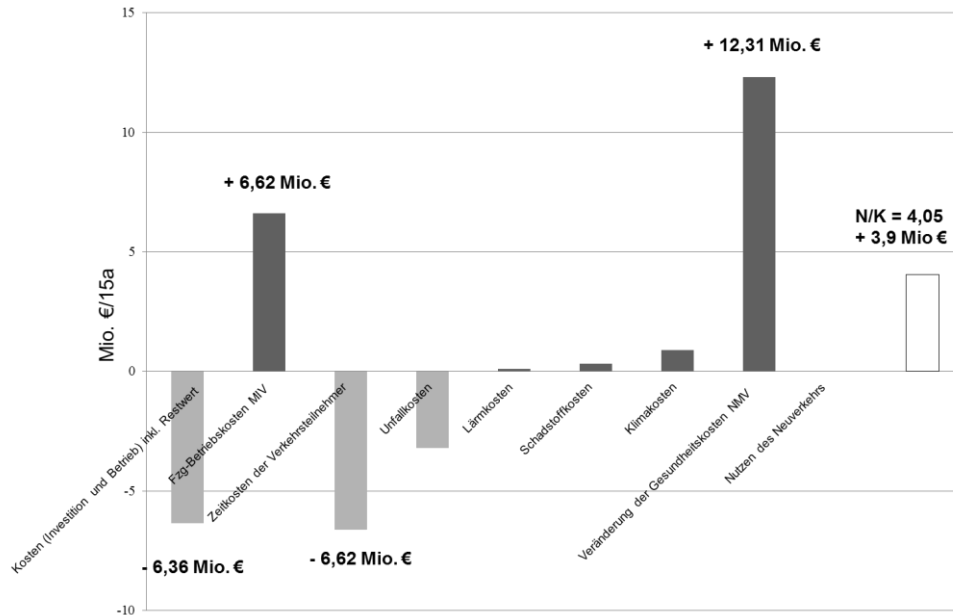
<b>Infrastruktur Projekt</b>	<b>Netzlänge des Projekts</b>	<b>Regionalwirtschaftlicher Effekt pro Jahr in % der Investitionskosten</b>
<b>Schnellstraße Ennstal (Stmk)</b>	<b>78 km</b>	<b>~ 59 %</b>
<b>Eisenbahnlinie Südbahn (Stmk)</b>	<b>160 km</b>	<b>~ 10 %</b>
<b>U-Bahnlinie U3 and U6 in Wien</b>	<b>20 km</b>	<b>~ 8 %</b>

### *Gesundheitskosten*

Eine in konventionellen NKA nicht beinhaltete Art von Effekten sind die Gesundheitskosten. Insbesondere bei intermodalen organisatorischen Maßnahmen, in welchen die Verkehrsnachfrageänderung des nichtmotorisierte Verkehrs für Alternativen eine Rolle spielt, kann sich die Einbeziehung der Gesundheitskosten auf das Ergebnis des Bewertungsverfahrens entscheidend auswirken. Es ist nicht einfach, die gesundheitlichen Effekte der Nutzung des Fußgänger-, des Fahrrad-, des öffentlichen und des motorisierten Individualverkehrs in valider Form quantitativ darzustellen. Es gibt eine Reihe von Untersuchungen, die das versuchen (COWI 2009, Rutter et al. 2008). Es zeigt sich eine eindeutige Tendenz, dass die Benutzung des Fußgänger- und des Fahrradverkehrs gegenüber jener des Autoverkehrs mehr körperliche Bewegung und damit ein besseres Training des Herz-Kreislaufsystem bewirkt. Die Folgewirkungen davon sind weniger Krankheiten und längeres Leben. Für den Österreichischen Städtebund wurde ein Bewertungsverfahren inklusive eines Software-Tools entwickelt (Österreichischer Städtebund et al. 2012), in dem auf Basis von Literatur die Effekte auf die Gesundheit monetär geschätzt werden. Beispielhaft ist in Abb.8 ein Fahrradprojekt mit seinen gesamtwirtschaftlichen Nutzen inklusive Gesundheits- und Kosteneffekten in Relation zum Istzustand dargestellt. Da durch den Umstieg eines beträchtlichen Nutzerpotentials vom Auto auf das Fahrrad, gemessen in Verkehrsleistung, wirkt sich das auf die Nutzen-Kostensumme und das Nutzen-Kostenverhältnis positiv aus. Bei den Kosten dominieren die zusätzlichen Investitions- und die Zeitkosten durch Zeitverluste. Beim Nutzen tritt eine Reduktion der Kosten durch die Verlagerung vom MIV-Verkehr auf das Fahrrad und durch die verbesserte Gesundheit der Fahrradnutzer deutlich hervor. Ohne Berücksichtigung von Gesundheitskosten zeigen Fahrradprojekte bei Anwendung der konventionellen NKA häufig ein Nutzen-Kostenverhältnis unter 1,0.



**Abbildung 8.: Gesamtwirtschaftlicher Kosteneffekt eines Fahrradinfrastrukturprojektes im Vergleich zum Istzustand (Österreichischer Städtebund et al. 2012)**



*Verteilungseffekte von Nutzen und Kosten von Infrastrukturprojekten.*

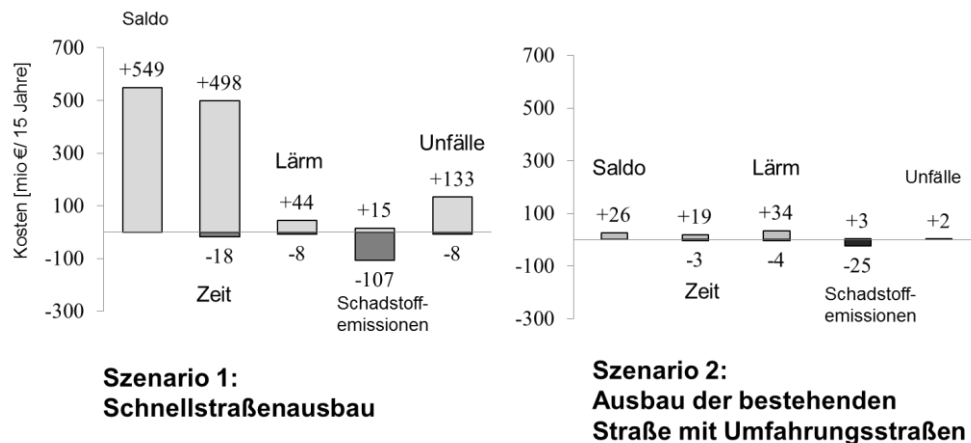
Die konventionelle NKA zeigt im Ergebnis nur den Saldo oder das Verhältnis des gesamten Nutzens zu den Kosten einer Investition oder Maßnahme auf. Sie berücksichtigt aber keine Information über die Verteilung des in monetäre Einheiten ausgedrückten Nutzens in Bezug auf die betroffene Bevölkerung oder der relevanten Schutzgüter. Diese Information ist ein wichtiger Teil der Entscheidungsgrundlage, um offenzulegen, wer oder was die Profiteure der Investition oder Maßnahme sind und damit auch soziale Auswirkungen offenzulegen. Mit der eNKA wird nicht nur die Saldo-Information des Nutzens, sondern auch die Verteilung des Nutzens transparent gemacht, unterschieden nach positiven und negativen Nutzen je Schutzgut bzw. betroffene Personengruppe. Anders ausgedrückt, es wird offen gelegt, wer Gewinner und wer Verlierer der untersuchten Maßnahme ist, welche Schutzgüter von der Maßnahme profitieren und welche beeinträchtigt werden. Das bedeutet, dass für alle Wirkungsbereiche nicht nur der Nutzensaldo, sondern auch eine Offenlegung der positiven und negativen Effekte betrachtet wird. In Abb.9 ist ein Beispiel für zwei Investitionsalternativen, eine Schnellstraße und alternativ der Ausbau der bestehenden Straße mit Ortsumfahrungen, auf Basis eines Projektes (Sammer et al. 2005) dargestellt. Diese Tabelle enthält für zwei Szenarien den monetarisierten Nutzen aus der eingesparten Reisezeit, der veränderten Lärm- und Luftschadstoffemission sowie den Unfällen als Differenz zwischen der Alternativen zum Referenzplanfall ohne Maßnahmen. Diese Effekte werden nach Perso-

nengruppen und Schutzgütern getrennt dokumentiert. Die Zeit-, Lärm-, Luftschadstoff- und Unfallkosten werden getrennt als Verbesserung und Verschlechterungskosten dargestellt: positive Zeitkosten bedeuten eingesparte Zeitkosten der Gewinner, die eine Verbesserung erfahren, und negative Zeitkosten der Verlierer, die eine Verschlechterung erfahren. Die Summe aus dem Nutzen der Gewinner und der Verlierer ergibt den gesamten Nutzen. In der Gesamtbetrachtung des Nutzens ist nicht erkennbar, dass es Gewinner und Verlierer gibt.

Das Ergebnis ist z.B. für die Reisezeit folgendermaßen zu interpretieren: Im Szenario 1 wird in der Komponente der Reisezeiteinsparung insgesamt ein Nutzen von 480 Millionen Euro erhalten, der positiv zu beurteilen ist. Die Aufteilung auf Personengruppen, die mit einer Reisezeiterhöhung zu rechnen haben, zeigt auf, dass eine Personengruppe auch mit einer Verlängerung der Reisezeit zu rechnen hat, die Kosten von 18 Millionen Euro verursacht (negativer Nutzen). Wenn diese Kosten Personengruppen betreffen, die derzeit schon eine schlechte Erreichbarkeit haben, weil sie in peripheren Standorten wohnen, so ist das ein sozialer Nachteil, der in das Entscheidungskalkül einfließen soll. Im Vergleich dazu bewirkt das Szenario 2 einen Nutzen der gesamten Reisezeiteinsparungen von nur 16 Millionen Euro. Allerdings sind die Kosten der Personen, die mit einer Erhöhung der Reisezeit zu rechnen haben mit 3 Millionen Euro deutlich geringer. Ein ähnliches Bild zeigt sich für die anderen Wirkungskomponenten, wo es fast bei allen beiden Szenarien Gewinner und Verlierer gibt, die nicht zu vernachlässigen sind. Diese Art der Offenlegung von bevorteilten und benachteiligten Personengruppen bzw. Schutzgütern benötigt eine nicht aggregierte Aufbereitung der Verkehrsnachfrage und Auswirkungen bezüglich der Personengruppen und Schutzgüter. Hier können die Agenten basierten Verkehrsnachfragemodelle eine große Hilfe sein.

Für das Entscheidungskalkül, welches Szenario besser ist, ist bei eNKA zu überprüfen, ob die Verlierer der Effekte unzumutbar betroffen sind oder nicht. Unter unzumutbare Betroffenheit fällt jene Situation, wenn z.B. Personen über den Grenzwert der Lärm- oder der Schadstoffimmissionen oder über den Grenzwert einer zumutbaren Erreichbarkeit, ausgedrückt durch Reisezeit zwischen Wohnung und Arbeitsplatz, negativ betroffen sind. In diesem Fall ist das Szenario nicht realisierungswürdig, wenn es auch insgesamt den größeren Nutzen-Kosteneffekt oder Verhältnis aufweist. Damit wird in der eNKA neben dem Entscheidungskalkül einer Nutzenoptimierung ein zweites Entscheidungskalkül, nämlich die Einhaltung von Mindeststandards und Grenzwerten kontrolliert und berücksichtigt. Wenn in einem Szenario des Beispiels in der Abb.9 die Grenzwerte nicht eingehalten werden, ist das betrachtete Szenario nicht realisierungswürdig. Durch Verbesserungsmaßnahmen kann die Einhaltung der Grenzwerte sichergestellt werden. Das bedeutet aber, dass auch die Nutzen und Kosten überarbeitet werden müssen und sich dadurch ändern.

**Abbildung 9: Verteilungsbeispiel von positiven und negativen Auswirkungen einer eNKA für 2 Szenarien des Straßenausbaus**



#### 4. Fallstricke im Prozess von Bewertungsverfahren

Bei der Anwendung von Bewertungsverfahren gibt es eine Vielzahl von Fallstricken, die das rechnerische Ergebnis stark beeinflussen können und damit diese verzerren können. In der Praxis passiert dies häufig unbewusst, aber damit kann das Ergebnis der Entscheidungshilfe fehlinterpretiert oder sogar falsch werden. Deshalb werden in diesem Kapitel zwei thematische Beispiele aufgezeigt, die sehr relevant sind.

##### *Verwendung personenspezifischer Nutzen- und Kostenansätze*

Die Verwendung von modernen Verkehrsnachfragemodellen, wie z.B. der Agenten basierten Verkehrsmodellierung, ermöglicht es, disaggregierte personenspezifische Verkehrsverhaltensdaten zu modellieren, um sie als Eingangsbasis für Bewertungsverfahren zu verwenden. Das ermöglicht es, personenspezifische monetäre Kostensätze, wie z.B. Zeit-, Unfall-, Immobilien- und Umweltkosten in Bewertungsverfahren zu verwenden. Diese werden in der Regel durch Erhebung der personengruppenspezifischen Zahlungsbereitschaft erfasst. Das hat den Vorteil, dass nicht nur mit Mittelwerten der Kosten von Personengruppen gearbeitet wird, sondern durch diese Spezifizierung die Mechanismen der Bewertungsmodelle besser abgebildet werden können. Damit ist aber auch eine Konsequenz für das Entscheidungskalkül der Bewertungsverfahren verbunden, das ethische Konsequenzen hat: Diese spezifische Behandlung einkommensunterschiedlicher Personengruppen bedeutet für die Bewertungsergebnisse, dass Zeitgewinne, Einsparung von Unfall- und Umweltkosten von einkommensstarken Personengruppen einen stärkeren Einfluss auf das Ergebnis haben. Damit werden solche Alternativen besser beurteilt, die einkommensstarken Gruppen nutzen. Hier stellt sich die demokratiepolitische Frage, ob das im Sinne einer Gleichbehand-

lung aller Bevölkerungsgruppen bei öffentlichen Infrastrukturinvestitionen ethisch vertretbar ist. Sozial starke Bevölkerungsgruppen werden dadurch systematisch stärker gefördert. Ein Anwendungsbeispiel wäre eine fahrstreifenspezifische Grünzeitanforderung nach einkommensspezifischen Zeitkosten der Lenker: Jene Fahrstreifen, auf denen einkommensstärkere Lenker sich der Kreuzung nähern, können bevorzugt behandelt werden. Das ist ein Zukunftsszenario, das mit heutiger Technologie durchaus lösbar ist. Zu diskutieren ist die ethische und demokratiepolitische Frage, ob das wünschenswert ist (Sammer 2013). Es sollte nicht allein dem Urteil von Fachleuten vorbehalten bleiben, solche wertbehafteten Auswirkungen allein im Rahmen von Richtlinien zu entscheiden.

#### *Thema Datenunsicherheit*

Ein Großteil der Eingabedaten für Bewertungsverfahren basiert auf Ergebnissen von Verkehrsnachfragemodellen. Mit diesen Eingabedaten werden die in Bewertungsverfahren benötigten Auswirkungen für die zu beurteilenden Alternativen und in der Folge die Kosten für Bewertungsverfahren ermittelt. Dafür wird in der Regel der Erwartungswert der Modellschätzung der Verkehrsnachfrage ohne Betrachtung der Streuung oder von Konfidenzintervallen herangezogen. Das heißt, dass die Daten als Punktschätzung in die weitere Verarbeitung eingehen, ohne ihre Unsicherheit zu berücksichtigen, die für Prognosen besonders groß sein kann. Analysen zeigen, dass allein für kalibrierte Verkehrsnachfragemodelle des Istzustandes abhängig von der Verkehrsstärke des Wegenetzes zumindest zweistellige Prozentwerte von Konfidenzintervallen die Regel sind (Sammer et al. 2010). Für prognostizierte Verkehrsnachfragemodellierung überlagert sich zusätzlich die Unsicherheit der prognostizierten Eingabedaten der Raumstruktur und des zukünftigen Verkehrsverhaltens. Wenn diese Daten in Bewertungsverfahren weiterverarbeitet werden, kommen weitere Unsicherheiten dazu. Es stellt eine Ausnahme dar, wenn die Ergebnisse von Bewertungsverfahren diese Unsicherheit behandeln, offenlegen und in Bezug auf die Empfehlungen interpretieren. In den einschlägigen Richtlinien wird der Umgang mit diesen kumulierten Unsicherheiten nicht behandelt. Es stellt sich die Frage, wer für verkehrspolitische Fehlentscheidungen auf Grund von unrichtigen Bewertungsergebnissen die Haftung trägt? In Australien wurde für die Verkehrsnachfrage und die NKA des RiverCity Motorway's Clem7 Tunnel in Brisbane, ein mautfinanziertes Tunnelprojekt, die Haftungsfrage vor Gericht gebracht (Sammer 2016). Die Verkehrsnachfrage wurde von der beauftragten Consultingfirma mit rd. 100.000 Kfz/Tag mit Maut nach einer Einführungszeit prognostiziert. In der Probelaufzeit ohne Maut benutzten rd. 50.000 Kfz/Tag den Tunnel, nach Einführung der Maut waren es nur mehr 20.000. Die Betreiberfirma ging in Konkurs und die Consultingfirma kam wegen der Haftungsfrage für die Verkehrsprognose vor Gericht. Das gerichtliche Fachgutachten über die Verkehrsmodellierung deckte eine Reihe von Schwachstellen und Nichttransparenz der Verkehrsmodellierung auf, die in den Planungsunterlagen nicht behandelt wurden. In Österreich sind derzeit zwei Umweltverträglichkeitsprüfungen von Hochleistungsstraßen in die zweite Instanz des Bundesverwaltungsgerichtshof gehoben worden, weil die Unsicherheiten der Verkehrsprognosen und der Umweltauswirkungen aus der Sicht der Beschwerdeführer nicht ausreichend berücksichtigt wurde (Sammer 2016).

Auf die Frage der Unsicherheit der Ergebnisse von Verkehrsnachfragemodellen und Bewertungsverfahren wird ein zu geringes Augenmerk gelegt. Dies stellt einerseits ein fachliches Manko insbesondere unserer Richtlinien dar, die ja den Stand der Technik darstellen sollten, und andererseits wird damit eine ethische Frage aufgeworfen, die die Verkehrswissenschaftler, Verkehrsplaner und Entscheidungsträger betrifft (Sammer G., Hauger G. 2013; Sammer 2013). Was sind dafür mögliche Lösungen? Folgende Möglichkeiten, nicht erschöpfend aufgezählt, bieten sich an: „Weitermachen wie bisher“, verpflichtende Offenlegung aller Unsicherheiten, verpflichtende Risikoanalyse für die auftretenden Unsicherheiten, z.B. auf Grund einer zu erarbeitenden Richtlinie, Anwendung von neuen Verfahren, wie sie die NEA und die eNKA darstellen usw. Da besteht ein weites Feld an Forschungsbedarf, insbesondere wie die Darstellung von Unsicherheiten in Bewertungsverfahren und im Rahmen verkehrspolitischer Entscheidungen berücksichtigt werden soll.

## 5. Schlussbemerkungen

Konventionelle Bewertungsverfahren berücksichtigen die aus heutiger verkehrspolitischer Sicht notwendigen sachlichen und ethischen Anforderungen nicht ausreichend. Obwohl die Verkehrspolitik sich das Ziel der nachhaltigen Verkehrs- und Mobilitätsentwicklung auf die Fahnen geheftet hat, hat dieses Ziel keinen Eingang in die Bewertungsverfahren gefunden. Das gilt auch für die Bundesverkehrswegeplanung. Der Hauptmangel liegt darin, dass eine Reihe von relevanten Auswirkungen in den konventionellen Bewertungsverfahren und das Thema Unsicherheit der verwendeten Verkehrsnachfragedaten nicht ausreichend behandelt werden. Es ist ein Gebot der Stunde, dass diese Verfahren und Fragestellungen einerseits in der Verkehrsforschung aufgearbeitet werden und andererseits Eingang in die einschlägigen Richtlinien finden.

## Abstract

Traditionelle Bewertungsmethoden haben eine Reihe von Nachteilen, die sich auf das Ergebnis des verkehrspolitischen Entscheidungsprozesses fatal auswirken können und ethische Fragestellungen aufwerfen. So beschränkt sich die traditionelle Kosten-Nutzenanalyse auf die Ergebnisdarstellung von Summenangaben von Kosten und Nutzen monetär ausdrückbarer. Die Verteilung auf verschiedene soziale Gruppen oder nicht in Geld ausdrückbare Auswirkungen werden nicht berücksichtigt. Bestehende Ungleichheiten, seien sie räumlich oder auf soziale Gruppen verteilt, fließen nicht in das Entscheidungskalkül ein. Zielsetzungen einer nachhaltigen Entwicklung der Mobilität werden heute häufig strapaziert, aber finden kaum Eingang in Bewertungsverfahren. Lösungsansätze dafür bieten die Verfahren der nachhaltigen Entwicklungsanalyse (NEA) und der erweiterten Kosten-Nutzenanalyse (eKNA). Die Operabilität dieser Lösungsansätze in der Praxis wird an einzelnen Fallbeispielen aufgezeigt. Es ist festzuhalten, dass diese neue Generation an Bewertungsverfahren am Beginn ihrer Entwicklung steht.

---

## Referenzen

- Bruns, F., Cerwenka, P., Chaumet, R., Haller, R. (2005): *Berücksichtigung der erreichbarkeitsbedingten Wertschöpfung in Kosten-Nutzenanalysen - Bewertung der Standortqualität*; Ernst Basler +Partner Company; Im Auftrag des Österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie Wien.
- Cerwenka, P. (2000): Nachhaltiger Verkehr? – Unzeitgemäße Anatomie eines Modewortes; In: *Der Nahverkehr* Heft 5/2000, Alba Fachverlag Düsseldorf, S. 30-34.
- COWI (2009): *Economic evaluation of cycle projects – methodology and unit prices*; working paper summary; City of Copenhagen.
- Rutter, H., Cavill, N., Dinsdell, H., Kahlmeier, S., Racioppi, F., Oja, P. (2008): *Health economic assessment tool for cycling (HEAT for cycling)*; WHO.
- Österreichischer Städtebund (Hsg), Sammer, G., Klementsitz, R., Stark, J. (2012): *Umweltverbund Ranking- und Bewertungsmodell des österreichischen Städtebundes*; Bericht und Präsentation in der 196. Sitzung des Hauptausschusses, Wien, 28.11.2012.
- Sammer, G. (1997): Which Government policy for which sustainable Mobility?; In: *Proceedings of the 14th Symposium European Conference of Ministers of Transport*, 21st-23rd October 1997 in Innsbruck: Which changes for the Transport in the next Century?
- Sammer, G. (2000): Nachhaltiger Verkehr – nur ein Modewort?; Beitrag zum wissenschaftlichen Disput über das Thema Nachhaltigkeit mit Cerwenka; *Der Nahverkehr*, Heft 7-8/2000, Alba Fachverlag Düsseldorf, S. 69-70.
- Sammer, G. (2004): *Sustainable Transport – just a catchphrase? – Trying to assess sustainability in transport*; 9th Reuben Smeed Memorial Lecture at the UCL London, 17 May 2004.
- Sammer, G. (2013): *Werte und Werthaltungen in der Verkehrsplanung? Brauchen wir das?*; Vortrag und Tagungsmappe FSV-Seminar „10 Jahre Rust! Gestern – Heute – Morgen“, 26. und 27. April 2013, Rust, Burgenland.
- Sammer, G. (2016): Editorial der Fachzeitschrift *Straßen- und Verkehrstechnik*; Heft 1/2016; Kirschbaumverlag Bonn-Bad Godesberg.
- Sammer, G. (2009): Grundkonzept eines nachhaltigen öffentlichen Verkehrs; In: Die Zukunft des öffentlichen Personennahverkehrs, Privatisierung, Wettbewerb, öffentliche Verkehrs- und Umweltinteressen; 4. Greifswalder Forum Umwelt und Verkehr 2008; Schriftenreihe *Umwelt-Recht-Gesellschaft*, Editor: Michael Rodi, Greifswald.

Sammer, G., Gruber, Ch., Roeschel, G. (2010): *Qualitätssicherung für die Anwendung von Verkehrsnachfragemodellen und Verkehrsprognosen - Entwurf eines Merkblattes* – Projekt QUALIVERMO; Schlussbericht; Im Auftrag des Österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Information und Technologie und der ASFINAG, Heft 604, Straßenforschung, Wien.

Sammer, G. Hauger, G. (2013): *Verantwortungsvoller Umgang mit unsicheren Daten bei Verkehrsinfrastrukturentscheidungen – Ein Denkanstoß, auch zur RVS*; Präsentation am FSV-Verkehrstag, 20.6.2013, Wien.

Sammer, G., Klemenschitz, R., Roeder, O. (2004/2): Longterm Socio-Economic Impact and Network Effects of Urban Transport Investments - Analysis, Methodology and Results; In: *Proceedings of the International Conference on Transportation Systems Planning and Operation*; IIT Madras, Chennai, India, 18-20 February 2004; Proceedings pp. 287-295.

Sammer, G., Roeder, O., Klemenschitz, R. (2004/1): *Mobilitäts-Szenarien 2035 – Initiative zur nachhaltigen Verkehrsentwicklung im Raum Wien*; Editor: Shell Austria GmbH, Wien.

Sammer, G., Röschel, G., Gruber, Ch., Tischler, G., Wieser, M., Fleck, D., Raderbauer, J., Griesser, B. (2005): *Strategische Prüfung Verkehr für den Ausbau der B317 als Schnellstraße zwischen Scheifling und Klagenfurt*, Umweltbericht; Im Auftrag der Autobahn- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Gesellschaft (ASFINAG) und dem Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie Wien.

Stark, J. (2010): *Analyse indirekter regionalwirtschaftlicher Effekte von ÖPNV-Infrastruktur Investitionen*; Dissertation am Institut für Verkehrswesen der Universität für Bodenkultur Wien.

Von Carlowitz, H., K. (1773): *Sylvicultura Oeconomica, Hausswirthliche Nachricht und Naturmässige Anweisung zur Wilden Baum-Zucht*; Leipzig, S. 105.

World Commission on Environment and Development (1987): *Our Common Future (Brundtland Report)*; Oxford University Press.

---

# Airport Noise Footprints Revisited: The Impact of the Cut-Off Value on Noise Costs

VON RONNY PÜSCHEL, DRESDEN UND CHRISTOS EVANGELINOS,  
BAD HONNEF

## 1. Introduction

Noise externalities caused by the various transport modes exert considerable social impacts and need to be properly evaluated and internalized. One of the various evaluation methods using stated or revealed preferences is hedonic pricing according to Rosen (1974), Palmquist (1999) and Palmquist (2005), where housing market data is used to isolate the adverse environmental noise effect on property prices.

In Europe, noise footprint data is supplied by the European Environment Agency (2009) based on Directive 2002/49/EC addressing environmental noise. Following the directive's annex VI requirements, noise footprints show spatial noise exposure values caused by road, rail, and air traffic above 55 dB(A)  $L_{den}$ <sup>1</sup> respectively 50 dB(A)  $L_{night}$ <sup>2</sup>. Both figures can be seen as the assumed background noise level that is caused by typical urban activities.

Within hedonic price studies the background noise level determines the cut-off level of noise impacts. Hence, the application of given noise threshold levels does not allow examination of noise impacts on housing prices below these noise exposure levels. For this reason, the noise depreciation sensitivity index (NDSI)<sup>3</sup> as the key result of a hedonic pricing study may be inaccurate.<sup>4</sup> Furthermore, due to the logarithmic character of noise measurement reductions or increases in the noise level by 1 dB(A) may have different effects at different absolute noise levels. In that case, the noise impact measure NDSI is unable to accurately resemble the non-linear noise impact path.

---

Anschrift der Verfasser:

Ronny Püschel	Prof. Dr. Christos Evangelinos
Chair of transportation economics and international transport policy Dresden University of Technology	Department Aviation Management International University of Applied Sciences Bad Honnef Bonn
01062 Dresden	Mülheimer Strasse 38
Ronny.pueschel@tu-dresden.de	53604 Bad Honnef c.evangelinos@iubh.de

1 Day-evening-night noise indicator: Daily average equivalent noise level with penalties for evening and nighttime noise.

2 Night-time noise indicator: Average equivalent noise level during night.

3 Index indicating the relative devaluation of property prices due to a one decibel (A) increase in noise exposure.

4 Thanos et al. (2015).



We examine these two sources of inaccuracy for the region of Düsseldorf, Germany. We address the issue of nonlinearity of noise impacts and test whether the regularly used noise cut-off level of 55 dB(A)  $L_{den}$  is econometrically justified. As an indicator of the significance of these measurement issues we compare resulting impact figures, in terms of the number of noise-affected dwellings and inhabitants as well as noise costs in the considered airport region.

Several studies have already picked up this methodology and identified NDSI threshold values and non-linear NDSI values.<sup>5</sup> Recent hedonic price studies use spatial econometric approaches in order to account for spatial autocorrelation. With respect to lower cut-off noise levels and non-linear noise impacts Dekkers and Van der Straaten (2009) use a very similar approach with the one adopted in this paper in order to quantify noise effects for the case of Amsterdam airport and provide arguments in literature for the use of lower cut-off levels. The innovation of this paper lies therefore not much in the used methodology but rather in the verification of existing results for an additional case, notably for the area around Dusseldorf International airport.

## 2. Data

Our database contains 1370 apartment offers in the region of Düsseldorf from November 2009, obtained from the biggest German property listing website Immobilienscout24. Information on neighbourhood and accessibility attributes as well as noise-related data extends the database. Noise characteristics are represented by strategic noise maps of the year 2007, provided by the European Environment Agency, and maps of noise protection zones.<sup>6</sup> We solely focus on the daily average noise exposure measure  $L_{den}$ .<sup>7</sup> The exposure of the apartments concerning the various types of traffic noise is shown in Table 1.

---

<sup>5</sup> Different noise threshold values have been addressed e.g. in Lake et al. (1998), Rich and Nielsen (2004), Cohen and Coughlin (2008), Andersson et al. (2010) as well as Brandt and Maennig (2011). Non-linear noise effects are examined in Pommerehne (1998), Wilhelmsson (2000), Day et al. (2007) and Andersson et al. (2010), Brandt and Maennig (2011), Ahlfeldt and Maennig (2013) among others.

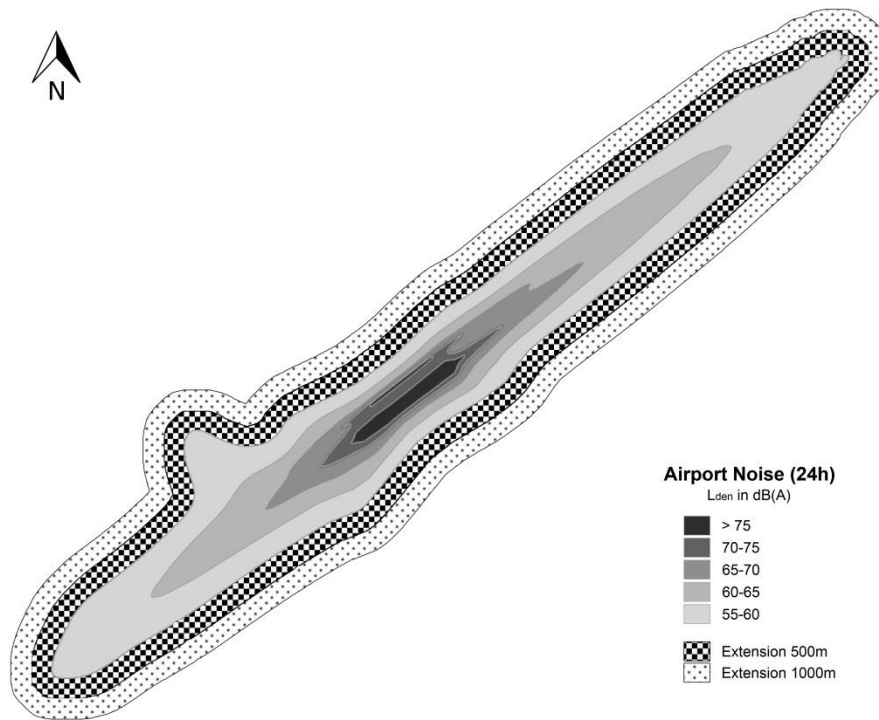
<sup>6</sup> In Germany, landlords are eligible to apply for noise protection measures and monetary compensations if the respective housing unit is located within a specific noise zone according to the Aircraft Noise Act (FluLärmG). As respective noise level threshold values are given in the  $L_{eq}$  measure, the noise zone is not equivalent to a specific noise exposure band of the EEA noise footprint.

<sup>7</sup> Further information on data is shown in Püschel and Evangelinos (2012).

**Table 1 Traffic Noise Exposure of Apartments**

<i>Traffic Noise Source</i>	<i>&gt;55-60 dB(A)</i>	<i>&gt;60-65 dB(A)</i>	<i>&gt;65-70 dB(A)</i>	<i>&gt;70-75 dB(A)</i>	<i>&gt; 75 dB(A)</i>	<i>Total</i>
<i>Road noise</i>	230	208	183	60	1	682
<i>Rail noise</i>	338	117	44	10	8	517
<i>Airport Noise</i>	34	16	1	0	0	51

**Figure 1 Noise Footprint and Extension Zones**



As depicted in Figure 1 noise data is given in five noise bands. All traffic noise variables are continuously coded as the level exceeding the cut-off level of 55 dB(A). In contrast to similar studies like Dekkers and van der Straaten (2009) we refrain from defining an individual background noise level for airport noise, but try to explore the correct background noise level econometrically based on the observed effects on rent levels. As EU noise footprints merely allow the application of a 55 dB(A) L<sub>den</sub> noise cut-off level, we investigate noise effects at lower exposure levels by geographically extending the footprint by adding

two zones of 500 meter width around the noise band of 55-60 dB(A). The necessity for using the 500 m zones originates from the fact that noise exposure data below the threshold of 55 dB(A) are not available for the whole area of investigation.

In addition we also test our data for non-linearity in the airport noise variable by introducing dummy variables for the different noise bands and both extension zones.

Table 2 presents a complete overview of variables.

**Table 2 Data**

Variable	Description	Mean	St. Dev.
<b>Dependent variable</b>			
Rent	Base rent in €	547.40	304.67
<b>Structural attributes</b>			
Size	Living space in square meters	70.380	27.46
Type of Apartment	Type_Loft 1 if apartment is a loft or penthouse	0.011	0.10
Location of Apartment	Type_Duplex* 1 if apartment is a duplex apartment	0.043	0.20
	Loc_Base* 1 if apartment is located in basement	0.013	0.11
	Loc_Ground* 1 if apartment is located in ground floor	0.119	0.32
	Loc_Top* 1 if apartment is located in top floor	0.250	0.43
Quality of Facilities	QoF_deluxe 1 if quality of facilities in apartment is deluxe	0.018	0.13
	QoF_upscale 1 if quality of facilities in apartment is upscale	0.240	0.43
	QoF_basic* 1 if quality of facilities in apartment is basic	0.014	0.12
Flooring	Floor_Par 1 if parquet flooring present in apartment	0.157	0.36
	Floor_Lam 1 if laminate flooring present in apartment	0.320	0.47
SecBathroom	1 if apartment is equipped with second bathroom	0.177	0.38
Kitchen	1 if apartment is equipped with built-in kitchen	0.224	0.42
Cellar*	1 if apartment is equipped with cellar storage unit	0.702	0.46
Garden*	1 if apartment is equipped with a garden	0.099	0.30
BalconyPatio	1 if apartment is equipped with a balcony or patio	0.640	0.48
HeatingOven*	1 if apartment is oven heated	0.005	0.07
Parking	1 if reserved parking is available	0.275	0.45
Condition of Building	QoB_new 1 if apartment is newly built	0.075	0.26
	QoB_ren 1 if apartment is renovated	0.349	0.48
	QoB_need 1 if apartment is in need of renovation	0.019	0.14
Construction Period	Bef1914 1 if apartment has been constructed before 1914	0.052	0.22
	1915_45* 1 if apartment has been constructed between 1915 and 1945	0.050	0.22
	1946_89 1 if apartment has been constructed between 1946 and 1989	0.335	0.47
Levels	# of floors in apartment building	2.996	2.25
<b>Neighborhood attributes</b>			
Schools*	# of schools within 1 km distance	4.559	2.85
Playgrounds	# of playgrounds within 1 km distance	7.986	4.01

Kindergarten	# of kindergartens within 1 km distance	5.539	2.76
Attractions*	# of touristic attractions within 1 km distance	2.597	4.03
Culture*	# of cultural facilities within 500 m distance	0.498	1.27
Gastronomy	# of gastronomy facilities within 500 m distance	8.409	13.76
Hotels	# of accommodation facilities within 500 m dist.	0.904	2.27
Parks	# of parks within 1 km distance	2.970	2.87
Riverbank*	1 if riverbank within 1 km distance	0.317	0.47
ApartmentDens	# apartments per residential building in urban district	5.677	2.61
BuildingDens	# Residential buildings per square kilometer in urban district	523.39	258.05
Seniors*	Share of people aged 60+ years in urban district (%)	24.450	3.92
Unemployment	Share of unemployed residents in urban district (%)	5.400	2.20
<b>Accessibility attributes</b>			
PubTransAccess	# Public transit access points within 500m dist.	8.012	6.23
DistAutobahn	Distance to nearest Autobahn ramp in km	2.429	1.21
DistAirport	Distance to airport terminal in km	9.009	4.10
DistCenter	Distance to city center of Düsseldorf in km	6.470	5.00
<b>Environmental attributes</b>			
NoiseProtZone	1 if property is located within noise protection zone	0.023	0.15
NoiseRoad	Road traffic noise level in Lden above 55 dB(A)	5.255	6.31
NoiseRail	Rail traffic noise level in Lden above 55 dB(A)	2.861	4.51
NoiseAir	Airport noise level in Lden above 55 dB(A)	0.252	1.37
NoiseAir55-60	1 if apartment is exposed to 55-60 dB(A) airport noise	0.001	0.03
NoiseAir60-65	1 if apartment is exposed to 60-65 dB(A) airport noise	0.012	0.11
NoiseAir65-70	1 if apartment is exposed to 65-70 dB(A) airport noise	0.025	0.16
NoiseAir500	1 if apartment is located within 500 m airport noise footprint extension	0.055	0.23
NoiseAir1000	1 if apartment is located within 500 to 1000 m airport noise footprint extension	0.036	0.19

\* eliminated during regression process

### 3. Methodology

The hedonic pricing method uses secondary markets such as the housing market to evaluate price effects of a good's tangible and intangible attributes. Thus, the impact of noise exposure as one of the various attributes of an apartment on its price can be indirectly exam-

ined.<sup>8</sup> According to Rosen (1974) the price  $p$  of housing units can be described by a vector  $Z$  of structural, neighbourhood, accessibility, and environmental attributes:

$$p = \beta Z + \varepsilon.$$

Parameters  $\beta$  reflect coefficients respectively implicit prices,  $\varepsilon$  is the normally distributed error term with mean zero and constant variance. Furthermore, spatial autoregression as well as autocorrelation can be addressed by introduction of spatial lag respectively spatially distributed error terms. As the Lagrange multiplier test indicates existence of spatial autocorrelation, the model incorporates a spatially adjusted error term:

$$p = \beta Z + \lambda W\varepsilon + \xi$$

where  $W$  represents the spatial weights matrix<sup>9</sup> and  $\rho$  respectively  $\lambda$  the parameters of the spatial lag respectively spatial error.  $\xi$  contains the remaining, spatially uncorrelated error.

In total, three models are estimated: Model 1 incorporates linear noise variables, while models 2 and 3 use the binary coding of airport noise in order to test non-linear noise effects. Model 3 further elaborates on rent price effects in the two airport noise extension zones.

#### 4. Results and Discussion

Regression results displayed in Table 4 are obtained by multi step generalized moments (GM) estimations of a linear Cliff and Ord type of model based on Kelejian and Prucha (1999) and, thus, lack traditional model quality indicators. However, the underlying models discussed in Püschel and Evangelinos (2012) show satisfactory results with respect to the goodness of fit (adjusted rho-squared of 0.866).

**Table 4: Regression based estimates**

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<b>Linear Noise Variables</b>	<b>Dummy Noise Variables</b>	<b>Dummy Noise Variables, Noise Footprint Extension</b>
Constant	5.426 ***	5.428 ***	5.432 ***
<b>Structural attributes</b>			
Size	0.012 ***	0.012 ***	0.012 ***
Type_Loft	0.098	0.096	0.094
QoF_delux	0.090 **	0.091 **	0.090 **

<sup>8</sup> More information on existing studies may be found in Schipper (2001) and Wadud (2009).

<sup>9</sup> Row-standardized 60 nearest neighbors matrix.

QoF_up	0.068 ***	0.068 ***	0.068 ***
Floor_Par	0.081 ***	0.081 ***	0.080 ***
Floor_Lam	0.022 **	0.021 **	0.019 **
SecBathroom	0.028	0.028	0.027
Kitchen	0.035 ***	0.036 ***	0.035 ***
BalconyPatio	0.083 ***	0.082 ***	0.083 ***
Parking	0.040 ***	0.040 ***	0.038 ***
QoB_new	0.126 ***	0.127 ***	0.128 ***
QoB_ren	0.041 ***	0.041 ***	0.041 ***
QoB_need	-0.071 ***	-0.070 ***	-0.070 ***
Bef1914	0.058 ***	0.058 ***	0.059 ***
1946_89	-0.017 *	-0.017 *	-0.015 *
Levels	-0.007 ***	-0.007 ***	-0.006 ***
<b>Neighborhood attributes</b>			
Playgrounds	-0.007 ***	-0.007 ***	-0.007 ***
Kindergarten	-0.001	-0.001	-0.002
Gastronomy	0.001	0.001	0.001
Hotels	-0.006 **	-0.006 **	-0.006 **
Parks	0.008 **	0.008 **	0.007 **
ApartmentDens	0.009 **	0.009 **	0.009 **
BuildingDens	0.000	0.000	0.000
Unemployment	-0.031 ***	-0.031 ***	-0.031 ***
<b>Accessibility attributes</b>			
PubTransAccess	0.002 **	0.002 **	0.002 **
DistAutobahn	0.020 ***	0.020 **	0.018 ***
DistAirport	-0.004	-0.004	-0.006
DistCenter	-0.008 **	-0.008 **	-0.006
<b>Environmental attributes</b>			
NoiseProtZone	0.099 *	0.094	0.092
NoiseRoad	-0.002 **	-0.002 **	-0.002 **
NoiseRail	-0.001	-0.001	-0.001
NoiseAir	-0.010 *		
NoiseAir55-60		-0.067 *	-0.086 **
NoiseAir60-65		-0.084	-0.102
NoiseAir65-70		-0.174 **	-0.203 ***
NoiseAir500			-0.057 **
NoiseAir1000			0.008
Spatial Error	Yes	Yes	Yes
Residual St. Error	0.161	0.161	0.161

\* Significance at 90% level, \*\* Significance at 95% level, \*\*\* Significance at 99% level.

Due to the application of a log-linear regression function estimates reflect semi-elasticities; to correctly interpret parameters of dummy variables the conversion

$s = e^r - 1$  based on Halvorsen and Palmquist (1980) needs to be applied, where  $s$  denotes the semi-elasticity and  $r$  is the parameter estimate.

All parameter estimates show the expected sign. However, an interesting result is the statistical insignificance of distance to the airport terminal. Usually proximity to the airport, notwithstanding the corresponding noise exposure, is seen as an amenity due to ease of travel or accessibility to workplaces at the airport grounds. Our results do not confirm this in the case of Düsseldorf airport. Although not directly addressed in this paper, this result may be explained by the general proximity of the airport to the city-center of Düsseldorf and/or its ease of access by private car and public transport.

#### 4.1 Linear Noise Effects

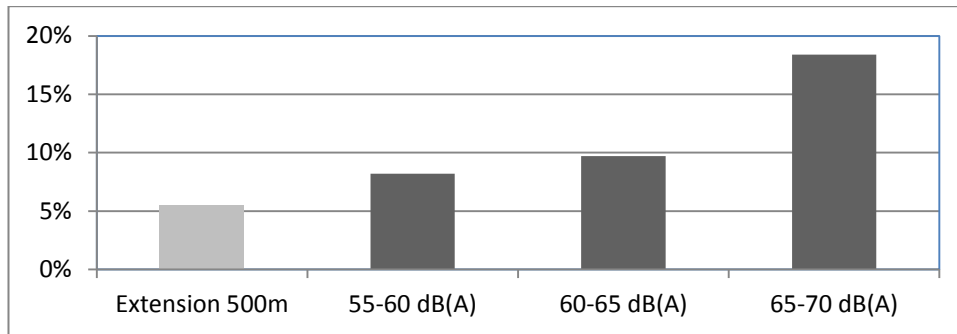
Model 1 confirms the findings in Püschel and Evangelinos (2012). Here, street and airport noise show significant negative effects on rent prices, NSDI values are 0.2 respectively 1. As in all other model setups rail traffic noise seems not to affect rent prices. Location within the noise protection zone, which can be assumed to be equivalent to the realization of noise protection measures, leads to a rent increase of about 10%.

#### 4.2 Non-linear Noise Effects

While the NSDI value of model 1 assumes a constant noise impact along the range of airport noise exposure values, both models 2 and 3 take into account non-linear airport noise effects by introducing dummies for the three relevant noise bands. Estimation results confirm the findings of model 1. However, they provide more detailed information concerning noise impacts.

Model 2 translates the constant airport NSDI result of model 1 into three semi-elasticities. While location of an apartment within the noise band of 55-60 dB(A) reduces rents by 6.5%, exposure to 60-65 dB(A) yields a discount of about 8.1%, although not statistically significant. Finally, exposure to levels of 65-70 dB(A) airport noise leads to rent reductions of 16%. The non-linear increase of noise impacts clearly shows disproportionately growing airport noise effects with increasing noise level. Model 3 confirms these findings, however at a slightly higher level of rent discounts (8.2%, 9.7%, and 18.4%). A lower noise threshold level increases respective noise discounts, as Thanos et al. (2015) have shown. Furthermore, we observe a statistically significant noise discount of 5.5% in the smaller extension zone (0 to 500 meters), but none in the wider (500 to 1000 meters) one. Non-linear noise impacts are visualized in Figure 2.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Note that the parameter of noise band 60-65 dB(A) is statistically insignificant in models 2 and 3. However, the estimates' magnitude seems to be correct and in line with the other estimates.

**Figure 2 Non-linear airport noise discounts (Model 3)**


#### 4.3 Impact on Derived Airport Noise Effects

As estimation results of model 3 have shown, the application of a 55 dB(A) background noise level does not properly reflect present adverse economic effects. In order to highlight the importance of this issue we calculate the additional impact of this result (the number of dwellings and the number of inhabitants affected) as well as the airport noise costs according to all model specifications.

Noise impact analysis figures, i.e. the number of people affected by airport noise above 55 dB(A)  $L_{den}$ , are mandatory to be reported to the European Commission (according to Directive 2002/49/EC, Annex VI). Figures for the agglomeration of Düsseldorf can be found in Table 5. Since econometric evidence indicates that noise effects are also present below the threshold of 55 dB(A)  $L_{den}$  we further approximate the number of people living within the 500 meter extension.<sup>11</sup>

**Table 5 Impact analysis figures**

	$L_{den} > 55$ dB(A)	$L_{den} > 65$ dB(A)	$L_{den} > 75$ dB(A)	Within extension (500 m)
<b>Population</b>	38,300	3,400	0	Ca. 58,000
<b>Number of dwellings</b>	18,772	1,113	0	Ca. 29,700

European Environment Agency (2009), own calculations.

While about 38,000 people are affected by airport noise of 55 dB(A)  $L_{den}$  or higher, we find additional 58,000 people within the 500 meter extension zone. Focusing on airport noise-

<sup>11</sup> We derived respective figures by calculating respective populated land areas and applying housing density figures in GIS.



affected dwellings, we discover a similar growth of almost 150% in the number of houses affected by devaluations.

Noise costs are represented by house devaluations or rent reductions due to airport noise exposure as stated in Wadud (2009). The hedonic approach may not reflect total noise costs since it is arguable if long-term health effects are properly priced in into apartment rents. Nevertheless, in our case rent revenue losses by landlords can be seen as a measure at least of noise annoyance costs.

Table 6 displays noise costs according to the three modeling approaches. We find the lowest cost when calculations are based on linear noise effects of model 1. Costs increase by 50% when taking into account non-linear airport noise effects. However, noise annoyance costs increase by about 1 million euros per months when including information on adverse economic effects within the 500 meter noise footprint extension.<sup>12</sup>

**Table 6 Airport noise costs**

	<b>Euro per month</b>	<b>Euro per year</b>
<b>Model 1</b>	600,000	7,200,000
<b>Model 2<sup>a</sup></b>	940,000	11,280,000
<b>Model 3<sup>a</sup></b>	2,050,000	24,600,000

<sup>a</sup> About 350 apartments are located in noise exposure zone of 70-75 dB(A), where no discount rate could be estimated. Here, the discount rate of noise exposure zone 65-70 dB(A) is applied.

The case study clearly shows how the noise cut-off value affects derived noise effects. Thus, for the evaluation of noise abatement policy this value has to be chosen very carefully.<sup>13</sup> As we have shown, the default cut-off value of 55 dB(A)  $L_{den}$  used in EU-conform strategic noise maps may not be the precise trigger value for airport noise annoyance in terms of economic effects, at least not in our case study region.<sup>14</sup>

Our result may contradict medical and acoustic research evidence, but might be explained based on the following reasons. First, research evidence points to the fact that airport noise is systematically perceived as being more annoying than other transport modes.<sup>15</sup> Thus, people may perceive airport noise as annoyance at even lower noise exposure levels. Second, the  $L_{den}$  measure reflects a daily average of noise exposure. However, air traffic

<sup>12</sup> Noise cost amount to 1.5 million euros per month respectively 18.5 million euros per year when assuming linear airport noise effects starting at 50 dB(A). These costs are in line with noise costs resulting from the model 1.II.

<sup>13</sup> See Lijesen et al. (2010) for an example of application.

<sup>14</sup> We can imagine deviating trigger values also for street and rail traffic noise. However, we cannot test this hypothesis due to the lack of appropriate noise data available to the authors.

<sup>15</sup> see Giering (2010) for an overview of research evidence.

movements may occur at certain peaks during the day while in off-peaks less noise is produced. As a result, people are exposed to a temporally unevenly distributed noise pattern where a daily average can underestimate actual annoyance during airport operating times. Night flight bans, as is the case in Düsseldorf, and temporally concentrated arrivals and departures at hub airports may cause noise peaks and off-peaks. Hence, noise annoyance may be significant even if averaging noise exposure indices do not indicate so.

## 5. Conclusions

We analyzed airport noise effects on apartment prices in the region of Düsseldorf. By performing spatial hedonic regression analysis with linear and non-linear noise effects we identified local airport noise discount rates. We also find noise discounts for apartments located just outside the airport noise footprint designed according to a cut-off level of 55 dB(A)  $L_{den}$ .

We conclude that a cut-off value of 55 dB(A)  $L_{den}$ , usually applied in strategic noise mapping, does not properly reflect adverse economic noise effects in the case of Düsseldorf. In the local setting resulting impact figures and noise annoyance costs substantially increase when considering a lower cut-off value. The resulting underestimation of noise costs may typically be high for city airports and low for airports in remote areas.

We gained evidence that from an economic point of view a cut-off level lower than 55 dB(A)  $L_{den}$  might reflect airport noise annoyance effects appropriately. To exactly display and analyze noise impacts of all transport modes in Europe a more detailed noise mapping procedure may be necessary.

## Acknowledgements

We would like to gratefully thank Bernhard Wieland and Georg Hirte at the Institute for Transport and Economics Dresden as well as anonymous referees for their critical and helpful comments and remarks on earlier versions of this paper. All remaining errors are ours.

## Abstract

This study examines linear and non-linear airport noise effects in the airport region of Düsseldorf, Germany and extends existing findings with regard to threshold values of airport noise effects. By applying spatial hedonic regression we estimate a linear NDSI value of 1.0. However, rent devaluations due to airport noise exposure appear to be non-linear. Furthermore we discover statistically significant adverse effects of airport noise exposure in a 500-meter-wide zone extending the standard noise footprint defined by a cut-off value of 55 dB(A)  $L_{den}$ . Airport noise impacts are consequentially underestimated when calculated on the basis of the standard cut-off value defined in Directive 2002/49/EC.

Keywords: Airport noise externalities, housing markets, airport environment, cut-off values, airport noise costs.

## References

- Ahlfeldt, G. M. und Maennig, W. (2013), External Productivity and Utility Effects of City Airports, *Regional Studies* 47(4), 508-529.
- Andersson, H., Jonsson, L. und Ogren, M. (2010), Property Prices and Exposure to Multiple Noise Sources: Hedonic Regression with Road and Railway Noise. *Environmental and Resource Economics* 45, 73–89.
- Brandt, S. und Maennig, W. (2011), Road noise exposure and residential property prices: Evidence from Hamburg. *Transportation Research Part D* 16, 23-30.
- Cohen, J. P. und Coughlin, C. C. (2008), Spatial Hedonic Models of Airport Noise, Proximity, and Housing Prices. *Journal of Regional Science* 48(5), 859–878.
- Day, B., Bateman, I. J. und Lake, I. (2007), Beyond Implicit Prices: Recovering Theoretically Consistent and Transferable Values for Noise Avoidance from a Hedonic Property Price Model. *Environmental and Resource Economics* 37, 211-232.
- Dekkers, J.E.C. und van der Straaten, J.W. (2009). Monetary valuation of aircraft noise: A hedonic analysis around Amsterdam airport. *Ecological Economics* 68(11), 2850-2858.
- Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise - Declaration by the Commission in the Conciliation Committee on the Directive relating to the assessment and management of environmental noise, Official Journal L 189 , 18/07/2002, p. 12-26. European Environment Agency, 2009. EIONET Central Data Repository. URL: <http://cdr.eionet.europa.eu/de/eu/noise/colsz11pw/envsuwva>.
- Giering, K. (2010), Lärmwirkungen. Dosis-Wirkungsrelationen. Texte 13/2010, Umweltbundesamt.
- Halvorsen, R. und Palmquist, P. (1980), The Interpretation of Dummy Variables in Semi-logarithmic Equations. *American Economic Review* 70(3), 474-475.
- Kelejian, H.H. und Prucha, I.R. (1999), A Generalized Moments Estimator for the Autoregressive Parameter in a Spatial Model. *International Economic Review* 40(2), 509-533.
- Lake, I. R., Lovett, A., Bateman, I. J. und Langford, I. H. (1998), Modelling Environmental Influences on Property Prices in an Urban Environment. *Computers, Environment and Urban Systems* 22, 121–136.

Lijesen, M., Straaten, W.V.D., Dekkers, J., Elk, R.V. und Blokdijk, J. (2010), How much noise reduction at airports? *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 15(1), 51-59.

Palmquist, R.B. (2005), Property value models, in: Mäler, K.G., Vincent, J. (Eds.), *Handbook of Environmental Economics*. Elsevier, Amsterdam, 763-819.

Palmquist, R.B. (1999), Hedonic models, in: Van den Bergh, J. C. J. M. (Ed.), *Handbook of Environmental and Resource Economics*. Edward Elgar, Aldershot, 765-776.

Pommerehne, W. W. (1988), Measuring the Environmental Benefits: A Comparison of Hedonic Technique and Contingent Valuation. In Bos, D., Rose, M., Seidl, C. (eds.), *Welfare and Efficiency in Public Economics*. Berlin: Springer-Verlag, 363-400.

Püschel, R. und Evangelinos, C. (2012), Evaluating noise annoyance cost recovery at Düsseldorf International Airport. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 17(8), 598-604.

Rich, J. H. und Nielsen, O. A. (2004), Assessment of Traffic Noise Impacts. *International Journal of Environmental Studies* 61, 19-29. Rosen, S., 1974. Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy* 82(1), 34-55.

Schipper, Y. (2001), Environmental Costs and Liberalization in European Air Transport: A Welfare Economic Analysis, Edward Elgar, Aldershot.

Thanos, S., Bristow, A. L. und Wardman, M. R. (2015), Residential Sorting and Environmental Externalities: The Case of Nonlinearities and Stigma in Aviation Noise Values. *Journal of Regional Science* 55(3), 468-490.

Wadud, Z. (2009), A Systematic Review of Literature on the Valuation of Local Environmental Externalities of Aviation. *Omega - Aviation in a sustainable world*, University of Cambridge, UK.

Wilhelmsson, M. (2000), Impact of Traffic Noise on the Values of Single-Family Houses. *Journal of Environmental Planning and Management* 43, 799-815.