

## Literatur

BMBF/Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (Hrsg.), 1997: Forschungsrahmen der Bundesregierung, Mobilität, Eckwerte einer zukunftsorientierten Mobilitätsforschungspolitik. Bonn

BMBF/Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (Hrsg.), 1998: Leitprojekte „Mobilität in Ballungsräumen“, Der Wettbewerb. Bonn

Expertengruppe Lastenheft (Bearb.), 1998: Lastenheft für die projektübergreifende (externe) Bewertung der Leitprojekte „Mobilität in Ballungsräumen“, vorläufige Endfassung: 28. Januar 1998. Basel, Bonn, Köln

Webpage des Projektträgers Mobilität und Verkehr:

[www.tuev-ptmu.com](http://www.tuev-ptmu.com)

Webpage zum Projekt Eva\_MIB:

[www.evamib.de](http://www.evamib.de)

## Kontakt

Dr. Stefan Rommerskirchen

Bereichsleiter Verkehr

Prognos AG Basel

Missionstraße 2, CH-4012 Basel

E-Mail: [Stefan.Rommerskirchen@prognos.com](mailto:Stefan.Rommerskirchen@prognos.com)

»

## Neue Bewertungsverfahren in der Verkehrsplanung

von Astrid Günemann, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, und Werner Rothengatter, Universität Karlsruhe

**Mit dem Verkehrsbericht 2000 sind von Seiten des Bundesministeriums für Verkehr-, Bau- und Wohnungswesen auch Informationen über die Überarbeitung des gesamtwirtschaftlichen Bewertungsverfahrens im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung veröffentlicht worden. Obwohl bedeutende Verfahrenfortschritte erzielt worden sind, ist die Bewertungsmethodik im Kern gleich geblieben. Das gibt Anlass, die in der Verkehrsplanung gängigen Bewertungsverfahren einer kritischen Analyse zu unterziehen und Weiterentwicklungsmöglichkeiten und Alternativkonzepte aufzuzeigen. Der vorlie-**

**gende Artikel stützt sich dabei wesentlich auf Ergebnisse, die im Rahmen des Forschungsvorhabens „Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung“ im Auftrag des Umweltbundesamtes erarbeitet wurden.<sup>1</sup>**

## Einleitung

Der Bundesverkehrswegeplan (BVWP 2000) gibt den Rahmen für Investitionen des Bundes in die Verkehrsinfrastruktur über einen mittel- bis langfristigen Planungszeitraum vor. Es handelt sich um eine verkehrsträgerübergreifende Planung unter der Maßgabe, die zur Verfügung stehenden „Finanzmittel verantwortungsvoll und dem Gemeinwohl dienend“ (S. 55) einzusetzen. Die Planungsbehörden stehen dabei vor der Schwierigkeit, unterschiedliche gesellschaftliche Interessen gegeneinander abzuwägen. Um diesen Prozess abzustützen, werden formalisierte Bewertungsverfahren eingesetzt, mit denen die Wirkungen von Infrastrukturprojekten abgeschätzt und nach zugrunde gelegten Wertmaßstäben eingestuft werden können. Indem objektivierbare Informationen gewonnen werden, dienen diese Verfahren gleichzeitig der Aufklärung von Fachleuten, Betroffenen und der interessierten Öffentlichkeit. Sie müssen daher nachvollziehbar und in einen strukturierten und institutionalisierten Planungsprozess eingebunden sein. Außer in der Bundesverkehrswegeplanung werden in Deutschland zu diesem Zweck standardisierte Bewertungsverfahren zum Beispiel auch in den Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen von Straßen (EWS-97) und für die Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des ÖPNV eingesetzt.

## Konventionelle Bewertungsverfahren

Für die gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrsinfrastruktur-Projekten kommen europaweit vor allem nutzwertanalytische und Kosten-Nutzen Ansätze zur Anwendung. Diese Bewertungsverfahren haben eine mehrteilige Struktur gemeinsam (vgl. auch Schnabel, Lohse 1997): Die Eigenschaften der zu bewertenden Objekte werden in einem *Wirkungsmodell* abgebildet. Dabei erfolgt die Auswahl der zu

untersuchenden Maßzahlen (verkehrliche Kenndaten, Kosten, raumordnerische Kriterien, Umweltwirkungen), die Entwicklung und Auswahl von Szenarien sowie daraus abgeleitet die Prognose der verkehrlichen Entwicklung und der Projektwirkungen im Hinblick auf die im *Modell des Wert- und Zielsystems* festgelegten Zielkriterien. *Bewertungsregeln und -algorithmen* beschreiben die Transformation der physikalischen Maßzahlen in Qualitätsindizes. In diesen Bewertungsregeln unterscheiden sich die nachfolgend kurz dargestellten Verfahren der Nutzwert- und Kosten-Nutzen-Analyse.

Die Nutzwertanalyse (NWA) basiert auf der allgemeinen Entscheidungstheorie und setzt formale Rationalität und die Existenz einer eindeutigen Präferenzordnung der Entscheider voraus. Ihr liegt ein mehrdimensionales Zielsystem zugrunde, dessen Maßstäbe aus individuellen Präferenzen abgeleitet werden. Das Endergebnis muss deshalb nicht notwendigerweise aus einem gesellschaftlich akzeptierten Wertesystem folgen. Bei der Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) sollen dagegen Entscheidungen nicht aus individuellen Präferenzen des Entscheidungsträgers, sondern aus einem gesellschaftlich akzeptierten Wertesystem abgeleitet werden (substantielle Rationalität). Grundlage hierfür ist die ökonomische Wohlfahrtstheorie. Die Wirkungen von Projekten werden in eine gemeinsame, üblicherweise monetäre, Zielgröße transformiert, die als Messgröße für die soziale Wohlfahrt dienen soll. Die Kosten und Nutzen von Investitionen werden dann mit ihren Marktpreisen bewertet. Da für viele Maßnahmeneffekte, insbesondere externe Effekte durch Umweltbelastungen, keine Marktpreise existieren, wurden Ersatzmaßstäbe für deren monetäre Bewertung entwickelt. Damit wird jedoch eine unbegrenzte Substituierbarkeit von Umwelt und ökonomischen Nutzen vorausgesetzt. Gerade bei irreversiblen Schäden durch die Zerstörung von Umweltgütern ist dieses Prinzip fragwürdig. Ein weiteres Problem liegt in der Berücksichtigung von erst in der Zukunft auftretenden Nutzen und Kosten. Um dies zu erreichen, wird üblicherweise ein sozialer Diskont angesetzt. Die Höhe dieses Diskonts hängt davon ab, wie viel Gewicht die heutige Generation den Rechten zukünftiger Generationen beimisst. Ein hoher Diskontsatz vermindert den Wert

zukünftiger Effekte, so dass Maßnahmen mit kurzfristig zu erzielenden Nutzen präferiert werden.

Die Kosten-Nutzen-Analyse stellt den Kern des gesamtwirtschaftlichen Bewertungsverfahrens im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung zur Auswahl von Investitionsmaßnahmen dar.<sup>2</sup> Darin werden auch Auswirkungen der vorgeschlagenen Infrastrukturprojekte auf die Umwelt berücksichtigt. In der Weiterentwicklung der KNA gegenüber der Bundesverkehrswegeplanung 1992 sollen im laufenden Verfahren zusätzlich Lärm außerorts, Klimaschäden und Kompensationskosten für Eingriffe in Natur- und Landschaft bewertet sowie das Bewertungsverfahren für Abgase grundsätzlich erneuert werden. Um solche Projektwirkungen angemessen zu berücksichtigen, für die eine Monetarisierung nicht durchführbar oder sinnvoll erscheint, werden für bestimmte Projekte Wirkungen des Verkehrswegebbaus auf Natur und Landschaft anhand einer Umweltrisikoeinschätzung (URE) bewertet. Neu hinzugekommen im Rahmen des laufenden Verfahrens der Bundesverkehrswegeplanung ist eine Raumwirksamkeitsanalyse (RWA), innerhalb derer die Verteilungs- und Entwicklungsziele sowie Entlastungs- und Verlagerungsziele in einer eigenständigen Bewertungskomponente untersucht werden. Getrennt hiervon werden Entlastungen im lokalen Bereich innerhalb der Beurteilung städtebaulicher Effekte bewertet. Die Ergebnisse dieser nicht-monetären Beurteilungsverfahren werden zusammengefasst in Form einer qualitativen Einschätzung in die weitere Projekt abwägung eingehen.

Für die laufende Bundesverkehrswegeplanung sind weitere bedeutsame Verfahrensschritte, insbesondere die Bewertung verkehrlich interdependenter Maßnahmenbündel und die Berücksichtigung des induzierten Verkehrs, erzielt worden. Dennoch bleiben gerade im Hinblick auf eine umfassende und frühzeitige Berücksichtigung der Folgen des Bundesverkehrswegebbaus für die Umwelt einige Schwächen des im Kern der Bewertungsmethodik gleich gebliebenen Verfahrens zu konstatieren. So werden die Projekte nicht im vollständigen Netzzusammenhang beurteilt, d. h. eine Gesamtbeurteilung des Verkehrssystems unter Einbezug aller im Bundesverkehrswegeplan enthaltenen Projekte erfolgt nicht. Außerdem

bleibt die systematische Integration der Ergebnisse der nicht-monetären Bewertungen in die gesamtwirtschaftliche Beurteilung unklar. Darüber hinaus verbleiben die oben dargestellten grundsätzlichen Unzulänglichkeiten von Kosten-Nutzen-Analysen bei der Bewertung von Umwelt- und Raumordnungseffekten.

Aus diesem Grund ist es notwendig, für eine nachhaltige strategische Verkehrsplanung Alternativkonzepte zu den standardisierten Bewertungsverfahren zu entwickeln, so dass ökonomische sowie raumwirtschaftliche Funktionalitäten gesteigert und die nachfolgend genannten Anforderungen der langfristigen Umweltverträglichkeit erfüllt werden (siehe z. B. Pearce, Markandya, Barbier 1989; Martinez-Alier 1990):

- die Anerkennung von Grenzen der Aufnahmefähigkeit der Ökosysteme,
- die Ablehnung der Hypothese der unbegrenzten Substituierbarkeit von Umweltgütern,
- die Berücksichtigung von Umweltrisiken und
- die Notwendigkeit, die intergenerationale Fairness bei der Allokation von Gütern zu berücksichtigen.

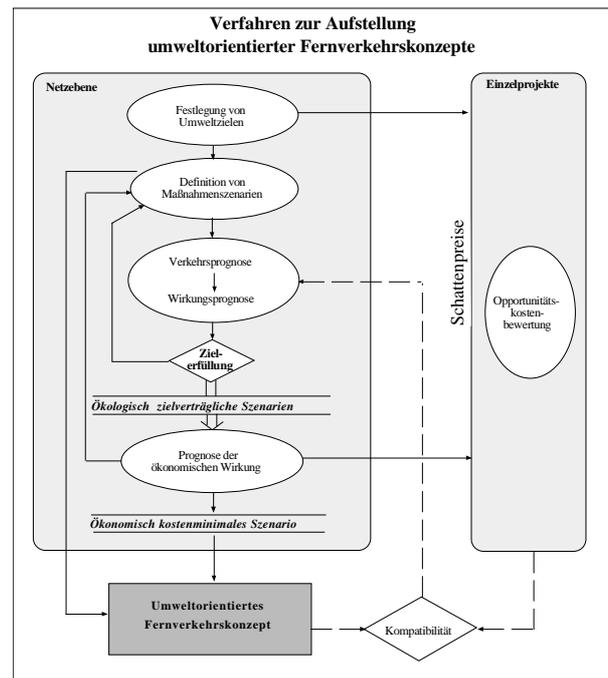
Mit diesem Ziel wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens im Auftrag des Umweltbundesamtes ein Verfahren zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte entwickelt, das es ermöglicht, die Umweltwirkungen von Verkehrsprojekten bereits im frühest möglichen Planungsstadium verkehrsträgerübergreifend und gesamtnetzbezogen abzuschätzen und in einer systematischen Abwägung den übrigen Zielen der Verkehrspolitik gegenüberzustellen und zu bewerten (IWW et al. 1999).

**Verfahren zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte**

Das Verfahren folgt dem sogenannten „Backcasting“-Ansatz<sup>3</sup>, d.h. Ausgangspunkt sind umweltpolitische Zielvorstellungen bezogen auf als kritisch erachtete Umwelteffekte (siehe Abb. 1). Voraussetzung ist, dass diese Vorstellungen durch Umweltqualitätsziele operationalisiert werden, die „Safe Minimum Standards“ darstellen, d.h. Mindestwerte zum

Schutz vor irreversiblen Umweltschäden. Diese werden entsprechend der Regel festgelegt, dass die irreversible Zerstörung von natürlichen Ressourcen vermieden wird, es sei denn, dass die sozialen Kosten der Erhaltung nicht mehr akzeptabel sind.

**Abb. 1: Zielgeleitetes Verfahren zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte**



Quelle: IWW et al. 1999, S. 192

Ausgehend von diesen Umweltzielen und einem angestrebten Infrastrukturangebot werden Maßnahmenalternativen entwickelt, deren Umsetzung die Einhaltung der Umweltziele ermöglichen soll. Nach der Definition der Szenarien gehen diese in eine verkehrsträgerübergreifende Systemprognose und eine Prognose der globalen, regionalen und lokalen Umweltwirkungen ein. Aufgrund dieser Ergebnisse wird beurteilt, ob mit den angenommenen Maßnahmen die definierten Umweltziele erreicht werden. Ist dieses nicht der Fall, müssen die Maßnahmenalternativen modifiziert und erneut beurteilt werden, bis ein ökologisch zielverträgliches Szenario gefunden wird. Falls mehrere Maßnahmenalternativen das Gültigkeitskriterium erfüllen, kann über eine Bewertung der wirtschaftlichen Konsequenzen das ökonomisch effiziente Maßnahmenalternativen abgeleitet wer-

den, welches das vorgegebene Umweltzielsystem erfüllt. Auf diese Weise lässt sich ein umweltorientiertes Fernverkehrsprogramm aufstellen, das neben Infrastrukturprojekten auch die zur Einhaltung von umweltpolitischen Zielvorgaben notwendigen flankierenden Maßnahmen beinhaltet und offen legt.

Die Aufstellung von Verkehrsinfrastrukturprogrammen erfordert die Bewertung einer großen Anzahl von Projektvorschlägen als Grundlage der zu treffenden Investitionsentscheidung. Wegen der großen Anzahl möglicher Maßnahmenkombinationen ist es praktisch unmöglich, jede mögliche Kombination von Einzelprojekten unter der Annahme flankierender Maßnahmen separat zu beurteilen. Daher werden alle Einzelprojekte weiterhin in einer Kosten-Nutzen-Analyse unter Verwendung von sogenannten Opportunitätskosten bewertet, die aus dem optimalen Maßnahmenprogramm für die Umwelteffekte bestimmt werden.

### Anwendung des Verfahrens am Fallbeispiel

Die Durchführbarkeit des entwickelten Verfahrens wurde im Projekt am Fallbeispiel der Verkehrsnetze des Landes Baden-Württemberg demonstriert. Im Folgenden werden für die einzelnen Verfahrensschritte die angewendeten Modelle kurz erläutert und Ergebnisse präsentiert.

#### *Festlegung von Umweltzielen*

Das Ziel bei der Entwicklung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte ist die Umsetzung von Leitbildern einer dauerhaft umweltgerechten Entwicklung. Zur Prüfung der Einhaltung solcher Umweltleitbilder werden auf der einen Seite Indikatoren benötigt, die ökologische Zustände in aussagekräftigen Größen wiedergeben, zum anderen müssen Ziele konkretisiert werden, an denen die Entwicklung dieser Indikatoren gemessen werden kann. Die Anforderungen an die Operationalisierung der Umweltziele ergeben sich aus der räumlichen Differenzierung, der Differenzierung nach Verkehrsträgern, der Festlegung der Bezugsebene und der Forderung nach Konsistenz der Umweltziele im Hinblick auf die Schwere und Reversibilität der Umweltwirkungen.

In Tabelle 1 sind die in diesem Forschungsvorhaben verwendeten Leitindikatoren und zugehörigen Umwelthandlungsziele zusammengefasst. Diese Zielwerte wurden aus einem Katalog von Umweltkriterien des Umweltbundesamtes für eine nachhaltige Entwicklung abgeleitet (UBA 1997). Sie repräsentieren die oben geforderten Safe Minimum Standards. Als Planungshorizont wurde in Übereinstimmung mit dem BVWP 1992 das Jahr 2010 gewählt.

**Tab. 1: Leitindikatoren für Umweltwirkungen und Umwelthandlungsziele**

Umweltwirkung	Leitindikatoren	Umwelthandlungsziel 1992 - 2010
Klimaerwärmung	CO <sub>2</sub> -Emissionen des Verkehrs	- 30 %
Sommersmog	Verkehrsbedingte Emissionen von NO <sub>x</sub> VOC	- 80 % - 70 %
Luftschadstoffe	Immissionskonzentration von Benzol Dieselrußpartikeln	2,5 µg/m <sup>3</sup> 1,5 µg/m <sup>3</sup>
Lärm	Zielpegel für Lärm tagsüber	≤ 65 dB(A)
Wirkungen auf Natur und Landschaft	weitere Zerschneidung geschützter Gebiete	nicht erlaubt
	weitere Bodenversiegelung	nicht erlaubt

#### *Definition von Maßnahmenzenarien*

Ein wesentlicher Schritt bei der Entwicklung eines umweltorientierten Fernverkehrskonzepts ist die Definition von Maßnahmenkatalogen, mit denen sowohl die Einhaltung der umweltpolitischen Zielvorgaben als auch die ökonomischen und verkehrlichen Anforderungen an ein leistungsfähiges Verkehrssystem erfüllt werden können. Hierzu wurden zunächst alle denkbaren Maßnahmen zusammengestellt, von denen ein positiver Einfluss erwartet wurde. Die Stärke des Einflusses der Einzelmaßnahmen auf die Verkehrsaktivitäten wurde aufgrund von Erfahrungen aus anderen Projekten zunächst qualitativ abgeschätzt. Nach der Zusammenstellung von günstig erscheinenden Einzelmaßnahmen<sup>4</sup> zu einem Maßnahmenbündel (im Projekt als „Grobszenario“ bezeichnet) wurde dieses operationalisiert und die Wirkungen mittels der

Verkehrs- und Umweltmodelle prognostiziert. Aufgrund der Erkenntnisse aus der Wirkungsanalyse kann es notwendig sein, entweder bestimmte Einzelmaßnahmen innerhalb eines Grobszenarios einer „Feinjustierung“ zu unterwerfen oder ein neues Grobszenario mit einer anderen Kombination von Einzelmaßnahmen zu entwerfen.

Innerhalb des Forschungsvorhabens wurden ein Basisszenario 1992 sowie ein Trend-szenario und zwei Grobszenarien für 2010 entwickelt. Der Schwerpunkt des *Grobszenarios 1* liegt auf ordnungspolitischen Maßnahmen (z. B. Senkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit), die auf eine forcierte Umsetzung technologischer Entwicklungen abzielen. Technologische Maßnahmen beziehen sich unter anderem auf Emissionsminderungstechnologien und die Absenkung des Durchschnittsverbrauchs auf  $5 \frac{1}{100\text{km}}$  Otto- bzw.  $4 \frac{1}{100\text{km}}$  Dieselmotoren. Aber auch Maßnahmen, die auf die Kostenstruktur der Verkehrsteilnehmer Einfluss haben, wurden unterstellt. Das *Grobszenario 2* basiert auf den Ergebnissen und Erfahrungen aus dem Grobszenario 1. Bestimmte Maßnahmen, die im Saldo nur geringe Wirkungsbeiträge lieferten oder in ihrer Ausprägung zu stark waren, wurden aus dem Maßnahmenpaket des Grobszenarios 2 entfernt oder konzeptionell verfeinert (z. B. moderatere Geschwindigkeitsbeschränkungen). Darüber hinaus erwies es sich als erforderlich, weitere Maßnahmen zu ergreifen, um die Zielwertein-haltung zu erreichen: Neben einem reduzierten Infrastrukturausbau beim Verkehrsträger Straße wurden im Grobszenario 2 verschiedene Maßnahmen ergriffen, die das Mobilitätsverhalten beeinflussen. Verkehrsarme Siedlungsstrukturen und Mobilitätspädagogik sind Beispiele hierfür.

#### *Verkehrsprognose*

Die in diesem Projekt durchgeführten Verkehrsprognosen für den Personen- und Güterverkehr wurden verkehrsträgerübergreifend aus Vergleichbarkeitsgründen grundsätzlich auf Basis der in der Bundesverkehrswegeplanung üblichen Methoden und der für den BVWP'92 erarbeiteten Verkehrsnachfragematrizen durchgeführt. Im Unterschied zur Bundesverkehrswegeplanung ist die räumliche Gliederung

feiner, wurde der induzierte Verkehr explizit berücksichtigt und wurden alle Verkehrsdaten direkt mit den Umweltdaten unter Zuhilfenahme von Rastermodellen verknüpft. Basierend auf detaillierten Netzen für die Verkehrsträger Straße, Schiene, Luft und Binnenschiff wurde der Einfluss der Determinanten des Verkehrs auf die einzelnen Verkehrskenngrößen in einem mehrstufigen Verfahren prognostiziert. Für das Forschungsvorhaben war wesentlich, dass die eingesetzten Modelle die verkehrlichen Wirkungen der zu untersuchenden Maßnahmen-szenarien abbilden und Daten für die anschließende Prognose von Umweltwirkungen in der erforderlichen Genauigkeit und Differenzierung liefern konnten. Die Basis für die Umweltmodelle bilden die aus den Verkehrsmodellen resultierenden Verkehrsbelastungen.

#### *Prognose der Umweltwirkungen*

Zur Prognose der Umweltwirkungen wurden Modelle für Abgasemissionen, Schadstoffkonzentrationen, Lärmemissionen und Lärmexposition sowie Modelle für Wirkungen auf Natur und Landschaft entwickelt<sup>5</sup>. Neben Variablen zu den Verkehrsaktivitäten spielen bei der Modellierung lokaler oder regionaler Umweltwirkungen die Belastungen durch andere Quellen und die Charakteristika der betroffenen Räume eine entscheidende Rolle. Um diese räumlichen Daten in einer für die Ebene der Bundesverkehrswegeplanung adäquaten Genauigkeit abzubilden, wurde der Untersuchungsraum in diesem Projekt mit einem Raster (Auflösung  $5 \times 5 \text{ km}^2$ ) überdeckt. Dessen Elementen wurden aus der Auswertung von Einzelindikatoren (Bevölkerungsdichten, Anteile an Schutzgebietsflächen, meteorologische Daten) bestimmte Raumtypen zugeordnet. Für jedes Rasterelement wurden abschließend aus den Belastungen einerseits und den Raumcharakteristika andererseits die Umweltwirkungen des Verkehrs bestimmt und mit den regionalen Umweltzielen verglichen.

Den Berechnungen der *Emissionen des Verkehrssektors* liegen differenzierte Emissionsfaktoren für die Verkehrsträger Straße und Schiene zugrunde, die mit dem im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelten Programm „TREMODO“ (Traffic Emission Estimation Model) ermittelt wurden (IFEU 1997). Durch

Verknüpfung der Emissionsfaktoren mit den Verkehrsbelastungen werden kantenfein die Straßenverkehrsemissionen berechnet, die wiederum den Rasterelementen zugeordnet oder nach Regionen aggregiert werden können. Kaltstartemissionen im Innerortsbereich sowie Verdunstungsemissionen für Kohlenwasserstoffe und Benzol wurden dabei ebenfalls berücksichtigt. Die Grundlage für die Berechnung der Schienenverkehrsemissionen war der durchschnittliche Energieverbrauch für verschiedene Zugkategorien. Emissionsfaktoren wurden für die direkten Emissionen der dieselbetriebenen Bahnen und für die Bahnstrombereitstellung ermittelt. Im Bereich der Binnenschifffahrt wurden Schiffstypen unterschiedlicher Tragfähigkeit betrachtet, für die der Schadstoffausstoß über den fahrmoduspezifischen Kraftstoffverbrauch ermittelt wurde. Tabelle 2 zeigt den Vergleich der für die Szenarien prognostizierten Schadstoffemissionen mit den Zielwerten.

Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass die dominierenden Emissionen des Straßenverkehrs durch Verlagerung von Verkehr auf die Bahn und durch technische Maßnahmen so weit vermindert werden können, dass mit dem Grobszenario 2 bezogen auf die Emissionen ein weitgehend gültiges Fernverkehrskonzept vorgelegt werden konnte.

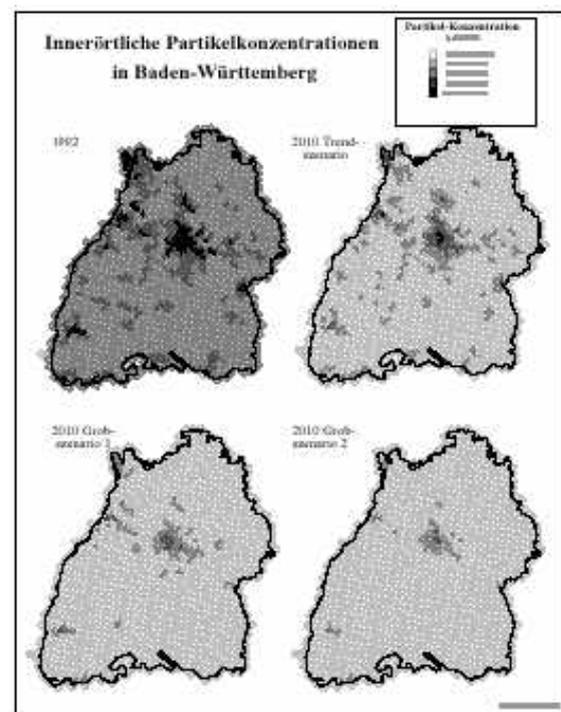
Die Modellierung der *Schadstoffkonzentrationen* von Benzol und Ruß erfolgte durch sogenannte Screening-Modelle, da auf der Ebene der Bundesverkehrswegeplanung höherwertige Ausbreitungsmodelle wegen des hohen Daten- und Rechenaufwandes ausscheiden. Zur Berechnung der Zusatzbelastung durch den Verkehr wurde außerhalb bebauter Gebiete das Verfahren nach MLuS 1992 (FGSV 1996) und innerhalb von Ortschaften ein vereinfachtes Verfahren nach Lohmeyer (in Heusch, Boesefeldt 1997) unter Verwendung von Stadtmodellbausteinen angewendet. Zusätzlich wurde die Höhe der Hintergrundbelastung für verschiedene Siedlungstypen ermittelt und für das Jahr 2010 über die Emissionsentwicklung in den Szenarien extrapoliert.

**Tab. 2: Vergleich der Zielwerte mit den Prognosewerten der Szenarien**

Schadstoff	Ziel	Ergebnis		
		Trend-szenario	Grob-szenario 1	Grob-szenario 2
CO <sub>2</sub>	- 30 %	+ 9 %	- 21 %	- 31 %
NO <sub>x</sub>	- 80 %	- 63 %	- 74 %	- 77 %
VOC	- 70 %	- 79 %	- 81 %	- 81 %

Die in den Grobszenarien erreichte Minderung der Schadstoffkonzentrationen führt dazu, dass in der überwiegenden Mehrheit der betrachteten Gebiete das Umweltziel 1,5 µg/m<sup>3</sup> für Partikel (siehe Abb. 2) und 2,5 µg/m<sup>3</sup> für Benzol erreicht wird. Jedoch auch im Grobszenario 2 müssen weitere Maßnahmen zur Minderung der Schadstoffkonzentrationen in Stadtkernen und städtischen Bereichen ergriffen werden, wobei die Hintergrundbelastung durch das nachgeordnete Netz und andere Quellen bereits einen großen Anteil an den erreichten Konzentrationen ausmacht.

**Abb. 2: Partikelkonzentrationen in den Szenarien**



Die Modellierung der *Lärmbelastung* erfolgt auf der Netzebene aufgrund der Vielzahl lokaler Einflussgrößen ebenfalls nach einem sogenannten Screening-Verfahren. Für den Straßenverkehr wurde zunächst der Mittelungspegel am Straßenrand mit einem Verfahren in Anlehnung an die RLS-90 (BMV 1992) berechnet. Die durch Straßenverkehrslärm oberhalb eines ausgewählten Zielpiegels belasteten Einwohner wurden dann über Stadtmodellbausteine entsprechend eines von Heusch-Boesefeldt aktualisierten Verfahrens aus der Bundesverkehrswegeplanung (Heusch, Boesefeldt 1997) ermittelt. Im Unterschied hierzu wurden jedoch auch für den Außerortsverkehr Belastungen modelliert. Für den Schienenverkehr beruhen die Berechnungen der Lärmbelastungen an den Trassen auf der Verkehrslärmschutzverordnung - 16. BImSchV. Anschließend wurde für jede Strecke ein Korridor bestimmt, in dem der ausgewählte Zielpiegel von 65 dB(A) überschritten wird, und über die Einwohnerdichten die betroffene Bevölkerung berechnet.

Im Ergebnis sind nach den Berechnungen im Basisjahr 1992 rund 10 % der Bevölkerung durch Straßenverkehrslärm und knapp 2 % durch Schienenverkehrslärm über 65dB(A) tagsüber betroffen. Die Lärmbelastung durch den Straßenverkehr kann in vielen Gebieten durch die im Grobszenario 2 angenommenen Maßnahmen unter den angestrebten Zielpiegel gesenkt werden. Die deutliche Erhöhung des Schienenverkehrsanteils in den Grobszenarien 1 und 2 bringt eine verstärkte Lärmbelastung an bestimmten Trassen mit sich. Im Grobszenario 2 wird diese Belastung durch die verbesserte Ausstattung der Züge teilweise kompensiert.

Die netzweite Analyse der Auswirkung von Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen auf *Natur und Landschaft* erfolgt in der Form von indikatorbezogenen Risikoaussagen für die Flächeninanspruchnahme, Zerschneidung von Schutzgebieten und Betroffenheit von Ausschlussräumen durch den Verkehrswegebau. Die ersten beiden Indikatoren wurden durch die Überlagerung der Verkehrsnetzmodelle mit den räumlichen Daten ermittelt. Durch den Verzicht auf den Neubau von nur gering befahrenen Straßen im Grobszenario 2 können die Belastungen durch Bodenversiegelung und

durch Segmentation von Gebieten gegenüber den anderen Szenarien vermindert werden. Die Inanspruchnahme von Flächen mit besonders erhaltenswerter naturräumlicher Ausstattung soll über die Definition von Ausschlussräumen (s. UBA 1997), in denen kein weiterer Verkehrswegebau zugelassen wird, bereits im frühestmöglichen Stadium der Verkehrsplanung vermieden werden. Als Ausschlussgebiete sollten mindestens alle Gebiete gelten, die durch internationales, nationales oder Länderrecht unter Schutz gestellt sind. Zur Darstellung des Verfahrens wurde im Projekt auf die in digitaler Form vorliegenden Naturschutzgebiete des Landes Baden-Württemberg zurückgegriffen. Für jedes Element des verwendeten Gitternetzes wurde der Anteil an Naturschutzgebietsflächen berechnet. Liegt dieser Flächenanteil oberhalb eines definierten Wertes, ist mit einem erheblichen Risiko für die Betroffenheit des Schutzgebietes durch den Verkehrswegebau zu rechnen. Durch Überlagerung der Verkehrsnetze mit den so klassifizierten Rasterelementen (siehe Abb. 3) lassen sich diejenigen Infrastrukturprojekte ermitteln, für die bereits auf der strategischen Planungsebene ein hohes Risiko der Verletzung von Schutzzielen durch den Verkehrswegebau identifiziert werden kann.

**Abb. 3: Risikoeinschätzung für Naturschutzgebiete durch Verkehrswegebau**



Darauf basierend wurde der Investitionsaufwand zur Vermeidung dieses Risikos im Falle von Neubaumaßnahmen durch Umgehung der Ausschlussgebiete oder bei Ausbaumaßnahmen durch kompensierende bautechnische Maßnahmen berechnet.

#### *Ökonomische Bewertung und Opportunitätskostenberechnung*

Nachdem mit dem Grobszenario 2 ein weitgehend mit den Umweltzielen vereinbares Maßnahmenszenario entwickelt wurde, erfolgte die wirtschaftliche Bewertung der Szenarien, die sich auf die Effekte konzentriert, welche die Wirtschaftlichkeit im engeren Sinne beschreiben. Diese sind Veränderungen der Betriebskosten, Infrastrukturkosten, Zeitkosten und Unfallkosten. Deren Quantifizierung wurde mittels der oben erwähnten, standardisierten Bewertungsverfahren durchgeführt. Zusätzlich wurden Änderungen im Mobilitätsverhalten monetär bewertet. Die Kostensteigerung im Grobszenario 2 fällt im Vergleich zum Grobszenario 1 gering aus, da im zweiten Grobszenario angestrebt wurde, die ökonomischen Nachteile durch die Szenarienmaßnahmen möglichst zu reduzieren.

Die Kosten der Szenarien bilden die Grundlage der Berechnung der Opportunitätskosten für die Erreichung der Umweltziele. Diese Kosten können in der KNA für Einzelprojektbewertungen eingesetzt werden, solange die Rahmenbedingungen des Maßnahmenszenarios nicht grundlegend geändert werden. Die Opportunitätskosten lassen sich folgendermaßen beschreiben: Führt ein Verkehrsinfrastrukturprojekt zu einer Verletzung von Umweltzielen um 1 Einheit, so müssen zur Wiederherstellung des optimalen Szenarios zusätzliche Abwehrmaßnahmen ergriffen werden, die zu ökonomischen Einbußen in einer bestimmten Höhe führen – den Opportunitätskosten. Um diese zu bestimmen, werden die gesamten Kosten eines Szenarios nach einem mehrstufigen Verfahren auf die Umwelteffekte umgelegt. Die Kosten der globalen Maßnahmen werden den Luftschadstoffen zugeordnet. Das Ziel der Umgehung von Ausschlussräumen und die Lärmproblematik wurden gesondert behandelt, da hier zielgerichtete lokale Maßnahmen bestimmt werden können.

Um das unterhalb der definierten Umweltziele noch vorhandene Restrisiko zu berücksichtigen, werden in dem entwickelten Bewertungsmodell direkte monetäre Bewertungsansätze einbezogen: während bei Überschreitungen der Umweltstandards der Opportunitätskostenansatz zum Einsatz kommt, werden Belastungen unterhalb der fixierten Standards mit Schadenskosten oder Zahlungsbereitschaften bewertet. Hierzu wurden in diesem Vorhaben aktualisierte und erweiterte monetäre Wertansätze für Natur und Landschaft, bodennahes Ozon, den zusätzlichen Treibhauseffekt und Lärm außerhalb von Wohnungen entwickelt sowie Verbesserungen der Bewertung von Abgasbelastungen und der Bestimmung der inner- und außerörtlichen Verkehrsanteile vorgeschlagen (siehe auch Kraetzschmer 1997).

#### **Fazit**

Die im Verkehrsbericht 2000 des Bundesministeriums für Verkehr skizzierten Weiterentwicklungen der Bewertungsmethodik für Verkehrsinfrastrukturinvestitionen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung bedeuten einen erheblichen Fortschritt gegenüber dem Verfahren von 1992. Im Hinblick auf eine angemessene und gleichwertige Behandlung von Umweltzielen bestehen jedoch weiterhin methodische Defizite. Eine verbesserte Integration von Umweltaspekten in die nationale Verkehrsplanung wird auch in Anbetracht der in Kürze zu erwartenden Europäischen Richtlinie zur Umweltverträglichkeitsprüfung von Plänen und Programmen (engl.: strategic environmental assessment, SEA) notwendig werden.

In dem oben beschriebenen Projekt wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem die Bewertung von Umweltwirkungen in die Bundesverkehrswegeplanung gesamtnetzbezogen und verkehrsträgerübergreifend integriert werden kann. Damit kann ein Fernverkehrskonzept entworfen werden, das den Anforderungen der langfristigen Umweltverträglichkeit entspricht und gleichzeitig die ökonomische und raumwirtschaftliche Funktionalität des Verkehrssystems steigert. Der von definierten Umweltzielen ausgehende Backcasting-Ansatz bietet den Vorteil, dass nicht nur Szenarien hinsichtlich ihrer Umweltfolgen eingeschätzt und verglichen werden, sondern dass ausdrücklich ein

Szenario entwickelt wird, das den geltenden umweltpolitischen Zielvorstellungen entspricht. Durch den Einsatz von Opportunitätskosten, die sich aus dem optimalen Maßnahmenzenario ergeben, wird wiederum eine Abstimmung zwischen den angestrebten Umweltstandards und den in der Projektbewertung benutzten Kostenwerten für Umwelteffekte hergestellt. Ein entscheidender Bestandteil des Verfahrens ist die Festlegung der Umweltqualitätsziele. Hier ist es sinnvoll, dass die vom Planungsverantwortlichen eingebrachten Werte zunächst in einem Abstimmungsprozess mit nationalen und internationalen Gremien erarbeitet bzw. abgestützt werden, um gesellschaftlich konsensfähige Ziele zu erhalten.

Insgesamt liegt mit dem vorgestellten Verfahren ein alternatives Konzept für die Bewertung der langfristigen Wirkungen von Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur vor. Weitere Potentiale für Verbesserungen der Vorgehensweise der Bundesverkehrswegeplanung liegen in einer Modernisierung des Anmeldeverfahrens für Projektvorschläge und in einer Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens in Richtung einer systembezogenen Bewertung. Eine Systematik oder ein standardisiertes Verfahren für die Projektanmeldung besteht bislang nicht. Es ist vorstellbar, dass die Projektvorschläge aus einer Engpassanalyse abgeleitet werden müssten, in der festgestellt wird, an welchen Stellen das Infrastrukturnetz vorgegebenen Leistungskriterien nicht entspricht. Auf diese Weise könnte auch der Bewertungsaufwand in der Bundesverkehrswegeplanung deutlich reduziert werden. Für ein derartiges Verfahren ist es notwendig, verkehrsträgerübergreifend vergleichbare Engpassindikatoren zu entwickeln. Ein weiterer Schwachpunkt des bislang angewendeten Verfahrens ist die fehlende Berücksichtigung von dynamischen Rückkopplungsmechanismen insbesondere zwischen Verkehr und Wirtschaft bzw. Flächennutzung. Zwar werden Effekte des Infrastrukturausbaus auf Wirtschaft und Gesellschaft in der Kosten-Nutzen-Analyse ermittelt, deren Rückwirkungen auf den Verkehr werden jedoch in der zugrunde gelegten und vorab erstellten Verkehrsprognose nicht mitberücksichtigt. Jüngste Forschungsarbeiten (z. B. Kuchenbecker 2000) und die Verfügbarkeit leistungsfähiger Computertechniken zeigen

neue Möglichkeiten auf, die langfristige Prognose und Bewertung in der Verkehrsplanung durch kombinierte, räumlich fein differenzierte und dynamische Modelle für Wirtschaft, Verkehr und Flächennutzung erheblich zu verbessern.

Vor dem Hintergrund dieser Erkenntnisse erscheint es angebracht, den Prozess zur Weiterentwicklung der in der strategischen Verkehrsplanung eingesetzten Bewertungsmethoden weiter zu forcieren und so die Entwicklung von nachhaltigen Verkehrskonzepten zu unterstützen.

### Anmerkungen

- 1) IWW, IFEU, Kessel+Partner, Planungsgruppe Ökologie, PTV Consult: *Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung*. Berichte des Umweltbundesamtes 4/99, Erich Schmidt Verlag Berlin, 1999
- 2) Zur ausführlichen Darstellung siehe Bundesminister für Verkehr 1993
- 3) Der Backcasting-Ansatz wurde unlängst auch in anderen Forschungsprojekten angewendet, z. B. im POSSUM-Projekt des 4. Rahmenprogramms der Europäischen Kommission und im EST (Environmentally Sustainable Transport)-Projekt der OECD; auch beschrieben in Banister 2000 sowie University College London et al. 1999
- 4) Basierend auf dem Maßnahmenplan des Umweltbundesamtes, 1997
- 5) Eine detaillierte Beschreibung der Modelle findet sich in Gühneemann 2000

### Literatur

- Banister, D. et al., 2000: European Transport Policy and Sustainable Development. London: Routledge (*erscheint in Kürze*)
- BMV / Bundesminister für Verkehr (Hrsg.), 1992: Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen. Ausgabe 1990 (RLS - 90), berichtigter Neudruck. Bonn
- BMV / Bundesminister für Verkehr (Hrsg.), 1993: Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrsweginvestitionen, Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992, Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr, Heft 72, Bonn
- BMVBW / Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, 2000: Verkehrsbericht 2000. Berlin

FGSV / Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 1996: Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen – Teil: Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung (MLuS 1992). Aktualisierte Fassung, Köln

Gühnemann, A., 2000: Methods for Strategic Environmental Assessment of Transport Infrastructure Projects. Baden-Baden: Nomos

IFEU / Institut für Energie und Umweltforschung, 1997: Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen aus dem motorisierten Verkehr in Deutschland 1980 bis 2010. Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes. UFOPLAN Nr. 10506057, Endbericht, Heidelberg. In: Heusch/Boesefeldt GmbH: Ergänzung und Aktualisierung der Verfahren zur Bewertung von Fernstraßenprojekten für die Bundesverkehrswegeplanung. Schlussbericht. Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr. Aachen

Kraetzschmer, D., 1997: Monetarisierung des Wertverlustes von Natur und Landschaft durch verkehrswegebedingte Flächenbeanspruchung im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung. In: UVP-Förderverein (Hrsg.): UVP in der Bundesverkehrswegeplanung: die Bedeutung der Plan-/Programm-UVP zur Sicherung einer umwelt- und sozialverträglichen Mobilität, S. 163 - 170, Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur

Kuchenbecker, K., 2000: Strategische Prognose und Bewertung von Verkehrsentwicklungen mit System Dynamics. Baden-Baden: Nomos

Martinez-Alier, J., 1990: Ecological Economics: Energy, Environment and Society. Oxford: Blackwell

OECD (ed.), 2000: Synthesis Report of the OECD project on Environmentally Sustainable Transport ECT. Presented on occasion of the International est! Conference, 4th to 6th October 2000, Vienna, Austria

Pearce, D.W.; Markandya, A.; Barbier, A., 1989: Blueprint for a Green Economy: a report. London: Earth Scan Publications

Schnabel, W.; Lohse, D., 1997: Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung. Bd. 2 Verkehrsplanung, 2. Auflage, S. 378 ff.

UBA / Umweltbundesamt, 1997: Maßnahmenplan Umwelt und Verkehr – Ein Konzept für eine umweltverträgliche Verkehrsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland. Berlin

University College London et al., 1999: POSSUM - Final Report. ST-96-SC.107, London

## Kontakt

Dr. Astrid Gühnemann  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.  
Institut für Verkehrsforschung  
E-Mail: [astrid.guehнемann@dlr.de](mailto:astrid.guehнемann@dlr.de)

Prof. Dr. Werner Rothengatter  
Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung  
Universität Karlsruhe  
E-Mail: [rothengatter@iww.uni-karlsruhe.de](mailto:rothengatter@iww.uni-karlsruhe.de)

«

## Stand der Weiterentwicklung der Bundesverkehrswegeplanung

Zwischenbericht zur methodischen Überarbeitung im Verkehrsbericht 2000

von Ekkehard Fulda, Karlsruher Forum Ethik in Recht und Technik e.V.

Das Gesamtverfahren und die Methodik der Bundesverkehrswegeplanung (BVWP) stammen in ihrer formal noch geltenden Fassung aus dem Jahre 1992. Wie bereits 1999 angekündigt, hat das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen in seinem im November erschienenen „Verkehrsbericht 2000“ einen „Zwischenbericht“ zur Überarbeitung der BVWP gegeben, dessen Hauptergebnisse in dem Beitrag wiedergegeben sind. Eingearbeitet sind zur Ergänzung einige interessante Details aus einer Zusammenfassung eines Vortrags von Dr. Peter Gehring von der „Projektgruppe Bundesverkehrswegeplanung“ des BMVBW.

### 1 Voraussetzungen und Ausgangspunkte

Seitens des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) wird das gesamtwirtschaftliche Bewertungsverfahren für Verkehrswegeinvestitionen des Bundes in der „Projektgruppe Bundesverkehrswegeplanung“ fortentwickelt, die Bestandteil der Grundsatzabteilung ist. Den Ausgangspunkt