

# **Endbericht zum Forschungsprojekt „Analyse der verkehrsprognostischen Instrumente der Bundesverkehrswegeplanung“**

**Projektbearbeitung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS):<sup>1</sup>**

- **Technische Universität Berlin**
  - Prof. Dr. Kai Nagel (TU Berlin, Fachgebiet Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik – VSP)
  - Dr. Martin Winter (TU Berlin, Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik – WIP)
  - Prof. Dr. Thorsten Beckers (TU Berlin, WIP, Bereich Infrastrukturökonomie und -management)
- **TCI Röhling** (Dr. Wolfgang Röhling)
- **Dr. Gernot Liedtke und Aaron Scholz** (Unterauftragnehmer, Wiss. Mitarbeiter am IWW des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT))

**Die Projektbearbeitung wurde themenbezogen durch folgende Fachexperten unterstützt:**

- **Avistra GmbH** (Dipl.-Ing. Andres Radig)
- **Prof. Dr. Werner Brilon** (Ruhr Universität Bochum)
- **Ernst Basler + Partner AG** (Frank Bruns)
- **HERRY Consult GmbH** (Dr. Max Herry)
- **PTV AG** (Dr. Christoph Walther, Dr. Volker Wassmuth)

**30.06.2010**

---

<sup>1</sup> Für den Inhalt, die Schlussfolgerungen und die Handlungsempfehlungen des vorliegenden Berichtes sind ausschließlich die Autoren verantwortlich.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>ii</b>
<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung / Problemstellung.....</b>	<b>5</b>
<b>2 Darstellung des Status quo.....</b>	<b>6</b>
<b>3 Beurteilung des bisherigen Verfahrens .....</b>	<b>9</b>
3.1 Übergreifende Beurteilung.....	9
3.2 Besondere Aspekte der Güterverkehrsprognose .....	11
3.2.1 Vorhersage der Transportmengen.....	11
3.2.2 Beziehung zwischen Globalprognose und speziellen Prognosen .....	13
3.2.3 Verkehrsmittelwahl.....	14
3.3 Besondere Aspekte der Personenverkehrsprognose.....	15
3.4 Konsistenzprobleme .....	16
3.4.1 Inkonsistenzen zwischen den Verhaltensmodellen „Routenwahl“ und „Verkehrsträgerwahl“ und dem Bewertungsmodell.....	16
3.4.2 Induzierter Verkehr.....	20
3.4.3 Sukzessivumlegung vs. Gleichgewichtsverfahren .....	21
3.4.4 Rückverlagerung .....	22
<b>4 Prozessorganisation und Qualitätsmanagement – Weiterentwicklungsvorschläge.....</b>	<b>23</b>
4.1 Prozess- und Qualitätssteuerung / -kontrolle durch das BMVBS: grundsätzlicher Lösungsansatz .....	24
4.2 Vorschlag zum Einbezug eines externen Fachkoordinators.....	25
4.3 Vorschlag zum Einbezug von wissenschaftlichen Experten und Auditoren.....	26
4.4 Vorschlag zur Einführung eines standardisierten Verfahrens zur Qualitätskontrolle .....	27
4.5 Zeitbedarf für die Verkehrsprognose .....	30
<b>5 Methodik – Weiterentwicklungsvorschläge .....</b>	<b>31</b>
5.1 Szenarienbildung, Risikoanalysen und Zeitpunkte für die Prognose.....	31
5.2 Intermodale Ketten .....	33
5.3 Umlegung Bahn – Festlegung der Hubs .....	34
5.4 Zuverlässigkeit .....	34
5.5 Induzierter Verkehr.....	36
5.6 Zonierung der Modelle.....	37
<b>6 Daten und Datenerhebungen .....</b>	<b>39</b>

6.1	Verschiedene Datenquellen und ihre Verwendung .....	39
6.2	Mögliche Weiterentwicklungen der Datengrundlagen für die Bundesverkehrswegeplanung .....	41
<b>7</b>	<b>Langfristige Entwicklungsoptionen – Vorschläge .....</b>	<b>45</b>
7.1	Methodisch .....	45
7.1.1	Übergang zu Wegeketten .....	45
7.1.2	Integriertes multimodales Modellkonzept.....	46
7.1.3	Vorhersage des (Bewertungs-)Resultates statt Vorhersage des zukünftigen Verkehrs .....	47
7.2	Methodisch-organisatorisch .....	48
7.2.1	Dauernde Lauffähigkeit .....	48
7.2.2	Automatische Modell-Tests und deren webbasierte Sichtbarkeit .....	48
7.2.3	Intermodale Entwicklung von Maßnahmen .....	49
7.3	Organisatorisch .....	49
7.3.1	Standardisierung .....	49
7.3.2	Regelmäßige BVWP-Methodik-Konferenz.....	49
7.3.3	Bereitstellung von Zwischenergebnissen und Resultaten .....	50
	<b>Quellenverzeichnis.....</b>	<b>51</b>

## **Zusammenfassung**

Im Rahmen des Forschungsprojektes "Analyse der verkehrsprognostischen Instrumente der Bundesverkehrswegeplanung" wird das aktuelle Prognoseverfahren für die Bundesverkehrswegeplanung einer kritischen Bestandsaufnahme unterzogen, um Verbesserungspotentiale in methodischer und organisatorischer Hinsicht aufzuzeigen.

Aufgrund der Analyse der vorhandenen Dokumentation kann die bislang verwendete, stufenweise und modulare Methodik für die Prognosen zum Bundesverkehrswegeplan (BVWP) derzeit insgesamt als adäquat angesehen werden. Auch für die aktuell beginnenden Vorarbeiten zum nächsten BVWP wird die grundsätzliche Vorgehensweise als angemessen beurteilt. Es können einige methodische Defizite identifiziert werden. Die sich dadurch ergebenden Probleme sind jedoch momentan tolerierbar und mit einigen Vorarbeiten auch im Laufe der Zeit lösbar. Auch sind die in manchen anderen Ländern zum Einsatz kommenden Alternativen noch nicht vollkommen ausgereift.

Gravierender als die einzelnen methodischen Defizite erscheinen die aufgetretenen Abstimmungsschwierigkeiten und Inkonsistenzen zwischen den einzelnen Prognosestufen bei der BVWP-Prognose bzw. der methodisch ähnlich angelegten Prognose für die Bedarfsplanüberprüfung. Insbesondere die fehlende Rückkopplung von verkehrsträgerspezifischen Umlegungsschritten (mit wirksamen Kapazitätsrestriktionen) mit der Globalprognose (weitgehend ohne Berücksichtigung von Kapazitätsrestriktionen) führt zu Problemen und Inkonsistenzen.

Als wichtigster Kritikpunkt am bisherigen Verfahren lässt sich die mangelnde Transparenz desselben festhalten. Die vom BMVBS geforderte Dokumentation ist zwar quantitativ umfangreich, reicht aber nicht aus, um das tatsächliche Prognoseverfahren genau zu rekonstruieren. Vielfach liegen Informationen auf einer Meta-Ebene vor, aber benötigte Detailinformationen fehlen. Dies betrifft in besonderem Maße die Dokumentation der Umlegungsrechnungen und -modelle für den Verkehrsträger Straße. Die genaue Nachvollziehbarkeit des Verfahrens ist jedoch entscheidend für die Beurteilung der Qualität der Prognoseergebnisse durch das BMVBS. Aus den aufgezeigten Defiziten ergibt sich die Empfehlung, die Ablauf- und Prozessorganisation des BVWP-Verfahrens zu reformieren.

Vor dem eigentlichen Beginn des Prozesses (Workflow) der Bundesverkehrswegeplanung sollte ein Qualitätsmanagementsystem installiert werden. Damit kann unmittelbar begonnen werden. Darüber hinaus ist eine größtmögliche Transparenz des BVWP-Verfahrens anzustreben. Hierbei ist insbesondere die Offenlegung aller verwendeten Datengrundlagen, Modelle, ihrer Parameter und deren Quellen zu nennen. Die Einsichtnahme in die verwendeten Daten, Methoden und (Teil-)Ergebnisse ist erstens für die Qualitätskontrolle der Prognoseergebnisse durch hausinterne und/oder -externe Experten zwingend nötig. Sie ist wichtigste Voraussetzung für die Beurteilung der Konsistenz von Teilergebnissen verschiedener Modellierungsstufen, die neben der Realitätsnähe der Ergebnisse, die nur ex post festzustellen ist, ein zentrales Qualitätsmerkmal von Verkehrsprognosen darstellt. Zweitens ermöglicht ein hohes Maß an Transparenz erst die fundierte Diskussion in der

Fachwelt, die mit konstruktiver Kritik zur weiteren Verbesserung der angewandten Methodik beitragen kann. Drittens kann nur mit einem hohen Grad an Transparenz der Wettbewerb um Einzellose des Prognoseverfahrens gesichert bzw. hergestellt werden.

Die zentrale Rolle des BMVBS für die Prozess- und Qualitätssteuerung sollte im Hinblick auf die eigenständige Wahrnehmung zentraler Aufgaben ausgebaut werden. Voraussetzung hierfür wäre der Ausbau der dafür benötigten personellen Ressourcen, was vermutlich erst mittel- und langfristig umsetzbar sein könnte. Das entsprechende methodische Know-How sollte permanent (im BMVBS selbst oder eng angebundene Institutionen) vorgehalten werden. Kurzfristig wird der Einbezug eines externen Fachkoordinators empfohlen. Der Fachkoordinator hat das BMVBS beim Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems sowie operativ bei der Steuerung und Abstimmung der Arbeiten einzelner Fachgutachter zu unterstützen. Darüber hinaus sollten in jedem Falle unabhängige, externe Wissenschaftler zur Unterstützung des BMVBS bei der Qualitätssicherung für das BVWP-Prognoseverfahren eingesetzt werden. In diesem Zusammenhang erscheint es geboten, Auditierungsfunktionen an unabhängige Experten zu übertragen.

Der Fachkoordinator soll auch zu einer stärkeren horizontalen und vertikalen Verkopplung der verwendeten Teilmodelle beitragen. Die bessere Abstimmung der Teilelemente der Prognose ist als wichtiger als eine weitere Feinoptimierung der vorhandenen Modelle einzuschätzen. Bei Fortführung der bisherigen Trennung der Prognoseschritte sollte es mindestens eine Rückkopplungsschleife zwischen den verkehrsträgerspezifischen Umlegungen und der Globalprognose zur Berücksichtigung der Wirkungen von Kapazitätsrestriktionen auf die Verkehrsnachfrage geben. Die Modal-Split- und Umlegungsrechnungen sind aufgrund der fortgeschrittenen Leistungsfähigkeit der Computertechnik heute nicht mehr so zeitintensiv wie früher, so dass derartige Rückkopplungsschleifen kein grundsätzliches zeitliches Hindernis darstellen. Mit diesen Rückkopplungen können auch die im bisherigen Verfahren nicht oder nicht ausreichend berücksichtigten Wirkungen des induzierten Verkehrs und der intermodalen Ketten (besser) dargestellt werden. Auch eine deutliche Verbesserung der Konsistenz der Modellierungsergebnisse einzelner Prognosestufen ist zu erwarten. Bei funktionierender Abstimmung zwischen den Modellierungsschritten mittels standardisierten Schnittstellen kann ein Gesamtzeitraum von ca. zwei Jahren für die Globalprognose und Umlegungsrechnungen als realistisch angesehen werden. Darüber hinaus spricht aus Sicht des Projektkonsortiums vieles für einen regelmäßigen Rhythmus der Erstellung von Verkehrsprognosen für Investitionsbewertungen (im Rahmen einer BVWP-Erstellung, von Bedarfsplanüberprüfungen und für Investitionspriorisierungsplanungen).

Ein wesentlicher Grund für die bisherige Dauer des Verfahrens war der langwierige politische Prozess der Festlegung von Rahmenbedingungen für die zu prognostizierenden Szenarien. Es wird nachdrücklich eine Entpolitisierung dieses Verfahrensschritts empfohlen. Bei der Festlegung des Rahmens für die Globalprognosen müssen verschiedene Expertenmeinungen berücksichtigt und ausgetauscht werden. Die Entpolitisierung der Definition der Prognoseszenarien schmälert keineswegs den legitimen Einfluss der Verkehrspolitik auf die Zuordnung von Projekten zu den Kategorien des BVWP selbst, vielmehr können sozial- und regionalpolitisch motivierte Anpassungen

der Projektkategorisierung im Anschluss an die vorwiegend nach Kosten-Nutzen-Erwägungen vorgenommene Projektreihung erfolgen.

Mit Blick auf die stark gestiegene Leistungsfähigkeit der Rechentechnik wird empfohlen, insgesamt ca. drei in sich konsistente Szenarien für die Globalprognose zu bilden, in denen die wichtigsten Einflussfaktoren auf das Verkehrsaufkommen, insbesondere die Handels-, Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung, sowie die Annahmen über künftige Nutzerkosten und verkehrspolitische Entwicklungen variiert werden. Zusätzlich zu dem planübergreifenden Top-Down-Ansatz zur Ermittlung von Sensitivitäten sollten auf Projektebene auch weiterhin Risikoanalysen durch die Variation kritischer Parameter (Bevölkerung, BIP, Nutzerkosten, Attraktivität alternativer Verkehrsträger) durchgeführt werden, um projektspezifische Risiken adäquat abzubilden. Der bisherige 20-Jahres-Zeitraum für die Verkehrsprognose wird nach übereinstimmender Meinung von Projektkonsortium und bisherigen Fachgutachtern für angemessen gehalten.

Eine verbesserte Datenverfügbarkeit würde zu einer besseren Verifizierbarkeit der bisher genutzten Modelle führen und eine wichtige Grundlage für deren Weiterentwicklung schaffen. Zusätzliche bzw. detailliertere Datenerhebungen können langfristig die Prognose- und Bewertungsergebnisse verbessern. Dies betrifft in besonderem Maße den Güterverkehr. Hier besteht Handlungs- und Forschungsbedarf.

Langfristig sollte bei künftigen Bundesverkehrswegeplanungen das bisherige Stufenkonzept überwunden und durch eine einstufige multimodale Mikroprognose des Personen- und Güterverkehrs, die durch die gemeinsame Nutzung der Infrastruktur miteinander interagieren, ersetzt werden. Die neue Methodik würde viele bisherige Probleme, wie z. B. die Modellierung des induzierten und verlagerten Verkehrs, grundsätzlich lösen. Darüber hinaus würde ein wesentlicher Beitrag zur methodischen und datenseitigen Konsistenz der Planungen geleistet. Die globalen Makroprognosen, die – vor allem für den Güterverkehr – weiterhin wichtig bleiben, hätten dann in erster Linie die Funktion, bei der Modellkalibrierung und zur Kontrolle der Ergebnisse der multimodalen Mikroprognose eine Leitplankenfunktion darzustellen; sie stellen dann keine übergeordnete Stufe mehr dar. Die methodischen und datenseitigen Anforderungen an eine solche Mikroprognose steigen damit allerdings. Es wird deshalb empfohlen, in einer Methodenstudie den Aufbau eines solchen bundesweiten, multimodal integrierten Verkehrsmodellrahmens zu prüfen. Empfehlenswert wäre aus Sicht des Projektkonsortiums ein modulares Design mit definierten Schnittstellen, um die transparente Überprüfung von Teilergebnissen sowie den Austausch bzw. die Weiterentwicklung einzelner Submodule zu ermöglichen.

Als weitere, langfristige Entwicklungsoption für das BVWP-Verfahren wird empfohlen, die Möglichkeiten für eine dauerhafte Lauffähigkeit der verwendeten Verkehrsmodelle, z.B. im Rahmen eines Verkehrsrechenzentrums zu prüfen. Außerdem wird vorgeschlagen, eine regelmäßige BVWP-Methodik-Konferenz zur kritischen Diskussion der verwendeten Methodik durch die Fachwelt durchzuführen. Darüber hinaus trüge eine Bereitstellung von Zwischenergebnissen und Resultaten der Arbeiten zum BVWP wesentlich zu einer höheren Transparenz des Verfahrens und dessen

Weiterentwicklung bei. Die Veröffentlichung der Matrizen der Außenhandels- und Strukturdatenprognose 2025 sowie der Verflechtungsprognose 2025 über die Daten-Clearingstelle des DLR sind als Schritt in diese Richtung zu begrüßen.

# 1 Einleitung / Problemstellung

Im Rahmen des Forschungsprojektes "Analyse der verkehrsprognostischen Instrumente der Bundesverkehrswegeplanung" wird das aktuelle Prognoseverfahren für die Bundesverkehrswegeplanung einer kritischen Bestandsaufnahme unterzogen, um Verbesserungspotentiale in methodischer und organisatorischer Hinsicht aufzuzeigen. Der Fokus der Analyse liegt dabei weniger auf einzelnen Teilmodellen; vor allem geht es in diesem Forschungsprojekt um die Erarbeitung von Vorschlägen zur Optimierung und Qualitätssicherung des Gesamtverfahrens. Neben der Erhöhung der Prognosequalität, der Transparenz und der Beschleunigung des Verfahrensablaufes steht auch eine möglichst kurzfristige Umsetzbarkeit der Empfehlungen im Vordergrund des Forschungsprojektes. Darüber hinaus werden Ansatzpunkte für methodische und organisatorische Verbesserungen aufgezeigt, die mittel- und langfristig verfolgt werden sollten.

Für die Analyse wurde insbesondere auf die zugängliche Literatur zur Dokumentation des Prozesses und auf weitere, vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) zur Verfügung gestellte Projektdokumentationen sowie auf Experteninterviews zurückgegriffen. Daneben wurden internationale Erfahrungen mit nationalen Verkehrsprognosen ausgewertet. Die entwickelten Thesen wurden anlässlich eines Projektworkshops von BMVBS, externen Experten und Projektbearbeitern am 7. Oktober 2009 in Berlin diskutiert. Die Ergebnisse dieses Workshops sind ebenfalls in den vorliegenden Endbericht eingeflossen.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Die Autoren dieses Berichts bedanken sich bei den im Auftrag des BMVBS tätigen Fachgutachtern Dr. Kristina Birn (BVU), Hans-Ulrich Mann und Dr. Markus Schubert (Intraplan), Stefanos Kotzagiorgis und Peter Rieken (Planco Consulting) sowie Henryk Bolik (IVV) für die Auskünfte und Diskussionen im Rahmen der durchgeführten Experteninterviews. Gleichfalls gilt der Dank den Teilnehmern des Workshops am 07.10.2009 für kritische Kommentare und Anregungen. Den Mitarbeitern des BMVBS, die das Forschungsprojekt betreut und begleitet haben (insb. Hugo Gratz, Dr. Hendrik Haßheider, Jürgen Klatt, Petra Löcker, Claudia Oberheim, René Schaarschmidt und Peter Seus), danken wir für die konstruktiven Anmerkungen und Gespräche sowie die Unterstützung bei der Recherche nach relevanter Dokumentation zum BVWP-Verfahren.

## 2 Darstellung des Status quo

Der Bundesverkehrswegeplan (BVWP) ist der langfristige Plan zum Neu- und Ausbau von Infrastrukturkapazitäten in der Zuständigkeit des Bundes. Er umfasst konkrete Einzelprojekte der Verkehrsträger Straße, Schiene und Wasserstraße. Eine langfristige Verkehrsprognose vermittelt dem Bund und den Ländern ein Bild von der zukünftigen Verkehrsbelastung auf den Netzwerken der verschiedenen Verkehrsträger. Sie stellt aber auch eine der Informationsgrundlagen dar, auf deren Basis die private Wirtschaft neue Geschäftsmodelle entwickelt, Standorte plant oder ihre Kapazitäten dimensionieren kann. Methodisch ähnlich angelegt sind die langfristigen Prognosen des Bundes für die regelmäßigen Bedarfsplanüberprüfungen.

In einem weiteren Schritt werden aus einer „Ideenliste“ für Infrastrukturmaßnahmen Projekte auf Basis einer volkswirtschaftlichen Nutzen-Kosten-Analyse den Kategorien „Vordringlicher Bedarf“, „Weiterer Bedarf“ und „Kein Bedarf“ zugeordnet. Bei dem Projektranking spielen zusätzlich regional- und distributionspolitische Überlegungen sowie umwelt- und naturschutzpolitische Aspekte eine Rolle. Bei der Bundesverkehrswegeplanung handelt es sich also im Kern um einen Prozess der Bewertung und Priorisierung von Infrastrukturprojekten des Bundes. Die zu bewertenden Projekte haben sehr verschiedenen Charakter: Sie reichen von einzelnen Ortsumgehungen bis hin zu Autobahnabschnitten oder Schnellfahrtstrecken der Bahn.

Das bisherige Verfahren zur Prognose der Verkehrsentwicklung für die Bundesverkehrswegeplanung basiert im Wesentlichen auf den folgenden Schritten:<sup>3</sup>

- Globalprognose (Output: deutschlandweite Makroprognose von Verkehrsleistung und -mengen für den Güter- und Personenverkehr sowie verkehrsträgerspezifische Verkehrsverflechtungen auf Kreisebene)
- Feinräumige verkehrsträgerspezifische Zuordnung (Umlegung) von Verkehrsnachfrage zu Infrastrukturkapazitäten (Output: künftige Belastungen von Streckenabschnitten)
- Anschließende Projektbewertung auf Basis der prognostizierten, regional differenzierten Verkehrsmengen (Output: Nutzen-Kosten-Verhältnis für Einzelprojekte).

Die Entwicklung von Bevölkerung und Wirtschaftswachstum sind – neben den zu erwartenden Nutzerkosten – die mit Abstand wichtigsten Einflussfaktoren auf die künftige Verkehrsentwicklung im Personen- und Güterverkehr. Dementsprechend sind langfristige Prognosen der regionalen Bevölkerungsentwicklung und, darauf aufsetzend, des regional und sektoral differenzierten Wirtschaftswachstums die wichtigsten Eingangsgrößen für den Prognoseprozess. Zusätzlich finden so

---

<sup>3</sup> Das hier beschriebene Verfahren bezieht sich hinsichtlich des ersten Schrittes auf die bereits vorliegende Verflechtungsprognose 2025 (vgl. BVU / Intraplan (2007)) sowie für die Schritte zwei bzw. drei auf die Dokumentation zum BVWP 2003 (vgl. BVU / IVV / Planco (2003)) bzw. die methodisch ähnliche, regelmäßige Bedarfsplanüberprüfung.

genannte singuläre Verkehrserzeuger wie See- und Flughäfen in den Prognoserechnungen Berücksichtigung. So dient beispielsweise eine separate Hafenprognose als Eingangsgröße für den Hafen-Hinterland Verkehr.<sup>4</sup>

Die folgende Graphik gibt einen Überblick über den Ablauf des Gesamtverfahrens.

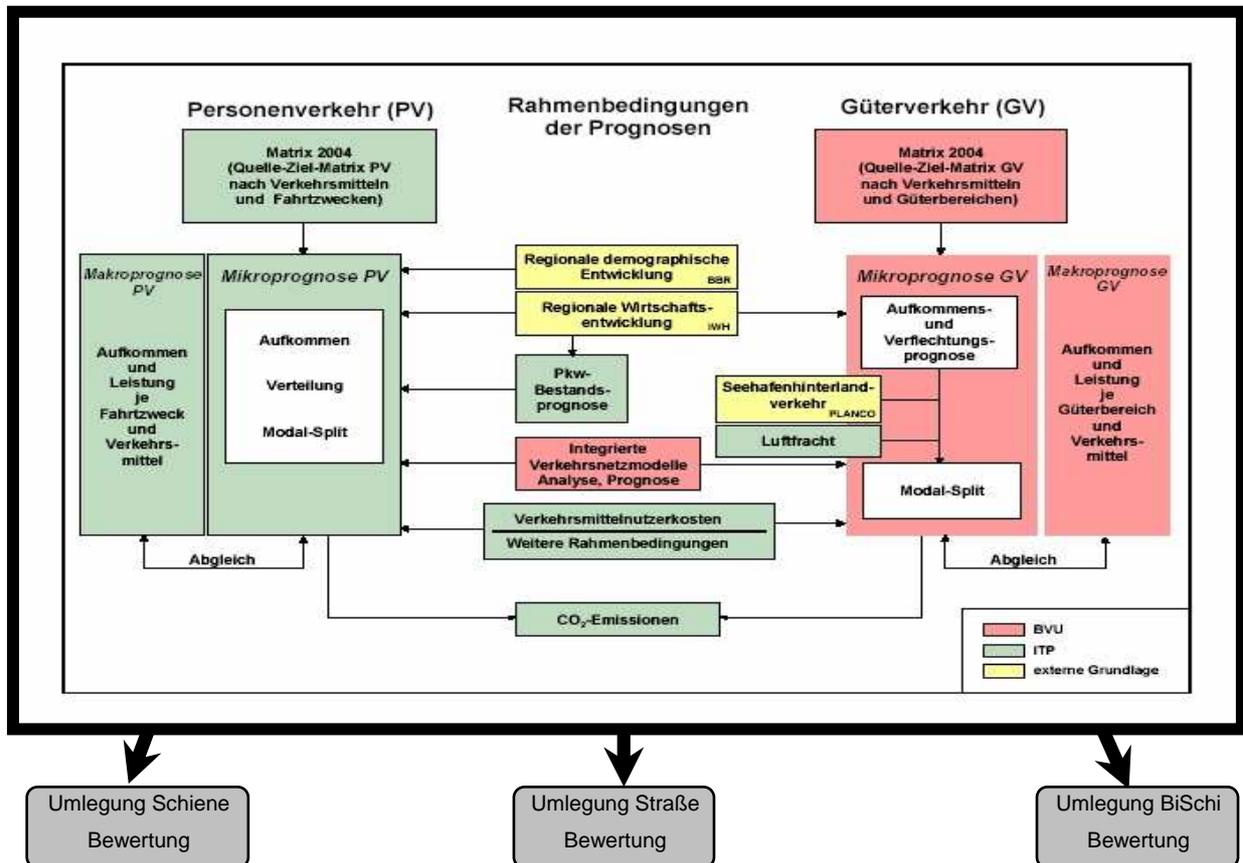


Abbildung 1: Ablauf des BVWP-Verfahrens<sup>5</sup>

Im ersten Schritt des Prognoseverfahrens werden die wichtigsten aggregierten Kenngrößen in Form von Eckwerten festgelegt (so genannte Makroprognose). Im nächsten Schritt werden verkehrsträgerspezifische Quell-Ziel-Matrizen des Verkehrsaufkommens im Personen- und Güterverkehr auf Kreisebene erstellt (so genannte Mikroprognose), die mit den Eckwerten aus der Makroprognose abgeglichen werden. Für beide Nachfragesegmente werden jeweils ähnliche Modelltypen verwendet, die dem klassischen Schema der Verkehrsmodellierung Erzeugung – (räumliche) Verteilung – (Modal-Split-)Aufteilung folgen. Für den Ist-Fall werden die Modellergebnisse mit vorhandenen empirischen (Teil-)Matrizen abgeglichen. Die Verkehrserzeugung im Güterverkehr basiert im Wesentlichen auf Regressionsschätzungen der regionalen realen Bruttowertschöpfung

<sup>4</sup> Vgl. Planco (2007).

(BWS) zum Transportaufkommen, die für den Prognosefall fortgeschrieben werden. Zusätzlich dienen separate Prognosen für singuläre Verkehrserzeuger wie Seehäfen als Input für die Globalprognose im Güterverkehr. Im Personenverkehr wird von verhaltenshomogenen Gruppen ausgegangen, die sich z.B. in Altersstruktur, Erwerbstätigkeit und Führerscheinbesitz unterscheiden. Mit Hilfe von empirischen, nach Fahrzwecken differenzierten Mobilitätsraten für diese Gruppen wird das regionale Quell- bzw. Zielaufkommen im Personenverkehr geschätzt und über die regional differenzierte Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung für den Prognosefall hochgerechnet. Die Verknüpfung von Quell- und Zielaufkommen erfolgt sowohl im Güter- als auch Personenverkehr über Gravitationsmodelle, für den Modal Split werden jeweils (Nested)-Logit-Modelle verwendet.<sup>6</sup>

An die Globalprognose schließen sich im BVWP-Prozess die Schritte der verkehrsträgerspezifischen Umlegungen für Straße, Schiene und Wasserstraße an. Mit den Schienenverkehrsumlegungen waren bei der Bedarfsplanüberprüfung die gleichen Unternehmen wie mit der Globalprognose beauftragt, womit eine konsistente Weiterverarbeitung der Ergebnisse der Globalprognose gegeben ist. Mit Einschränkungen hinsichtlich der Nachvollziehbarkeit aufgrund fehlender Dokumentation von Modellen und Modellparametern wird das Vorgehen insgesamt als plausibel angesehen.<sup>7</sup>

Die Umlegungen für die Wasserstraße sind vergleichsweise gut dokumentiert, die Rechenschritte erscheinen plausibel. Auch hier werden jedoch die verwendeten Modellparameter in der Regel nicht offengelegt.<sup>8</sup>

Für die Umlegungsebene der BVWP-Prognose beim Verkehrsträger Straße wurden laut Experten-Interview sämtliche Schritte der Verkehrserzeugung, -aufteilung und des Modal Splits in einem eigenen, räumlich stark disaggregierten Modell erneut vollzogen, anschließend erfolgte die Umlegung der neu berechneten Verkehrsmengen auf das kapazitätsbeschränkte Straßennetz. Die räumlich wesentlich stärker aggregierten Mengendaten aus der Globalprognose wurden nur als Steigerungsraten vom Ist- zum Prognosezustand und für die internationalen Verkehre berücksichtigt.<sup>9</sup> Die Kohärenz des Modells mit Querschnittszählungen wurde demnach als wichtiger angesehen als die Kohärenz von Globalprognose und Straßenverkehrsumlegung. Die vorliegende Dokumentation des BVWP 2003 für die Rechnungen des Verkehrsträgers Straße enthält allgemein sehr wenige Informationen, die zur Beurteilung des Modellierungsprozesses nötig wären. Insbesondere fehlt die Dokumentation fast sämtlicher Modelle und ihre Spezifikationen.<sup>10</sup>

---

<sup>5</sup> Quelle: Angelehnt an BVU / Intraplan (2007).

<sup>6</sup> Vgl. BVU / Intraplan (2007).

<sup>7</sup> Vgl. BVU / IVV / Planco (2003).

<sup>8</sup> Vgl. ebd.

<sup>9</sup> Laut Experteninterview am 15.06.2009 im BMVBS, Bonn.

<sup>10</sup> Vgl. BVU / IVV / Planco (2003).

## 3 Beurteilung des bisherigen Verfahrens

### 3.1 Übergreifende Beurteilung

Soweit aus der Dokumentation ersichtlich, erscheint die bislang verwendete, stufenweise und modulare Methodik für die BVWP-Prognose insgesamt adäquat. Auch für die aktuell beginnenden Vorarbeiten zum nächsten BVWP wird diese Vorgehensweise als angemessen beurteilt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass die gewählte Stufen-Methodik auch langfristig unverändert eingesetzt werden sollte. Ihre Nachteile im Vergleich zu einer alternativen, stärker integrierten Modellphilosophie werden später in Abschnitt 7.1.2 näher beleuchtet.

Im Prozess der BVWP-Prognose werden Teilmodelle verwendet, die, soweit dies von den Autoren beurteilt werden kann, dem aktuellen Stand der Modellierungstechnik entsprechen. Aufgrund der Vielzahl und Unterschiedlichkeit der verwendeten Teilkomponenten ist die Kohärenz der Gesamtergebnisse jedoch nicht in jedem Fall gewährleistet. Eine endgültige Einschätzung der Teilmodelle ist hier nicht möglich, da sämtliche Angaben über die gewählten Modellparameter in der Dokumentation fehlen, und bei einem Teil der Modelle (z.B. dem Modal-Split-Modell im Personenverkehr) deren Struktur nicht ohne weiteres nachvollzogen werden kann. Darüber hinaus besteht zumindest zum Teil Unklarheit über die Herkunft der Modelle, die verwendeten Datengrundlagen und/oder Quellen für die gewählten Modellparameter. Methodische Defizite auf den einzelnen Modellierungsstufen scheinen jedoch eher im Detail zu liegen.

Gravierender als einzelne methodische Defizite erscheinen die aufgetretenen Abstimmungsschwierigkeiten und Inkonsistenzen zwischen den einzelnen Prognosestufen bei der BVWP-Prognose bzw. der methodisch ähnlich angelegten Prognose für die Bedarfsplanüberprüfung. Insbesondere die fehlende Rückkopplung von verkehrsträgerspezifischen Umlegungsschritten (mit wirksamen Kapazitätsrestriktionen) mit der Globalprognose (weitgehend ohne Berücksichtigung von Kapazitätsrestriktionen) führt zu Problemen und Inkonsistenzen. Deutlich wurde dies z.B. im Rahmen von Rechnungen für die laufende Bedarfsplanüberprüfung: hier waren die aus der Globalprognose stammenden Transportmengen für den Verkehrsträger Straße deutlich zu hoch für die Kapazitäten im Planfall, weshalb das Verkehrsaufkommen im Umlegungsschritt über Variationen der Auslastungsgrade, Tagesganglinien etc. „manuell“ angepasst wurde. Die beschränkende Wirkung von Straßenkapazitäten auf das Wachstum der Verkehrsnachfrage kann auf diese Art nur hilfweise, aber nicht konsistent zu den individuellen Kalkülen der Verkehrsnachfrager abgebildet werden. In den Abschnitten 5.2 und 5.5 wird beschrieben, wie diese Rückkopplung zwischen den einzelnen Prognoseschritten aussehen könnte, wenn man die bisherige stufenweise Prognosemethodik beibehält. Der langfristig sinnvollere Ansatz eines integrierten Modells, das sich über die klassischen Schritte der Verkehrsmodellierung erstreckt, lässt ein deutlich höheres Maß an modellinterner Konsistenz erwarten. Darüber hinaus entfallen bei sachgerechter Umsetzung dieser integrierten Modellphilosophie ein Großteil der bisher mit dem Stufenverfahren einhergehenden methodischen Probleme, etwa bei der Abbildung und Bewertung des induzierten Verkehrs.

Die der Globalprognose zugrunde liegenden Annahmen haben einen entscheidenden Einfluss auf die vorhergesagten Verkehrsströme und in der Folge auch auf die Ergebnisse der Projektbewertung. Besonders im BVWP 2003 hat man sich dabei sehr stark von den Erfahrungen der zurückliegenden Jahre leiten lassen. So wurden beispielsweise die Wachstumsraten der Hafen-Hinterland-Transporte oder der europäischen Landtransporte trendmäßig fortgeschrieben. Dies kann insbesondere dann problematisch sein, wenn dies für lange Zeiträume geschieht. Auf diese Weise werden Kapazitätsengpässe möglicherweise überpointiert, was als zweischneidig zu beurteilen ist: Auf der einen Seite wird Handlungsbedarf aufgrund bestimmter Trendentwicklungen aufgezeigt, so dass Maßnahmen rechtzeitig angegangen werden können. Andererseits besteht die Gefahr, dass die entsprechenden Prognosen Teil eines politischen Prozesses werden, wobei nicht auszuschließen ist, dass hierbei implizit Interessen einzelner Akteure – wie den im internationalen Wettbewerb stehenden Häfen – in einem unangemessenen Ausmaß berücksichtigt werden.

Für den Zweck der Bewertung und des Rankings von Projekten mit überregionaler Bedeutung scheint die gewählte regionale Differenzierung der Modelle (Zonierung) als angemessen fein. Allerdings ist eine komplette Bewertung von kleineren Projekten wie Ortsumgehungen unter Berücksichtigung des Nutzens für die lokal anliegende Bevölkerung damit als schwierig anzusehen. Diese Problematik tritt vor allem im Straßenverkehr auf, da den Bundesstraßen oftmals zu gleichen Teilen regionale und nationale Bedeutung zukommt. Lösungsansätze für dieses Problem werden in Abschnitt 5.6 aufgezeigt.

Als weiteres generelles Manko ist die bisherige lange Dauer des Gesamtprozesses (> 5 Jahre) zu benennen. Dies ist nicht nur der Stufen-Methodik des Verfahrens mit unterschiedlichen Bearbeitern und dem daraus folgenden Abstimmungsaufwand geschuldet, sondern vielfach auch Folge des so nicht sachgerechten politischen Abstimmungsprozesses. Auf die Möglichkeiten zur Ausgestaltung des zeitlichen Ablaufs des Verfahrens wird im Abschnitt 4.5 dieses Berichtes eingegangen.

Als wichtigster Kritikpunkt am bisherigen Verfahren lässt sich jedoch die mangelnde Transparenz desselben festhalten. Die vom BMVBS geforderte Dokumentation ist zwar quantitativ umfangreich, reicht aber nicht aus, um das tatsächliche Prognoseverfahren genau zu rekonstruieren. Vielfach liegen Informationen auf der Meta-Ebene vor, aber benötigte Detailinformationen fehlen. Dies betrifft in besonderem Maße die Dokumentation der Umlegungsrechnungen und -modelle für den Verkehrsträger Straße. Die genaue Nachvollziehbarkeit des Verfahrens ist jedoch entscheidend für die Beurteilung der Qualität der Prognoseergebnisse durch das BMVBS. Die bisherige Qualitätskontrolle, die hauptsächlich über Plausibilitätsüberlegungen zu streckenbezogenen Verkehrsbelastungen erfolgte, wird als nicht ausreichend betrachtet. Solche Überlegungen können für Modellabbildungen des Ist-Zustands und der nahen Zukunft noch sinnvoll möglich sein; gerade für lange Prognosezeiträume wie denen der Bundesverkehrswegeplanung lassen sich allein damit aber keine belastbaren Aussagen mehr erzielen. Hier ist es vielmehr nötig, die den Prognoseergebnissen zugrunde liegenden Verhaltensmodelle (Annahmen, Modellstrukturen, Parameter) auf ihre Realitätsnähe und Konsistenz zueinander zu überprüfen und ggf. kritisch zu diskutieren. Darüber hinaus interagieren die für die Prognose verwendeten Verhaltensmodelle (über die dort enthaltenen

Nutzengrößen auf die Wahl der Alternativen) einerseits und die ökonomische Bewertung der Nutzen der zu untersuchenden Projekte andererseits, wie das stilisierte Beispiel in Kasten 1, S. 20 verdeutlicht. Das verstärkt die hier aufgestellte allgemeine Forderung nach Konsistenz zwischen Verkehrsprognose und Projektbewertung. Die Beurteilung, inwieweit diese Konsistenz vorliegt, ist jedoch nur möglich, wenn Einsicht in die volle Spezifikation der verwendeten Verhaltensmodelle der einzelnen Modellierungsstufen genommen werden kann. Hierfür ist eine vollständige Dokumentation der Modelle inklusive aller Variablen und numerischen Parameter sowie deren Herkunft nötig.<sup>11</sup> Momentan werden diese Detailinformationen von den am Prozess beteiligten externen Experten z.T. als Unternehmensgeheimnis eingestuft, und das BMVBS gibt eine Offenlegung nicht vor. Vorschläge, wie mit dieser Problematik kurz- bzw. mittelfristig umgegangen werden kann, werden in Abschnitt 4 unterbreitet. Ziel ist es dabei stets, die derzeit erheblichen Informationsasymmetrien zwischen BMVBS und den Fachgutachtern zu reduzieren, die momentan einer adäquaten Prozess- und Ergebniskontrolle entgegenstehen.

## **3.2 Besondere Aspekte der Güterverkehrsprognose**

### **3.2.1 Vorhersage der Transportmengen**

Blickt man auf die letzten zwei Jahrzehnte zurück, so sind eine Reihe erheblicher geopolitischer Veränderungen festzustellen: die fortschreitende EU-Integration, der Fall des Eisernen Vorhangs und das Hinzutreten großer Schwellenländer auf den Güterweltmärkten. In den letzten Jahren hat eine einfachere Teilhabe am weltweiten Finanzkreislauf den Interkontinentalhandel vorangetrieben, was auch in den kontinentalen Wertschöpfungsketten einen Boom ausgelöst hatte. Unter anderem aufgrund dieser Prozesse ist die Entwicklung der Güterverkehrsleistung in der Vergangenheit regelmäßig unterschätzt worden. Dies führte in der Folge zu einer Gegenkorrektur bei der Verflechtungsprognose 2025.<sup>12</sup>

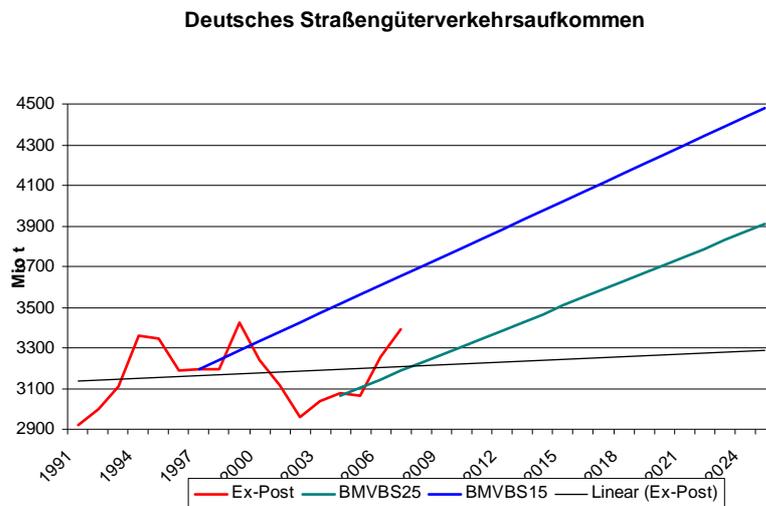
In den jüngsten zwei BVWP-Prognosen wurden jeweils sehr deutliche Anstiege des Tonnageaufkommens vorhergesagt. Vergleicht man die Prognosen mit dem beobachteten Güteraufkommen der letzten Jahre, so zeigt sich, dass das Aufkommen nur geringfügig anstieg. Für den Straßenverkehrssektor verdeutlicht das Abbildung 2. Eine genauere Analyse ergibt, dass dahinter ein Rückgang der Massengüter (Müll, Erden, Steine, Erze, Baustoffe) und eine Steigerung derjenigen Segmente mit längeren durchschnittlichen Transportentfernungen stehen. Mit der verfügbaren Dokumentation war es jedoch nicht möglich, die prognostizierte Tonnage-Entwicklung hinreichend genau nachzuvollziehen. Um in Zukunft die Aussagen der strukturelle Prognose besser würdigen zu

---

<sup>11</sup> Für eine Qualitätskontrolle nicht offenzulegen wären firmeninterne numerische Methoden bzw. Algorithmen, wie sie z.B. als Programmbibliotheken eingebunden werden können, solange das Verhalten an den Schnittstellen gut dokumentiert ist. Eine Offenlegung (einschl. Quellcodes) der übergeordneten Abläufe wäre aus Sicht der Gutachter oft sinnvoll (z.B. im Sinne eines open source Ansatzes), ist aber nicht zwingend, und die Vor- und Nachteile müssten im Einzelfall abgewogen werden.

<sup>12</sup> Vgl. BVU / Intraplan (2007).

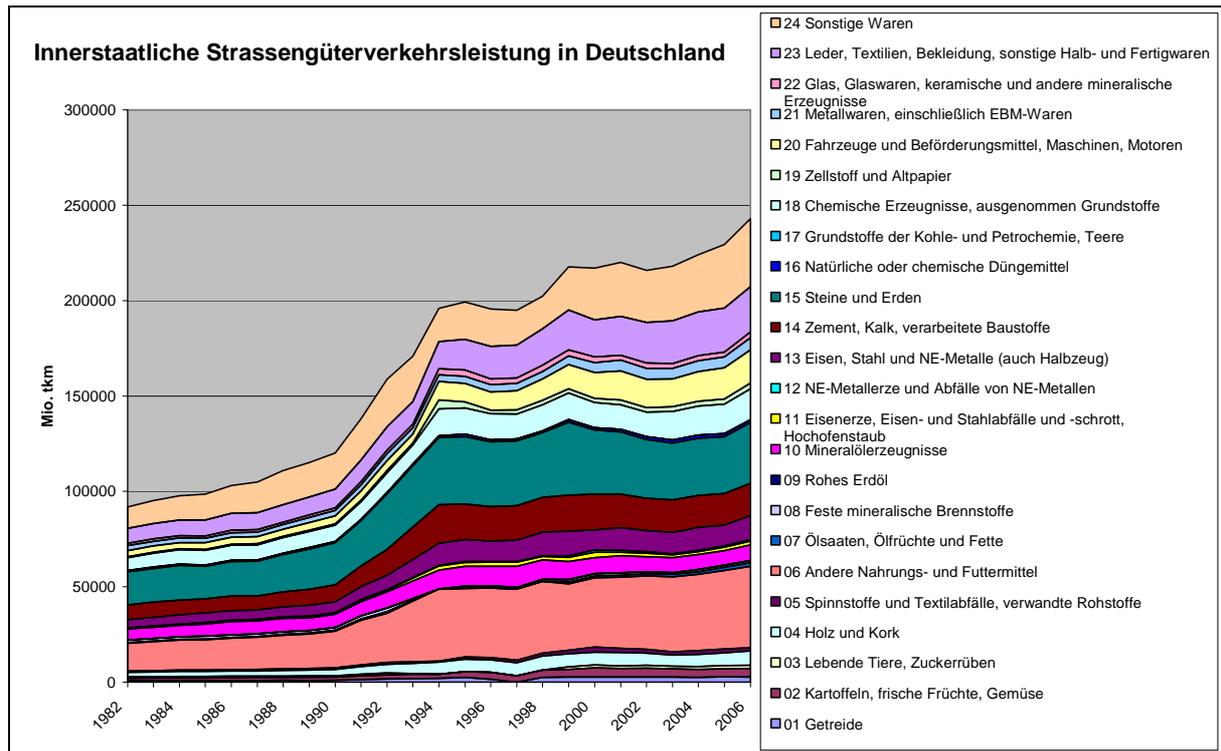
können, ist es sehr wichtig, die Annahmen bezüglich zentraler Parameter, wie die zu Wertedichten, Mengen und Weiten nach feinen Gütergruppen gegliedert transparent darzulegen.



**Abbildung 2: Prognose und tatsächliche Entwicklung des deutschen Straßengüterverkehrsaufkommens<sup>13</sup>**

Die Trendprognosen sollten für die wichtigsten Transportbereiche mit Entwicklungsszenarien sektoraler Ebene konfrontiert und abgestimmt werden. Hierfür könnten z.B. plausible Sättigungsgrenzen bei der Entwicklung bestimmter Parameter bestimmt werden, wie die Konsummenge von Lebensmitteln pro Person. Dieser Vergleich mit Benchmarks dient als Ersatz für eine reine Mikrofundierung der Prognose, die analog zum Personenverkehr in Reinform hier (noch) nicht möglich ist. Dabei ist es wichtig, nach logistischen Segmenten zu differenzieren, z.B. nach Hausmüllsammlung, Lebensmitteldistribution, Lebensmittel-Lagerbelieferung etc. Die Möglichkeiten der neuen NST/R Klassifikation sind entsprechend zu nutzen.

Neben den zentralen Parametern Entfernung und Tonnage spielt ein weiterer Aspekt des Güterverkehrs eine Rolle: Das Phänomen der gebrochenen Verkehre. Eine Analyse derjenigen Segmente mit den höchsten Steigerungsraten zeigt, dass das Wachstum der Güterverkehrsleistung vor allem durch die Steigerungen bei den Stückgütern und bei den Lebensmitteln getrieben worden sind, wie auch Abbildung 3 zeigt. Beides sind ausgesprochen typische „gebrochene“ Verkehre. Das bedeutet, dass auf dem Weg zwischen Hersteller und Konsument transportbedingte oder logistisch bedingte Umladungen stattfinden. Dies hat zwei Implikationen: Auf Seiten der aggregierten Statistik erscheint zusätzliches Mengenaufkommen, und gleichzeitig wird eine geringere Durchschnittsentfernung angezeigt – und das, obwohl in beiden Bereichen die Entfernung zwischen Produzent und Konsument überdurchschnittlich hoch ist. Bisher findet eine Diskussion über die Bedeutung der gebrochenen Verkehre, deren Implikationen für die Modellsensitivität und die notwendige Datenbasis zu ihrer Abbildung nur in Ansätzen statt.



**Abbildung 3: Verkehrsleistung im innerdeutschen Straßengüterverkehr, unterteilt nach Gütergruppen<sup>14</sup>**

### 3.2.2 Beziehung zwischen Globalprognose und speziellen Prognosen

Im bisherigen Modell wurde eine separate Hafenprognose als Input für die Hafen-Hinterlandprognose genutzt.<sup>15</sup> Zunächst ist dies ein grundsätzlich sinnvolles Vorgehen, da hier andere (exogene) Faktoren für die künftige Entwicklung der Verkehrsmengen als beim Binnenverkehr relevant sind. Jedoch ist eine getrennte Prognostik nur dann sinnvoll, solange die Entwicklungen getrennt voneinander verlaufen und der Import/Export noch nicht in einem nennenswerten Maß Binnenverkehre substituiert. Es ist nicht automatisch sichergestellt, dass die nationale Wirtschaft die importierten Güter auch so absorbieren kann bzw. die Exportgüter auch produzieren kann. Hier ist zum einen zu beachten, dass Importe zum Teil bisherige Güterströme substituieren können, zum anderen ist es aber auch denkbar, dass neue Ströme induziert werden, hinter denen relativ geringe Wertschöpfung steht („Basarökonomie“). Darüber hinaus ist es denkbar, dass bei einem signifikanten Anstieg des Interkontinentalhandels neue transportlogistische Strukturen entstehen können, die in Konkurrenz mit den bisherigen Strukturen stehen. Zum Beispiel ist davon auszugehen, dass sich bei einer signifikanten Vergrößerung des Containerumschlages weitere Häfen als Hubs etablieren werden. Dies wäre z.B. dann von Bedeutung, wenn Mittelmeerhäfen Verkehre aus der Nordrange abziehen würden.

<sup>13</sup> Quelle: Rothengatter et al. (2009).

<sup>14</sup> Quelle: ebd.

<sup>15</sup> Vgl. Planco (2007).

In Zukunft sollten diese Zusammenhänge und Restriktionen stärker beachtet werden, da sie Einfluss auf die Realitätsnähe derartiger Sonderprognosen sowie ihre Konsistenz zu den methodisch anders gearteten Güterverkehrsprognoserechnungen haben.

### **3.2.3 Verkehrsmittelwahl**

In der bisherigen Modellbildung wird ein sogenanntes Nested-Logit Modell mit Box-Cox-Transformationen zur Abbildung der Verkehrsmittelwahlentscheidung eingesetzt. Das verwendete Modell ist zwar überaus fein differenziert, aber es sollten ein paar grundlegende Beschränkungen aufgezeigt werden, die zur Beurteilung der erzielten Modellergebnisse wichtig sind:

- Die Formulierung von Logit-Modellen beruht auf zwei Annahmen: Homogenität der Entscheider und Entscheidungsobjekte sowie eine Verfügbarkeit aller Wahloptionen. In einem geeignet formulierten disaggregierten Modell sind diese Bedingungen abbildbar. Dafür sind jedoch entsprechend detaillierte Daten notwendig. Beide Bedingungen sind bei einer aggregierten Betrachtung wie der Globalprognose im Güterverkehr nicht einzuhalten. Hierfür wäre es notwendig, dass die entscheidenden Informationen, z.B. zu Gleisanschlüssen oder der Verteilung der Güterflüsse auf sektoral und regional differenzierter Ebene vorliegen. Dies ist jedoch i.d.R. nicht der Fall, und die vorhandenen disaggregierten Modelle müssen mit stark vereinfachten Daten angewendet werden, wie etwa Mittelwerten. Deshalb wäre im Rahmen von Grundlagenforschung zunächst eine Überprüfung sinnvoll, ob sich nicht mit strukturell einfacheren Güterverkehrsmodellen qualitativ vergleichbare Prognoseergebnisse erzielen ließen. Langfristig müssen die Datengrundlagen verbessert werden, so dass vorhandene Modelle optimiert sowie neue Prognosemethoden getestet und zur Anwendung gebracht werden können (z.B. Wegekettensmodelle mit integrierter Modalwahl, Hypernetzansätze, Kombinationen aus diesen Ansätzen). Hierfür wird mittel- und langfristig ein Forschungsbedarf gesehen (vgl. Abschnitt 6.2).
- Es hat sich gezeigt, dass bei Stated Preference Analysen etwa doppelt so hohe Elastizitäten resultieren wie bei Revealed Preference Analysen. Für die verwendeten Modelle werden zumeist Parameter verwendet, die mit Stated Preference Analysen (i.d.R. Befragungen) ermittelt wurden. Das birgt die Gefahr von systematischen Verzerrungen der Modellergebnisse. Deshalb erscheint es angezeigt, diese Parameter mittels Revealed Preference Analysen abzusichern.
- In der Praxis aber auch im Modell hat die Losgröße einen wichtigen Einfluss auf das gewählte Verkehrsmittel. Dies ist besonders der Fall bei einer Tonnage < 15 Tonnen pro Transportfall. Dieses Segment geht zu fast 100% über den Lkw (eventuell auch über den kombinierten Verkehr, der aber für den Verloader – abgesehen von gewissen Qualitätsmerkmalen – als gleichwertig eingestuft wird). Das Modell würde Modalwähländerungen nur bei relativ großen Änderungen der Angebotsparameter anzeigen. Dies führt zur Frage der empirischen Begründung des Losgrößenmodells und der dahinter stehenden Annahmen. Auch in diesem Fall wäre eine größere Transparenz vonnöten, um eine qualifizierte fachliche Diskussion zu

der Problematik führen zu können. Langfristig könnte auf Basis eines Versenderpanels auch ein Losgrößenwahlmodell kalibriert werden.<sup>16</sup>

- Sobald akzeptiert wird, dass die Losgrößenstruktur einen entscheidenden Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl hat, muss beachtet werden, dass sich diese Struktur im Laufe der Zeit sehr dynamisch zu immer kleineren Transportlosgrößen entwickelt. Dies zeigt auch eine empirische Untersuchung aus Frankreich (siehe Abbildung 4).

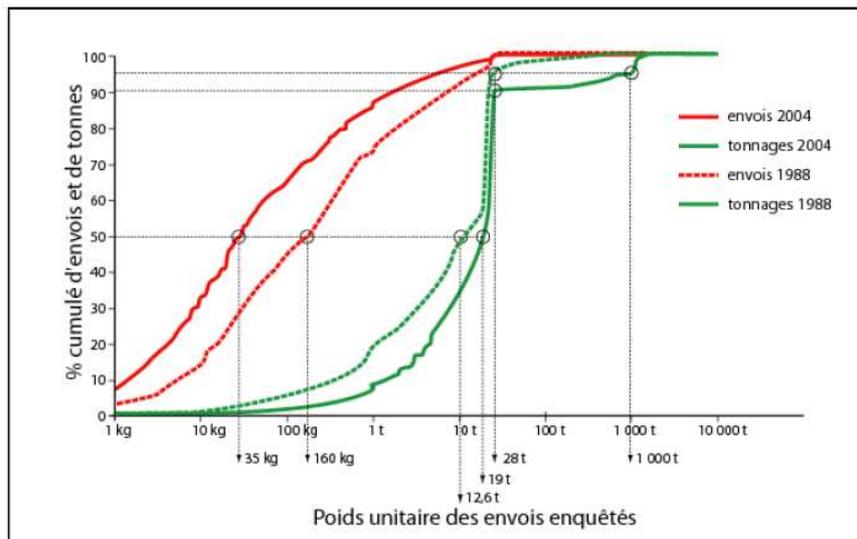


Abbildung 4: Losgrößenverteilung in Frankreich<sup>17</sup>

Umgekehrt bedeutet dies, dass die zu verwendenden Modelle für den Güterverkehr nicht nur Reaktionen auf eine Verbesserung der Schnelligkeit von Verbindungen abbilden müssen, sondern auch auf die Förderung von Marktangeboten zur Bündelung von Transporten reagibel sein sollten.

### 3.3 Besondere Aspekte der Personenverkehrsprognose

In den bisherigen BVWP-Prognosen zum Personenverkehr wurden vollständige Wegeketten nicht abgebildet, da derartige (insbesondere multimodale) Wegeketten in der Vergangenheit einen relativ geringen Stellenwert hatten. Darüber hinaus waren bislang kaum Daten zur empirischen Validierung derartiger Modelle verfügbar (vgl. Abschnitt 7.1.1). Die Abbildung von Wegeketten in Verkehrsmodellen kam ursprünglich aus den städteplanerischen Anwendungen, bei denen der ÖPNV mit den Themen der Netzplanung oder Fahrplangestaltung im Fokus stand. Bis zu einem gewissen Grad erscheint eine Einbeziehung von Wegeketten in die Personenverkehrsprognose unproblematisch. Eisenbahn- und Luftverkehr können unter folgenden Rahmenbedingungen über separate Einspeisungspunkte an die Straßenverkehrsnetze mit angebunden werden, wenn (a) die

<sup>16</sup> Vgl. Park (1995) und Liedtke et al. (2010).

<sup>17</sup> Quelle: Dokumentationsunterlagen zur Untersuchung „ECHO“. Grün markiert ist die kumulierte Gesamttonnage, rot markiert das kumulierte Gewicht von Einzelsendungen.

Verkehrsleistung im Zu- und Ablauf vergleichsweise gering ist und (b) die Flughäfen bzw. Bahnhöfe durch ein ausreichend dichtes ÖPNV und Straßennetz erschlossen sind. Diese beiden Bedingungen sind jedoch immer weniger erfüllt:

Zu (a) Das Volumen des Personenluftverkehrs auch auf innerdeutschen Relationen hat eine nicht mehr zu vernachlässigende Größe erreicht. Ähnlich wie bei den Seehäfen im Güterverkehr erfordert die Anbindung der anderen Personen-Verkehrsträger eine Art von Sonderbehandlung. Eine Folge sind Inkonsistenzen in den verschiedenen Modellschritten. Eine separate Modellierung mit anschließender Aufsummierung der Verkehrsmengen wird daher als problematisch eingestuft. Interdependenzen zwischen den Verkehrsträgern treten bei den aktuellen Verkehrsmengen auf, Konkurrenzsituationen entstehen, was mittel- und langfristig eine Erweiterung der bisher angewandten Methodik erforderlich erscheinen lässt.

Zu (b): Aufgrund des dünner werdenden Eisenbahnnetzes insbesondere in ländlichen Regionen und einer Zentralisierung der Netzstruktur auf die Hauptkorridore ist man bei der Nutzung dieses Verkehrsmittels vermehrt auf Intermodalität angewiesen. Die Abbildung, ob, wie und wo Personenverkehr in ein Netz eingespeist wird, ist ohne ein Wegekettensmodell oder einen Hypernetzansatz schwieriger geworden. Die Problematik kann am Beispiel des Bahnhofs Montabaur deutlich gemacht werden: Der Bahnhof liegt außerhalb der Siedlungsschwerpunkte. Außerdem wird der Bahnhof lediglich durch ein dünnes Nahverkehrsnetz erschlossen. Ein Verkehrsmodell, das diese Anbindung unpräzise abbildet, könnte die Nachfrage an diesem Bahnhof überschätzen und seinen Nutzen überbewerten. Auch hier wird mittel- und langfristig Forschungsbedarf zur Verbesserung der Modellierungsmethodik gesehen.

### **3.4 Konsistenzprobleme**

Das bisherige BVWP-Verfahren ist sehr stark an plausiblen Umlegungsergebnissen interessiert. Obwohl teilweise sehr gute Teilmodelle eingesetzt werden, kann es trotz einer engen Verzahnung zu Konsistenzproblemen kommen, die einen Einfluss auf die Projektbewertung haben.

#### **3.4.1 Inkonsistenzen zwischen den Verhaltensmodellen „Routenwahl“ und „Verkehrsträgerwahl“ und dem Bewertungsmodell**

Nutzendifferenzen werden auf der Ebene von Umlegungsrechnungen oder den Verkehrsmengen der einzelnen Verkehrsträger ermittelt. Bei der anschließenden Projektbewertung ist einerseits zu berücksichtigen, welche Verbesserungen ein Projekt für die bisherigen Nutzer einer Strecke oder eines Verkehrsmittels haben. Andererseits gilt es, den Nutzen für die wechselnden Nutzer zu bestimmen. In der Dokumentation zum aktuellen BVWP heißt es hierzu, dass die Differenz der Transportkosten des abgebenden und des aufnehmenden Verkehrsmittels bewertungsrelevant seien.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> BVU / IVV / Planco (2003).

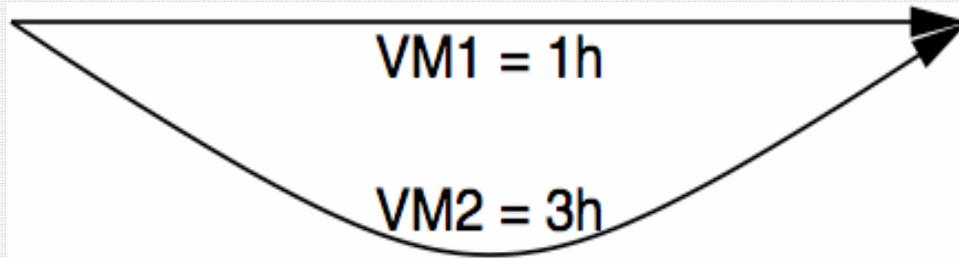
Dieses Vorgehen ist aus dreierlei Gründen methodisch fragwürdig:

- Abbildung nicht linearer Kostenfunktionen: Aus dem Personenverkehr ist bekannt, dass Zeitkosten pro Zeiteinheit mit zunehmender Reisezeit und zunehmenden monetären Reisekosten steigen.<sup>19</sup> Auf der Ebene absoluter Gesamtfahrzeitdifferenzen lassen sich kaum Aussagen über den Projektnutzen formulieren. Das bedeutet, dass im bisherigen pauschalen Bewertungsverfahren fernverkehrswirksame Maßnahmen (z.B. für eine ICE Strecke) im Vergleich zu nahverkehrswirksamen Maßnahmen, bei denen sehr viele Nutzer eine minimale Zeiteinsparung haben, möglicherweise unterbewertet werden.
- Die Bewertung des hinzukommenden (zusätzlichen) Verkehrs mit der Differenz der Transportkosten (Durchschnittskosten) vernachlässigt, dass der letzte wechselnde Nutzer praktisch indifferent war (vgl. hierzu auch die Erklärungen zur „rule of the half“ in Kasten 1).
- Unplausible Ergebnisse: Es lassen sich leicht pathologische Fälle konstruieren, bei denen die (Verkehrsmittel- und Routen-)Wahlmodelle der Individuen nicht mit den Bewertungsregeln übereinstimmen, wie in Kasten 1 demonstriert wird. Ein im Rahmen der aktuell implementierten BVWP-Prognose- und Bewertungsmethodik auch kurzfristig leicht umzusetzendes Vorgehen wäre, die sog. „rule of the half“ für die Bewertung anzuwenden. So wäre der Nutzen hinzukommender Verkehre – ob auf Ebene der Kanten, verkehrsträgerbezogenen OD-Matrizen oder auf Netzebene – mit der Hälfte der Kosteneinsparungen zu bewerten (siehe Kasten 1). Eine Bewertung auf übergeordneter Modellebene wäre aus Konsistenzgründen vorzuziehen – im Idealfall im Rahmen des übergeordneten Entscheidungsmodells. Ist dies bekannt, kann langfristig auf die vereinfachende „rule of the half“ verzichtet werden.

Anhand des folgenden Beispiels soll erläutert werden, wie Inkonsistenzen zwischen Verhaltensmodell und Bewertung zu einem unplausiblen ökonomischen Bewertungsergebnis führen können. Das Beispiel bezieht sich auf die Verkehrsmittelwahl, es ließe sich aber analog auch für andere Wahlmodelle z.B. zur Routenwahl konstruieren. Es ist rein didaktischer Natur und daher stark vereinfachend, entspricht aber der Logik der tatsächlich verwendeten Modelltypen. Aufgrund des Fehlens von Angaben über tatsächlich verwendete Modellparameter der Verhaltensmodelle in den Dokumentationen wäre eine Konstruktion realistischerer Beispiele ohnehin kaum möglich.

**(1) Szenario:** Startpunkt ist folgendes Szenario:

- Nachfrage 1 000 000 Einheiten pro Jahr auf einer gegebenen Relation
- Verkehrsmittel 1 (VM1) benötigt dafür 1 Stunde
- Verkehrsmittel 2 (VM2) benötigt dafür 3 Stunden



**(2) Verhaltensmodell:** Dieses Modell beschreibt die Aufteilung der Nachfrage auf die beiden Verkehrsmittel. Die verwendeten Modelle sind vom Logit-Typ, welcher die Eigenschaft hat, dass ein Teil der Nachfrager auch die langsamere Alternative verwendet. So könnte sich folgende konkrete Aufteilung ergeben:

- Verkehrsfluss auf VM1: 950 000/Jahr
- Verkehrsfluss auf VM2: 50 000/Jahr

**(3) Maßnahme:** Durch eine Maßnahme wird nun die Fahrzeit des VM2 auf 2 Stunden verkürzt. Gemäß dem Verhaltensmodell verlagert sich durch diese Verbesserung ein Teil des Verkehrs von VM1 auf VM2 (ohne induzierten Verkehr). Daraus könnte sich bspw. folgende Verteilung ergeben:

- Neuer Verkehrsfluss auf VM1: 860 000/Jahr
- Neuer Verkehrsfluss auf VM2: 140 000/Jahr

**(4) Bewertung:** Die Bewertung im Sinne des BVWP-Verfahrens setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:

Komponente	Rechnung	Resultat	Kommentar
Die Altnutzer auf VM2 werden von 3h auf 2h beschleunigt, erfahren also eine Nutzenveränderung von	$50\ 000/\text{J} \times 1\text{h}$	+ 50 000h/J	
Die Wechsler von VM1 nach VM2 werden von 1h auf 2h verlangsamt, erfahren also eine Nutzenveränderung von	$90\ 000/\text{J} \times (-1\text{h})$	- 90 000h/J	
<b>Insgesamt beträgt die durch das Projekt induzierte Nutzenveränderung</b>		<b>- 40 000h/J</b>	<b><i>Es entstünde ein volkswirtschaftlicher Verlust.</i></b>

<sup>19</sup> Vgl. z.B. Axhausen et al. (2008), Shires / de Jong (2009), Wardman (2004).

Dieser Verlust an Reise- bzw. Transportzeiten wäre nun zu monetarisieren.

**(5) Diskussion:** Die ökonomische Theorie argumentiert,<sup>20</sup> dass auch den Wechslern ein Nutzengewinn entstanden sein muss:

- VM2 stand auch für die Wechsler vorher schon zur Verfügung, wurde aber nicht benutzt, wurde also schlechter als VM1 wahrgenommen.
- Durch die Maßnahme hat sich VM1 nicht verändert. Die Tatsache, dass 90 000 Nutzer auf VM2 gewechselt sind, bedeutet also, dass diese nun VM2 *besser* als VM1 wahrnehmen. Diesen 90 000 Nutzern muss demnach durch die Maßnahme ein Nutzengewinn entstanden sein.

**(6) „Rule of the half“:** Eine pragmatische Näherung des Nutzens für die Wechsler wird durch die „rule of the half“ beschrieben. Diese Regel besagt, dass die Neunutzer (= Wechsler) im Mittel pro Kopf den halben Nutzenzuwachs der Altnutzer erfahren. Die der „rule of the half“ zugrunde liegende Logik kann vereinfacht so erklärt werden: Der erste neu hinzukommende Wechsler hat einen Nutzengewinn in voller Höhe der Nutzenzuwächse. Der letzte hinzukommende Nutzer dagegen ist (fast) indifferent zwischen den beiden Alternativen, sein Zusatznutzen ist nahe Null. Nimmt man einen linearen Verlauf der Nachfragekurve an, ergibt sich im Durchschnitt für jeden neu hinzugekommenen Nutzer  $\frac{1}{2}$  der Nutzenzuwächse der Altnutzer. Mit diesem Ansatz

- werden die Altnutzer auf VM2 von 3h auf 2h beschleunigt, erfahren also unverändert eine Nutzenveränderung von  $50\,000/\text{J} \times 1\text{h} = + 50\,000\text{h}/\text{J}$ ,
- erfahren die Neunutzer auf VM2 pro Kopf im Mittel die Hälfte dieser Nutzenveränderung, demnach  $90\,000/\text{J} \times 0.5\text{h} = + 45\,000\text{h}/\text{J}$ .

Insgesamt beträgt die durch das Projekt induzierte Nutzenveränderung nun  $+ 50\,000\text{h}/\text{J} + 45\,000\text{h}/\text{J} = + 95\,000\text{h}/\text{J}$ .

Veränderungen auf dem abgebenden Verkehrsmittel werden in erster Ordnung *gar nicht* berücksichtigt.

Die „rule of the half“ ist aus vielen Gründen nur eine Näherung, und weitere methodische Verbesserungen sind möglich. Sie ist aber deutlich robuster gegenüber Veränderungen des Verhaltensmodells in der Prognose, und daher nach Auffassung der Autoren ein sehr guter Ausgangspunkt eines verbesserten Bewertungsverfahrens.

**(7) Netzeffekte:** Es ist bekannt, dass das einfache ökonomische Modell im Zusammenhang von (Verkehrs-)Netzen nicht mehr gültig ist, weil sich so genannte Netzeffekte ergeben:

---

<sup>20</sup> Vgl. z.B. Powell (2001), S. 150.

- Kanten stromaufwärts und stromabwärts von verbesserten Verbindungen werden stärker als vorher belastet, was für die dortigen Altnutzer zu volkswirtschaftlichen Verlusten führt.
- Kanten parallel von verbesserten Verbindungen werden schwächer als vorher belastet, und das führt zu volkswirtschaftlichen Gewinnen für deren Nutzer.
- Aufgrund der geschilderten Kostensteigerungen bzw. -reduktionen auf anderen Routen wird ein weiteres Wechseln ausgelöst. Diese indirekten Effekte werden mit zunehmender Entfernung jedoch immer kleiner.

**(8) Erweiterte Anwendung der „rule of the half“:** Um auch die Nutzenänderungen durch Netzeffekte zu berücksichtigen, wird die „rule of the half“ auch auf alle anderen Kanten angewendet. Der Nutzengewinn der bisherigen Nutzer errechnet sich aus der Kostendifferenz vor und nach der Durchführung einer Maßnahme. Neu hinzukommenden Nutzern wird nach der „rule of the half“ ein Nutzenvorteil zugeordnet. Wegfallende Nutzer werden nicht betrachtet, da diese ja Wechsler sind und ihr Wechseln eine positive Nutzendifferenz als Ursache hatte.

**(9) Messung auf einer übergeordneten Ebene:** Statt Nutzendifferenzen entlang der Kanten aufzusummieren, können alternativ gleich die Fahrzeiten auf den mode-spezifischen OD Relationen betrachtet werden. Hierbei können nichtlineare Zusammenhänge zwischen Kosten- und Zeitkomponenten in der Nutzenfunktion berücksichtigt werden. Auf einer wieder höher gelagerten Ebene können Nutzendifferenzen auch aus dem Verkehrsmittelwahlmodell bestimmt werden. Hierfür kann weiterhin entweder die „rule of the half“ verwendet werden oder aber ein anderer geeigneter Aggregations-Operator (bei hierarchischen-Logit-Modellen ist dies der sogenannte Logsum-Term).<sup>21</sup>

**Kasten 1: Didaktisches Beispiel zur Notwendigkeit der Konsistenz zwischen Verkehrsmodell und Bewertung unter Rückgriff auf die „rule of the half“**

### 3.4.2 Induzierter Verkehr

In Projekten wird der Nutzen des induzierten Verkehrs nur mittels Zuschlagfaktoren berücksichtigt. In diesen Faktoren spiegelt sich zum einen wider, dass der Nutzen für den letzten induzierten Nutzer gleich Null ist (siehe die Erklärungen zur „rule of the half“ in Kasten 1). Andererseits sind auch schon die negativen Umweltwirkungen abgebildet. Bei den Zuschlagsfaktoren spiegelt sich allerdings die Quelle des induzierten Verkehrs nicht wider. Je nachdem, welchen Ursprung verlagerter Verkehr hat, müssen die Zuschlagsfaktoren anders bestimmt werden. Auch hier hilft, die Bewertung auf einer übergeordneten Ebene vorzunehmen. Konkrete Vorschläge zum künftigen Umgang mit der Problematik des induzierten Verkehrs werden in Abschnitt 5.5 vorgestellt.

Eine bessere Abbildung des induzierten Verkehrs ist künftig vor allem bei der Bewertung von Maßnahmen erforderlich, welche die Lebensmuster der Reisenden verändern. Dies hat Auswirkungen

---

<sup>21</sup> Vgl. z.B. de Jong et al. (2005).

auf die Verkehrsentstehung und -verteilung. Beispiele hierfür sind Low-Cost-Carrier im Luftverkehr oder ICE-Schnellverkehre. Der Nutzen, der durch solch massive strukturelle Veränderungen und den dadurch entstehenden induzierten Verkehr entsteht, lässt sich nur dann gut quantifizieren, wenn das Verkehrsmodell auch die der Verkehrsaktivität vorgelagerten Entscheidungen in einer integrierten Weise mit berücksichtigt.

### **3.4.3 Sukzessivumlegung vs. Gleichgewichtsverfahren**

Im Jahre 2003 wurde bei der Bundesverkehrswegeplanung für den Straßensektor eine Sukzessivumlegung angewandt. Die Vorteile dieser Umlegungsmethodik liegen in der Schnelligkeit. Außerdem findet das Verfahren immer zu einer Lösung. Eine „geschickte“ Wahl der Reihenfolge der umgelegten Nachfragesegmente lässt unterschiedliche Präferenzen der Nutzergruppen in Bezug auf Zeit oder Straßentypen realitätsnah nachbilden (z.B. Lkw werden als erstes umgelegt, so fahren diese überwiegend auf den kürzesten Routen; dies spiegelt das Verhalten dieser Nutzergruppe insbesondere bei Nacht und im „Mittagsloch“ wider, und Lkw fahren nahezu gleichmäßig verteilt über den Tag). Erfahrenen Modellierern ist es somit möglich, mithilfe von Sukzessivumlegungen die mittleren gemessenen Verkehrsbelastungen sehr gut abzubilden, ohne dass dahinter ein bestimmtes, verhaltensbasiert kalibriertes Routenwahlmodell steht.

Den Vorteilen der Sukzessivumlegung stehen allerdings Nachteile gegenüber: Im Verfahren werden Verhaltensmodell, Umlegungstechnik und Bewertung auf unzulässige Weise miteinander vermischt, was zu den oben geschilderten Konsistenzproblemen führen kann. Je nach Reihenfolge der Umlegung erfolgt eine andere Lösung. Jede unterschiedliche Lösung wiederum beinhaltet andere Routenwahlen für verschiedene Nachfragegruppen. Weiterhin können nicht alle Nachfrager im Netz als Folge von Stauwirkungen Ausweichmöglichkeiten suchen. Dadurch entsteht das Problem, dass sich sowohl im Ausgangspunkt als auch nach Implementierung einer Maßnahme das System nicht in einem eingeschwungenen Zustand befindet.

Aus den genannten Nachteilen gelten Sukzessivumlegungen für den Straßenbereich inzwischen als veraltet und sollten nur noch in Ausnahmefällen verwendet werden. Angesichts verbesserter Rechnerleistung stellen die Rechenzeiten bei alternativen Verfahren, z.B. Gleichgewichtsumlegungsverfahren, kein grundsätzliches Problem mehr dar. Erste zumeist negative Erfahrungen mit Gleichgewichtsumlegungen zu Beginn der 2000er Jahre sind kein Grund, dieses Verfahren generell für die Anwendung auszuschließen. Im Gegenteil: Weltweit sind Gleichgewichtsverfahren der etablierte Standard für Umlegungen im Straßenbereich. Problematisch könnte es allerdings dann werden, wenn das Straßennetz sehr fein abgebildet ist und die lokalen Verkehrsströme auch in der gleichen Feinheit modelliert werden, wie Fernverkehre. In diesem Fall ist die Rechenzeit tatsächlich ein limitierender Faktor. Außerdem können bei Modellen mit dynamischer Umlegung multiple Gleichgewichte resultieren. Lösungen für diese Probleme müssen deshalb unter Berücksichtigung der anderen Ausgestaltungsvarianten des Modellsystems gewählt werden. Eine Mischung aus Gleichgewichtsverfahren und Heuristiken scheint hierfür geeignet zu sein.

Im Bereich der Bahn, bei der Elemente der Optimierung einfließen (Leitwege, Korridore, Linien, Taktverkehre, Priorisierungen, Entmischung der Verkehre) ist dagegen eine Sukzessivumlegung möglicherweise eine bessere Wahl als ein Gleichgewichtsverfahren. Es wird daher empfohlen, in den Ausschreibungen explizit die Anforderung an potentielle Fachgutachter zu stellen, die Auswahl des Umlegungsverfahrens detailliert zu begründen.

### **3.4.4 Rückverlagerung**

In der letzten Bundesverkehrswegeplanung wurden in der Globalprognose so hohe Belastungen des Schienennetzes modelliert, dass das Schienennetz die Ströme praktisch nicht aufnehmen konnte. Aus diesem Grund wurde ein Teil der Bahnverkehre wieder auf die Straße zurückgelegt. Dies führte zu einer Reihe von indirekten Auswirkungen:

- Logistiker meinten, dass die Schiene gar keine neuen Verkehre mehr aufnehmen könne, und es entstand der Eindruck, dass es sich gar nicht lohne, perspektivisch auf diesen Verkehrsträger zu wechseln.
- Das System befand sich spätestens ab der Rückverlagerung in einem inkonsistenten Zustand. Die Ableitung von Nutzen für wechselnde Reisende ist praktisch nicht mehr sinnvoll möglich.
- Die Annahmen zu Kapazitätsgrenzen sind teilweise unlogisch: Bis zu einem gewissen Grad können die Infrastrukturunternehmen durchaus für mehr Kapazitäten sorgen, beispielsweise durch den Bau von Überholgleisen, neuen Leitwegen des Güterverkehrs, Erweiterung der Öffnungszeiten, Entmischung der Verkehre, kleine Investitionen bei lokalen Engpässen. Bei einer pauschalen Rückverlagerung an starren Kapazitätsgrenzen wird überhaupt nicht klar, wie an bestimmten Stellen des Netzes ein Druck zu einem sinnvollen Ausbau erzeugt wird.

Das Problem der Rückverlagerung zeigt deutlich das Problem einer mangelnden Rückkoppelung zwischen der Globalprognose, der Modalwahl und der Umlegung. Es ist deshalb mittel- und langfristige wichtig, das Verkehrsmodell als ein Modellsystem zu konzipieren, bei dem die einzelnen Komponenten miteinander in definierter Weise interagieren (vgl. hierzu auch Abschnitt 7.1.2). Separate Globalprognosen sollten künftig nicht mehr als starre Vorgabe an die Verkehrsmodell-Module betrachtet werden. Stattdessen sollten die einzelnen Verhaltensparameter der Verkehrsmodelle je nach Szenario so angepasst werden, dass bestimmte, als realistisch erscheinende Kennwerte getroffen werden. Ein idealisiertes Vorgehen hierfür ist z.B. in Heinitz und Liedtke (2009) skizziert.

## 4 Prozessorganisation und Qualitätsmanagement – Weiterentwicklungsvorschläge

Aus den aufgezeigten Defiziten ergibt sich die Empfehlung, die Ablauf- und Prozessorganisation des BVWP-Verfahrens zu reformieren. Die Schwerpunkte der Verbesserungsvorschläge dieses Berichtes liegen zum einen auf einer zeitlich und sachlich optimierten Prozessorganisation, zum anderen auf einer höheren Transparenz des Verfahrens, die für die Einführung einer Qualitätskontrolle sowie zur Weiterentwicklung der Prognosemethodik von hoher Bedeutung ist.

Das Qualitätsmanagement (QM) ist vor dem eigentlichen Beginn des Prozesses (Workflow) der Bundesverkehrswegeplanung zu installieren. Es kann damit also unmittelbar begonnen werden. Zudem liegen bereits Erfahrungen mit der Qualitätssicherung für Verkehrsprognosen vor (vgl. Abschnitt 4.4), auf die auch für das BVWP-Verfahren zurückgegriffen werden kann.

Generelles Ziel eines QM für die Prognosen und Bewertungen im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung ist die Sicherstellung:

- der Anwendung des modellierungstechnischen State-of-Practise <sup>22</sup>
- der Nachvollziehbarkeit des Entstehens der Ergebnisse
- der Plausibilität der Ergebnisse.

Die Anwendung des QM kann in drei (zeitlichen) Ebenen gesehen werden.

1. Im Vorfeld zu den eigentlichen Prognose- und Bewertungsarbeiten zum BVWP ist der gesamte Prozess zu beschreiben; dabei sind auch Bearbeitungsrisiken zu skizzieren. Diese betreffen z.B. verfügbare Daten und Schnittstellen zwischen den einzelnen Arbeitsbereichen. Für die als kritisch eingestuften Arbeiten sind Rückfallebenen, methodische Alternativen etc. zu erarbeiten. Dies können bei der Verwendung von neueren Daten und Modellen z.B. die bisher verwendeten Modellierungstechniken sein. Erkenntnisse aus diesem Prozess gehen auch in die Leistungsbeschreibungen für die BVWP-Ausschreibungen ein (z.B. Einforderung alternativer Bearbeitungsansätze).

2. Das Qualitätsmanagement begleitet den Prozess der Erarbeitung der Bundesverkehrswegeplanung (Prozessevaluation). Hierbei soll nicht die Kontrolle im Vordergrund stehen, sondern die wissenschaftliche Begleitung und Diskussion. Ziel ist es dabei auch, aus Fehlern zu lernen, was eine offene, konstruktive Diskussion voraussetzt. Diese Art der Prozessbegleitung wird als aktivierende

---

<sup>22</sup> Als Anhaltspunkt für diesen State-of-Practise können die aktuellen auf dem Markt befindlichen Standardpakete von kommerziellen Anbietern dienen.

Evaluation bezeichnet. Den wissenschaftlichen Experten und Auditoren (vgl. Abschnitt 4.3) kommt hierbei eine federführende Rolle zu.

3. Auf der dritten Stufe steht die Ergebnisevaluation, die am Ende einzelner Arbeitsschritte bestätigt, dass die erzielten (Zwischen-)Ergebnisse so valide sind, dass mit den folgenden, auf sie aufbauenden Arbeitsschritten begonnen werden kann, d.h. die Schnittstelle funktionsfähig erstellt ist.

Geht man von einem externen Koordinator aus, der ein umfassendes Fachwissen hat, das alle Arbeitsstufen und ihr Zusammenspiel betrifft (vgl. hierzu Abschnitt 4.2), so ist dieser Fachkoordinator insbesondere für die Stufen 1 und 3 verantwortlich. Hier steht das Erfahrungswissen aus der praktischen Bearbeitung großer Planungsaufgaben wie der Bundesverkehrswegeplanung im Vordergrund, das von dem externen Fachkoordinator zwingend eingebracht werden muss. Im Bereich der Prozessevaluation, insbesondere im Rahmen der derzeitigen Organisation des Verfahrens, sind dagegen unabhängige wissenschaftliche Experten (vgl. hierzu Abschnitt 4.3) unabdingbar, da hier ggf. firmeninternes Know-How der Fachgutachter diskutiert wird.

Es ist davon auszugehen, dass bei rechtzeitiger Implementierung des QM eher Zeit bei der Erarbeitung des BVWP eingespart wird, da schwierige Entscheidungen und Arbeitsschritte bestmöglich vorbereitet sind und die gewählte Methodik von einer breiten wissenschaftlichen Basis getragen wird.

Die zahlreichen inhaltlichen und organisatorischen Details eines solchen QM sind im Folgenden beschrieben.

#### **4.1 Prozess- und Qualitätssteuerung / -kontrolle durch das BMVBS: grundsätzlicher Lösungsansatz**

Bislang nahm das BMVBS in erster Linie über die Diskussion und Abstimmung von zentralen Annahmen, Dateninputs etc. mit den Fachgutachtern Einfluss auf die Koordination und Qualitätssicherung des BVWP. Diese zentrale Rolle des Hauses für die Prozess- und Qualitätssteuerung sollte mittel- und langfristig ausgebaut werden. Voraussetzung hierfür wäre der Ausbau der dafür benötigten personellen Ressourcen. Das entsprechende methodische Know-How sollte permanent (im BMVBS selbst oder eng angebotenen Institutionen) vorgehalten werden; ggf. sollte über die Gründung eines entsprechenden (Stabs-)Bereichs nachgedacht werden. Auch aus anderen Staaten wie der Schweiz, den Niederlanden, Österreich und Großbritannien sind entsprechende institutionelle Arrangements zur Konzentration der Modellierungsexpertise bekannt.

Darüber hinaus ist eine größtmögliche Transparenz des BVWP-Verfahrens anzustreben. Hierbei ist insbesondere die Offenlegung aller verwendeten Datengrundlagen, Modelle, ihrer Parameter und deren Quellen zu nennen. Gleichfalls sind händische Eingriffe zur verbesserten Anpassung von Modellergebnissen an die Realität zumindest ihrer Art nach zu dokumentieren. Die Einsichtnahme in die verwendeten Daten, Methoden und (Teil-)Ergebnisse ist erstens für eine objektive Qualitätskontrolle der Prognoseergebnisse durch hausinterne und/oder -externe Experten zwingend

nötig. Sie ist wichtigste Voraussetzung für die Beurteilung der Konsistenz von Teilergebnissen verschiedener Modellierungsstufen, die neben der Realitätsnähe der Ergebnisse, die nur ex post festzustellen ist, ein zentrales Qualitätsmerkmal von Verkehrsprognosen darstellt. Die Beurteilung der internen Modellkonsistenz ist deshalb von höchster Wichtigkeit, weil – im Gegensatz zu Modellergebnissen für den Ist-Fall – die Realitätsnähe von prognostizierten Verkehrsmengen bei einem 25-Jährigen Zeithorizont nicht (ex ante) mit Plausibilitätsüberlegungen festgestellt werden kann. Zweitens ermöglicht ein hohes Maß an Transparenz erst die fundierte Diskussion in der Fachwelt, die mit konstruktiver Kritik zur weiteren Verbesserung der angewandten Methodik beitragen kann. Drittens kann nur mit einem hohen Grad an Transparenz der Wettbewerb um Einzellose des Prognoseverfahrens gesichert bzw. hergestellt werden. Auch die positiven internationalen Erfahrungen z.B. aus der Schweiz und Großbritannien, die jeweils über sehr gut dokumentierte, öffentlich zugängliche nationale Verkehrsmodelle verfügen, sprechen für ein solches Ziel. Diese internationalen Beispiele weisen auch deutlich darauf hin, dass die aufgezeigten Reformschritte zweifelsfrei umsetzbar sind.

Kurzfristig könnte das Ziel der stärkeren unmittelbaren Prozesskoordination durch das BMVBS selbst nicht umsetzbar sein, da es eines gewissen zeitlichen Vorlaufs zur Umsetzung dieser Reformen bedarf. In diesem Fall, von dem im Folgenden ausgegangen wird, ist als Zwischenlösung der Einbezug eines externen Fachkoordinators zu empfehlen. Der Fachkoordinator hat das BMVBS beim Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems sowie operativ bei der Steuerung und Abstimmung der Arbeiten einzelner Fachgutachter zu unterstützen (mehr dazu in Abschnitt 4.2). Darüber hinaus sollten in jedem Falle unabhängige, externe Wissenschaftler zur Unterstützung des BMVBS bei der Qualitätssicherung für das BVWP-Prognoseverfahren eingesetzt werden. Diese nehmen auch Auditorenfunktionen wahr. Sowohl eine allgemeine kritische wissenschaftliche Begleitung des Prozesses als auch seine (i.d.R.) formalisierte Auditierung / Evaluierung sind heute bei einer Vielzahl unterschiedlichster Projekte als Standard etabliert, von der EU-Forschungsförderung bis hin zu privatwirtschaftlichen Betreiber-/Konzessionsmodellen. Eine Orientierung an diesem Standard in Form einer stärkeren Einbindung unabhängiger externer Fachexpertise wird auch langfristig als unverzichtbar für die Qualitätssicherung von Verkehrsprognosen und der Bewertung im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung angesehen (mehr dazu in Abschnitt 5.3).

## **4.2 Vorschlag zum Einbezug eines externen Fachkoordinators**

Der externe Fachkoordinator nimmt eine Koordinations- und (prozessuale) Qualitätssicherungsfunktion wahr. Er ist (mit seinem Team) in erster Linie verantwortlich für eine bessere Abstimmung der einzelnen Stufen des BVWP-Gesamtprozesses, von den Strukturdaten bis zur Bewertung. Das betrifft beispielsweise die Datenübergabe und konkrete Zeitpläne. Aufgrund seiner „Schiedsrichterfunktion“ trägt er zur Konfliktvermeidung zwischen den an der BVWP-Prognose beteiligten Gutachtern bei. Darüber hinaus unterstützt und berät der externe Fachkoordinator das BMVBS auch bei der Aufstellung des Bearbeitungskonzeptes für die Fachgutachter sowie der konkreten Ausgestaltung des Qualitätsmanagement-Systems.

Denkbare Koordinatoren müssen ausgewiesene Fachexperten mit eigenen Erfahrungen in der Verkehrsmodellierung und -bewertung sein, um die Bearbeitungsqualität (z.B. von Datenlieferungen an Schnittstellen) beurteilen zu können. Parallel sollte BMVBS-intern das vorhandene methodische Know-how ausgebaut und vertieft werden, um diese Rolle mittelfristig überwiegend selbst übernehmen zu können. Die hierfür notwendigen organisatorischen und personellen Voraussetzungen müssten geschaffen werden.

Behält man (kurzfristig) den stufenförmigen, modularen Ablauf der Prognosemethodik bei, soll der Fachkoordinator auch zu einer stärkeren horizontalen und vertikalen Verkopplung der verwendeten Teilmodelle beitragen. Die bessere Abstimmung der Teilelemente der Prognose ist als wichtiger als eine weitere Feinoptimierung der vorhandenen Modelle einzuschätzen. Bei Fortführung der Trennung der Prognoseschritte sollte es mindestens eine Rückkopplungsschleife zwischen verkehrsträgerspezifischen Umlegungen und Globalprognose zur Berücksichtigung der Wirkungen von Kapazitätsrestriktionen auf die Verkehrsnachfrage geben. Wie auch aus den im Rahmen des Projektes geführten Experteninterviews hervorging, sind die Modal-Split- und Umlegungsrechnungen aufgrund der fortgeschrittenen Leistungsfähigkeit der Computertechnik heute nicht mehr so zeitintensiv wie früher, so dass derartige Rückkopplungsschleifen kein grundsätzliches zeitliches Hindernis darstellen. Mit diesen Rückkopplungen können auch die im bisherigen Verfahren nicht oder nicht ausreichend berücksichtigten Wirkungen des induzierten Verkehrs und der intermodalen Ketten (besser) dargestellt werden. Auch eine deutliche Verbesserung der Konsistenz der Modellierungsergebnisse einzelner Prognosestufen ist zu erwarten.

Wegen seiner Sonderrolle sollte der externe Fachkoordinator möglichst zeitlich vor den Einzellosen der Prognoseschritte benannt werden, und ein Teilnahmeverbot für die Bewerbung um diese sollte gelten. Aufgrund potentieller Interessenskonflikte sollte der Fachkoordinator nicht an der konkreten Auswahl der einzelnen Fachgutachter durch das BMVBS beteiligt werden.

Falls mittel- und langfristig ein stärker über die klassischen Schritte der Verkehrsprognose (Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung, Verkehrsaufteilung, Umlegung) und die Nachfragesegmente (Güter- und Personenverkehr) integrierter Modellansatz zum Tragen kommt, verringern sich bei adäquater Ausgestaltung der Modellphilosophie die hier beschriebenen Koordinationsaufgaben. Einen entsprechenden parallelen Know-How-Aufbau im BMVBS vorausgesetzt, können verbleibende Steuerungsaufgaben dann vollständig hausintern wahrgenommen werden.

### **4.3 Vorschlag zum Einbezug von wissenschaftlichen Experten und Auditoren**

Unabhängig vom Einsatz eines externen Fachkoordinators wird der Einbezug von wissenschaftlichen Experten in den BVWP-Prozess dringend empfohlen. Es sollte eine Expertengruppe aus (ca. zwei bis drei) unabhängigen Wissenschaftlern etabliert werden, die das BMVBS (auch langfristig) bei der Qualitätskontrolle und der methodischen Weiterentwicklung berät. Darüber hinaus sollen die wissenschaftlichen Experten Hilfestellung bei der Auswahl und der Kontrolle von Koordinator und der Fachgutachter durch das BMVBS leisten, z.B. durch Zuarbeit zu Ausschreibungstexten. Weiterhin

stehen sie dem BMVBS und dem Fachkoordinator zur Diskussion spezieller fachlicher Fragestellungen zur Verfügung.

Neben dieser allgemeinen fachlichen Beratung des BMVBS hat der Begleitkreis aber auch im Rahmen eines Auditoren-Modells die Aufgabe, gemeinsam und in Abstimmung mit dem BMVBS die Daten, Modelle, Parameter und (Teil-)Ergebnisse der einzelnen Modellstufen auf Konsistenz und Validität zu überprüfen. Dabei geht es in erster Linie um eine offene, konstruktive Diskussion der gewonnenen Ergebnisse mit den Fachgutachtern und dem BMVBS unter besonderer Berücksichtigung der Aspekte Anwendung des wissenschaftlichen State-of-Practise, Nachvollziehbarkeit des Vorgehens sowie Plausibilität der Ergebnisse. Da Modellierungsdetails von den beteiligten Fachgutachtern z. T. als Unternehmensgeheimnis betrachtet werden, die aus Wettbewerbsgründen auch für einen externen Fachkoordinator nicht zugänglich sind, und vom BMVBS (zumindest bislang) keine diesbezüglichen Transparenzvorgaben erfolgt sind, erscheint die Umsetzung eines funktionierenden Qualitätsmanagementsystems gegenwärtig nur durch den Einsatz unabhängiger wissenschaftlicher Experten leistbar. Auch abgesehen von dieser Problematik sollte bei so komplexen Planungsprozessen wie der Erstellung von BVWP-Prognosen nicht auf die (zusätzliche) Expertise der Wissenschaft verzichtet werden.

Prinzipiell ist ein derartiges Auditoren-Modell sowohl bei Beibehalten der Einzellose für Fachgutachter (vergleichbar zu bisherigen Bearbeitungsschritten der Prognose), als auch bei stärker integrierten Verfahren sinnvoll und anwendbar. Bei Einsicht in unternehmensinterne Modelle und Modellspezifikationen wird eine Selbstbeschränkung der unabhängigen wissenschaftlichen Experten notwendig (z.B. für einen bestimmten Zeitraum keine Mitwirkung an künftigen BVWP-Prognoseverfahren als Fachgutachter). Die Ausschreibung für die wissenschaftlichen Experten sollte möglichst früh stattfinden, damit eine Beratung des BMVBS hinsichtlich der weiteren Ausschreibungen möglich ist. Da diese Beratungsleistungen im Einzelfall schlecht kontrahierbar sind, wird empfohlen, den entsprechenden Verträgen in erster Linie Zeitkontingente zugrunde zulegen.

#### **4.4 Vorschlag zur Einführung eines standardisierten Verfahrens zur Qualitätskontrolle**

Für die Qualitätssicherung kann mittel- und langfristig auch ein (teil-)standardisiertes Verfahren eingesetzt werden, das eindeutig definierte Prüfgrößen und -kriterien für alle Teilschritte der Modellierung umfasst und so die Objektivität und Vergleichbarkeit der Evaluierung von Modell- und Prognosequalitäten sicherstellt. So würde es möglich, vor Beginn des Prognoseprozesses Qualitätsziele zu definieren, die mittels der tatsächlichen Modellergebnisse abgeprüft werden können. Es wird empfohlen, sich bei der Entwicklung eines solchen Standardverfahrens eng an den Ergebnissen des Projektes QUALIVERMO („Qualitätssicherung für Verkehrsmodelle und Verkehrsprognosen des österreichischen Autobahn- und Schnellstraßennetzes mit Entwicklung eines Merkblattes für Ausschreibungen und Qualitätskontrolle“) zu orientieren, das aktuell im Auftrag des österreichischen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und der

Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG) durchgeführt wird.<sup>23</sup> Für diesen Bericht liegt ein interner, sehr weit fortgeschrittener Merkblattentwurf vor. Struktur und wesentliche Inhalte des Merkblattentwurfs sind in Abbildung 5 dargestellt.

Das Projekt QUALIVERMO wird durch den Arbeitsausschuss Verkehrsnachfrage der österreichischen Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (FSV) kritisch begleitet.<sup>24</sup> Diesem Arbeitsausschuss gehören sowohl potentielle Auftragnehmer als auch mögliche Auftraggeber für Verkehrsprognosen an, d.h. neben Modellierungsexperten arbeiten in dem Ausschuss auch Vertreter der öffentlichen Hand wie des BMVIT und anderer öffentlicher Körperschaften mit. Somit ist gewährleistet, dass das Merkblatt auf einem fairen Interessensausgleich der potentiellen Vertragspartner bei Verkehrsprognosen beruht.

Wesentliche Zielsetzung des zu erarbeitenden Merkblatts ist eine hohe Transparenz beim Einsatz von Verkehrsmodellen. Die geforderte Transparenz bezieht sich - analog zu den Vorschlägen dieses Berichtes - auf Eingangsdaten, Modellergebnisse (z.B. hinsichtlich Reisezeit, Reiseweiten, Reisezweck, Verkehrsaufkommen, Verkehrsleistung, Verkehrsstärken etc.) sowie verwendete Modellmechanismen und Verhaltensparameter. Das Merkblatt ermöglicht für alle makroskopischen Verkehrsmodelle eine standardisierte Einschätzung von Modellqualitäten, unabhängig von der eingesetzten Software. Es dokumentiert detailliert die einzelnen Schritte eines Qualitätssicherungsverfahrens für Verkehrsmodelle sowie die jeweils einsetzbaren statistischen Prüfgrößen (Konfidenzintervalle, Koinzidenz-Verhältnisse etc.). Bestandteil des im Merkblatt beschriebenen Verfahrens sind auch Sensitivitätstests der Modellmechanismen und Plausibilitätsprüfungen von Modellergebnissen mittels Back-Casting. Weil mit dem Merkblatt ein flexibler Rahmen für die standardisierte Beurteilung von Verkehrsmodellen vorliegt, wird vorgeschlagen, mittelfristig für künftige BVWP-Prognosen ein an dieses Merkblatt angelehntes Verfahren zur Qualitätssicherung zu entwickeln.

---

<sup>23</sup> Das Projekt QUALIVERMO wird federführend von Prof. Gerd Sammer (Universität für Bodenkultur Wien) bearbeitet.

1 Anwendungsbereich .....	4
2 Begriffsbestimmungen .....	4
3 Abkürzungen .....	8
4 Zielsetzung der Qualitätssicherung .....	8
5 Indikatoren des Qualitätsmanagement für Verkehrsmodellierungen .....	9
5.1 Prozentuale Wurzel der mittleren Abweichungsquadrate PWmAQ .....	9
5.2 Konfidenzintervall für modellierte Wegenetzverkehrsstärken .....	11
5.2.1 Abschätzung des Konfidenzintervalls für den Plannullfall (Bestandsplanfall, Basisjahr) .....	12
5.2.2 Abschätzung des Konfidenzintervalls für die Prognoseszenarien .....	15
5.3 Erklärungsqualitätsindikator für Verkehrsmodelle EQI („pseudo R <sup>2</sup> “) .....	18
5.4 Koinzidenz-Verhältnis, ein Qualitätsmaß für die Übereinstimmung von modellierten und beobachteten Verteilungen .....	20
5.5 Musterdarstellung einer Verteilung von absoluten und relativen Abweichungen bzw. Veränderungen .....	21
6 Arbeitsschritte für die Qualitätssicherung von Verkehrsmodellierungen .....	22
6.1 Zielsetzungen der Verkehrsmodellierung .....	22
6.2 Systemabgrenzung der Verkehrsmodellierung zur QS .....	23
6.2.1 Zeitliche Systemabgrenzung .....	23
6.2.2 Räumliche Systemabgrenzung .....	24
6.2.3 Inhaltliche Systemabgrenzung .....	24
6.2.4 Qualitätsanforderungen und Qualitätssicherung .....	26
6.2.5 Rahmenbedingungen der externen Entwicklung für VM-Anwendung und der VP .....	26
6.2.6 Definition der untersuchten Maßnahmen und Wirkungsbereich sowie der Planfälle .....	29
6.2.7 Dokumentation der verwendeten VM-Software und berücksichtigte Wirkungsmechanismen, Eingangsvariablen und Verhaltensparameter .....	32
6.3 Modelleingabedaten .....	34
6.3.1 Verkehrsverhaltensdaten .....	34
6.3.2 Daten des Verkehrsangebotes der betrachteten Verkehrsmittel .....	34
6.3.3 Daten der Raumstruktur und sozio-ökonomischer Kennwerte .....	38
6.3.4 Zählraten von Verkehrsstärken auf dem Wegenetz der einzelnen Verkehrsmittel .....	39
6.4 Verkehrserzeugung und Verkehrsanziehung .....	42
6.5 Verkehrsverflechtung (Verkehrszielwahl, Verkehrsverteilung) .....	44
6.6 Verkehrsmittelwahl .....	46
6.7 Verkehrswegwahl (Verkehrsumlegung) .....	54
6.8 Tageszeitwahl .....	58
6.9 Sensitivitätstest der Modellmechanismen .....	58
6.10 Plausibilitätsprüfung mit Back-Casting .....	59
7 QM&QS-Prozess .....	59
8 Richtlinien, Normen und Literatur .....	61

**Abbildung 5: Inhaltsverzeichnis des Rohentwurfs eines Merkblattes zum Qualitätsmanagement für Verkehrsmodellierungen und Verkehrsprognosen (Projekt QUALIVERMO), Stand: August 2009**

<sup>24</sup> Der Arbeitsausschuss Verkehrsnachfrage der FSV wird durch Dr. Max Herry (Herry Consult) geleitet.

## 4.5 Zeitbedarf für die Verkehrsprognose

Aus Sicht des Projektkonsortiums spricht – im Hinblick auf die Erstellung der Verkehrsprognosen, aber auch unter Berücksichtigung weiterer wichtigerer Aspekte – nichts gegen, aber vieles für einen regelmäßigen Rhythmus für die Erstellung von Verkehrsprognosen für die regelmäßig durchzuführenden Investitionsbewertungen (im Rahmen einer BVWP-Erstellung und von Bedarfsplanüberprüfungen sowie auch für Investitionspriorisierungsplanungen). Die Prozesse der Bundesverkehrswegeplanung und der alle fünf Jahre durchzuführenden Bedarfsplanüberprüfung sowie sonstiger Investitionsbewertungs- und Priorisierungsmaßnahmen umfassen viele identische Arbeiten, somit sind Synergien bei der Parallelisierung dieser Prozesse zu erzielen. Zumindest für die Erstellung der Verkehrsprognosen sollte daher ein regelmäßiger Rhythmus gelten. Ein solcher Rhythmus trüge generell zu einer besseren Planbarkeit des Verfahrens bei, z.B. mit Bezug zu einzuplanenden Personalkapazitäten im BMVBS zur Prozessbetreuung. Die vorstehend geforderte verstärkte Aufstellung des BMVBS bezüglich des Know-how zur Verkehrsprognose bedingt, dass eine gewisse organisatorische und auch personelle Kontinuität gewährleistet ist.

Auch mit Blick auf die Datenbeschaffung und -aktualisierung im Vorfeld der Prognoserechnungen weist ein regelmäßiger Rhythmus Vorteile auf. Prinzipiell kann die fehlende Aktualisierung einer Teilmenge benötigter Inputdaten (z.B. der regionalisierten Strukturdatenprognosen) zum vorgesehenen Startpunkt des BVWP-Prozesses jedoch nicht als Argument für eine Verzögerung desselben angesehen werden. Dies gilt zumindest, solange es keine gravierenden Abweichungen zu den bisher vorliegenden Daten derselben Kategorie gibt. Letzteres ist nur bei Strukturbrüchen zu erwarten, die ihrer Natur nach nicht oder nur sehr schlecht vorhergesagt werden können. Darüber hinaus veraltet eine andere Teilmenge der benötigten Inputdaten, falls man auf die Ergebnisse der Aktualisierung bestimmter Eingangsgrößen wartet. Der empfohlene fixe Rhythmus für die BVWP-relevanten Verkehrsprognosen erleichtert mittel- und langfristig die zeitliche Synchronisierung von Datenaktualisierungen mit dem BVWP-Prozess.

Wie bereits angemerkt, sind die Prognoserechnungen für die langfristige Verkehrsentwicklung wegen der Fortschritte bei der Rechentechnik heute sehr viel schneller durchführbar als in der Vergangenheit. Auch aus den Interviews mit den bisher mit den Prognoserechnungen zum BVWP beauftragten Fachgutachtern geht hervor, dass bei funktionierender Abstimmung zwischen den Modellierungsschritten ein Gesamtzeitraum von ca. zwei Jahren für die Globalprognose und Umlegungsrechnungen als realistisch angesehen wird.

## 5 Methodik – Weiterentwicklungsvorschläge

Im Folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Projekt zu Sonderthemen der BVWP-Prognose zusammengefasst, deren Untersuchung explizit in der Ausschreibung erwähnt war bzw. deren hoher Stellenwert im Verlaufe des Projektes deutlich wurde. Aufgrund der bestehenden zeitlichen Restriktionen im Projekt und des Umfangs der anderen Projektarbeiten werden z.T. nur erste Ideen skizziert und Richtungen für die weitere Forschung aufgezeigt.

### 5.1 Szenarienbildung, Risikoanalysen und Zeitpunkte für die Prognose

Wie in den Interviews mit BMVBS-Vertretern und Fachgutachtern festgestellt wurde, ist ein wesentlicher Grund für die bisherige Dauer des Verfahrens der langwierige politische Prozess der Festlegung von Rahmenbedingungen für die zu prognostizierenden Szenarien. Es wird nachdrücklich eine Entpolitisierung dieses Verfahrensschritts empfohlen. An dieser Stelle ist Fachexpertise gefragt und eine politische Selbstbindung und Zurückhaltung geboten. Bei der Festlegung des Rahmens für die Globalprognosen müssen verschiedene Expertenmeinungen berücksichtigt und ausgetauscht werden. Insbesondere sollten auch Minderheitenpositionen berücksichtigt werden, die z.B. auch auf die Möglichkeit sich verlangsamer Wachstumsprozesse hinweisen oder die Branchen-Detailwissen mitbringen. Auch mögliche geopolitische Entwicklungen sollten, sofern sie relevant und absehbar sind, als Unsicherheitsfaktoren in die Szenarienbildung einfließen. Unabhängig davon ist im Rahmen der Verwaltungs- bzw. Expertentätigkeit bei diesem Verfahrensschritt zu berücksichtigen, welchen Einfluss mögliche verkehrspolitische Rahmensetzungen auf die zukünftigen Verkehrsmengen haben.

Die Entpolitisierung der Definition der Prognoseszenarien schmälert im Übrigen keineswegs den legitimen Einfluss der Verkehrspolitik auf die Zuordnung von Projekten zu den Kategorien des BVWP selbst, vielmehr können und sollten sozial- und regionalpolitisch motivierte Anpassungen der Projektkategorisierung im Anschluss an die vorwiegend nach Kosten-Nutzen-Erwägungen vorgenommene Projektreihung erfolgen. Dafür spricht auch, dass die Rangfolge der mittels NKA bewerteten Projekte deutlich robuster als die von vielen, z.T. interdependenten Faktoren abhängige langfristige Verkehrsmengenprognose ist. Das ist damit zu erklären, dass die prognostizierten Verkehrsmengen zwar großen Einfluss auf die absoluten Nutzen von Infrastrukturprojekten haben, die Reihenfolge der projektbezogenen Nutzen-Kosten-Verhältnisse, d.h. die relativen Nutzen sich jedoch nur bei stark divergierenden regionalen Entwicklungen von Wirtschaft und Bevölkerung wesentlich ändern können. Es wurde daher während dieses Projektes zwischenzeitlich sogar kurz diskutiert, die BVWP-Maßnahmenpriorisierung nur basierend auf dem Ist-Zustand zu rechnen – dies würde das Verfahren nicht unerheblich vereinfachen.

Es bestand schließlich aber Übereinstimmung darin, dass dies insbesondere im Hinblick auf regionale Unterschiede zu Verzerrungen führen könne – wenn es relativ sicher ist, dass in bestimmten Regionen Bevölkerung und Wirtschaft stärker wachsen oder schrumpfen als in anderen, dann sollte dies auch berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist für unterschiedliche Szenarien (z.B.

Globalisierungsszenario vs. Stagnations-/Sättigungsszenario) auch mit unterschiedlichen strukturellen Veränderungen im regionale differenzierten Verkehrsaufkommen zu rechnen, was zu stärker abweichenden Auswirkungen auf die Nutzen bestimmter Projekte führen kann.

Auch mit Blick auf die stark gestiegene Leistungsfähigkeit der Rechentechnik wird deshalb empfohlen, insgesamt ca. drei in sich konsistente Szenarien für die Globalprognose zu bilden, in denen die wichtigsten Einflussfaktoren auf das Verkehrsaufkommen, insbesondere die Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung, sowie die Annahmen über künftige Nutzerkosten und verkehrspolitische Entwicklungen variiert werden. Die Identifikation der relevanten Einflussfaktoren und die Abschätzung ihrer möglichen Variationen sollte unter wesentlicher Beteiligung der Fachexperten für die Strukturdatenprognose (Bevölkerungsprognose → BBR, Wirtschaftsprognose → BMWi, IWH o.ä.) festgelegt werden. Zur Erarbeitung der Rahmenbedingungen für diese Szenarien böten sich von BMVBS und Fachkoordinator geleitete Expertenworkshops an. Unter Berücksichtigung von Annahmen über die Eintrittswahrscheinlichkeiten für bestimmte Ereignisse bzw. Entwicklungen sollten zunächst die Eingangsdaten für ein Basis- bzw. Trend-Szenario festgelegt werden. Durch eine sinnvolle Kombination von Parametervariationen sollen darüber hinaus ca. zwei weitere Szenarien generiert werden, welche das Referenzszenario ergänzen und deren Ergebnisse für Sensitivitätsanalysen zur Verfügung stehen. Zu denken wäre hier z.B. an je ein Szenario für eine sich weiterhin rasch globalisierende Welt (mit weiter stark ansteigenden internationalen Güterverkehren auf den Hauptverkehrsachsen) sowie eines mit wirtschaftlichen Stagnations- bzw. Sättigungstendenzen. Der Auswahlprozess für die relevanten Szenarien muss hinsichtlich der angewandten Kriterien und Annahmen transparent dokumentiert werden.

Die aus den festgelegten Szenarien resultierenden Verkehrsmengen sollen als Eck- bzw. Kalibrierungswerte für die weiteren (Umlegungs-)Rechnungen verwendet werden; sie finden somit auch in die Projektbewertung Eingang. Ziel ist es, für jedes Projekt sowohl ein NKV für den Referenzfall, als auch eine Spannbreite möglicher Abweichungen der Nutzen für unterschiedliche wirtschaftliche Entwicklungen zur Verfügung zu haben. Mit diesem Ansatz kann nach unserer Auffassung die hohe Unsicherheit, die dem langfristigen Charakter der Prognose geschuldet ist, adäquat berücksichtigt werden. Er führt zu einer entscheidenden Verbesserung des Informationsstandes als Grundlage für politische Entscheidungen unter diesen Rahmenbedingungen.

Sollte dieser umfassende szenarienbasierte Ansatz in praxi – aus welchen Gründen auch immer – nicht durchführbar sein, müssen – ausgehend vom Referenzszenario – zumindest die wichtigsten globalen Einflussgrößen auf das regional differenzierte Verkehrsaufkommen variiert werden. Damit wird eine – wenn auch deutlich gröbere – Abschätzung der Sensitivität der verkehrlichen Eckwerte und zu erzielenden Nutzen hinsichtlich dieser Parameter möglich. Ergänzend wäre dann eine Methodenstudie angebracht, in welcher zumindest für einige ausgewählte Projekte die Auswirkungen strukturell verschiedener Szenarien auf die Verkehrsmengen und Nutzen untersucht werden.

Zusätzlich zu dem planübergreifenden Top-Down-Ansatz zur Ermittlung von Sensitivitäten sollten auf Projektebene auch weiterhin Risikoanalysen durch die Variation kritischer Parameter (Bevölkerung,

BIP, Nutzerkosten, Attraktivität alternativer Verkehrsträger) durchgeführt werden. Dies ist notwendig, um projektspezifische Risiken adäquat abzubilden. Zur Definition von Art und Umfang der zu variierenden Größen wird es für zweckmäßig gehalten, einen standardisierten Rahmen vorzugeben, der ebenfalls in Expertenworkshops erarbeitet werden sollte. Dieser auf alle Projekte anwendbare Standardrahmen kann sich zunächst an den Vorgaben zur Risikoanalyse für EFRE-Projekte orientieren; er sollte jedoch um Besonderheiten für z.B. bestimmte Projektklassen (wie Hafenhinterlandverkehre) und weitere Einzelfälle mit abweichenden (z.B. regionalen) Charakteristika ergänzt werden.

Ein bedenkenswerter Ansatz könnte auch eine unterschiedliche Behandlung von Sensitivitäten der sehr unterschiedlichen Projekttypen innerhalb des BVWP sein: So wäre es denkbar, dass nur für Großprojekte mit überregionaler Bedeutung Szenarien aufgestellt werden, deren Auswirkungen bis zum NKV durchgerechnet werden. Für kleinere Projekte mit größtenteils lokalen verkehrlichen Wirkungen könnten die Sensitivitäten der Nutzen dagegen ausschließlich mit Risikoanalysen abgedeckt werden. Im Interesse der Anwendung einer einheitlichen Prognose- und Bewertungsmethodik sollten diese Analysen jedoch auch weiterhin auf Bundesebene vorgenommen werden.

Der bisherige 20-Jahres-Zeitraum für die Verkehrsprognose wird nach übereinstimmender Meinung von Projektkonsortium und bisherigen Fachgutachtern für angemessen gehalten. Über diesen Zeitrahmen hinausgehende Prognosehorizonte werden aufgrund der nochmals stark anwachsenden Unsicherheiten und der geringen Bedeutung für die Nutzen-Berechnung (Stichwort: Diskontierung) für die Mehrzahl der Projektbewertungen nicht als sinnvoll erachtet. Für bestimmte Projekte in Regionen mit stark abweichender Bevölkerungsentwicklung könnte dennoch auf die Bevölkerungsprognose des BBR zurückgegriffen werden, um Hinweise auf Trends über den 20-Jahres-Zeitraum hinaus zu erhalten und bei Bedarf in qualitativer Form die Projektbewertungen zu ergänzen.

## **5.2 Intermodale Ketten**

Im BVWP 2003 wurden intermodale Beziehungen zwischen den Verkehrsträgern in erster Linie im Verkehrsmittelwahlmodell berücksichtigt. Die für die räumliche Zuordnung der Nachfragemengen zu den Netzkapazitäten relevanten Umlagungen, deren Ergebnis die regionalen Streckenbelastungen sind, wurden nach Verkehrsträgern getrennt durchgeführt. Ohne Rückkopplungsschleifen zur Globalprognose trägt dieses Vorgehen den Komplementaritäts- und Substitutionsbeziehungen zwischen den verkehrsträgerspezifischen Netzkapazitäten einer Region, die je nach Güterart sowie relationsbezogener Netzangebotsqualität variieren, nur ungenügend Rechnung. Insbesondere sind im bisher verwendeten Modellrahmen intermodale Verkehre nicht ausreichend genau zu erfassen. Eine analoge Problematik tritt bei der getrennten Umlegung von Personen- und Güterverkehrsnachfrage auf; auch hier existiert eine Interdependenz der Nachfragesegmente wegen der Nutzung gleicher Netzkapazitäten.

Für die aktuelle Globalprognose 2025 wurde bereits ein integriertes Netz mit intermodalen Knotenpunkten erstellt.<sup>25</sup> Aus der Dokumentation zu dieser Prognose geht jedoch nicht hervor, inwieweit hier tatsächlich intermodale Umlegungen umgesetzt wurden. Dieses Netz könnte jedoch als Ausgangsbasis für die Modellierung intermodaler Ketten in der Globalprognose dienen. Dies wäre möglich, indem im Modal-Split-Modell aus der Gesamtnachfrage Segmente mit einer Affinität zum kombinierten Verkehr (z.B. Straße-Schiene-Straße) abgespalten werden, die in dem integrierten Netz umgelegt werden können. Für diese Nachfragesegmente wären die Routenalternativen also sowohl uni- also auch intermodal. Auch auf der Ebene der verkehrsträgerspezifischen Umlegungen erscheint es sinnvoll, künftig bei allen Verkehrsträgern zumindest ein rudimentäres Netz der alternativen Verkehrsträger in den Rechnungen zu berücksichtigen. Die vorgeschlagene Rückkoppelung von generalisierten Kostendaten aus diesen verkehrsträgerspezifischen Umlegungsergebnissen zur Globalprognose mit der anschließenden Neuberechnung des Modal-Splits (unter Einschluss kombinierter Modes) trüge zu einer besseren Darstellung intermodaler Transportketten bei.

Die Umsetzung dieser Empfehlungen würde in der bisherigen Stufenmethodik zu einer höheren Prognosequalität führen. Allerdings ist auch hier – analog zum Fall des induzierten Verkehrs - die Frage der ökonomischen Bewertung von Verschiebungen des Modal Splits durch neue Infrastrukturprojekte nicht völlig klar. Als Ansatzpunkt kommt wiederum die „rule of the half“-Bewertung in Frage (vgl. Kasten 1, S. 20). Es wird jedoch auch hier vorgeschlagen, die Details eines adäquaten Bewertungsverfahrens durch eine Methodenstudie klären zu lassen. Mittel- und langfristig bietet sich zur adäquaten Abbildung derartiger intermodaler Interdependenzen ohnehin der Übergang zu einer stärker über die bisherigen Prognosestufen und Nachfragesegmente integrierenden Modellphilosophie an, wie er in Abschnitt 7.1.2 skizziert wird.

### **5.3 Umlegung Bahn – Festlegung der Hubs**

Insbesondere im Bereich der Bahn sind die Transportströme auf dem Schienennetz durch die sog. Leitwege und die Verortung der Rangierbahnhöfe beeinflusst. Durch die Interaktion zwischen dem Hub-Netzwerk des größten Anbieters mit den Verkehrsströmen besteht die Gefahr, dass das Netz vor allem in Hinblick auf die Ansprüche des marktbeherrschenden Unternehmens hin entwickelt wird. Aber auch in anderen Fällen, in denen einzelwirtschaftliche Entscheidungen wesentlichen Einfluss auf die Infrastruktur haben (z.B. bei anderen makrologistischen Knotenpunkten wie Terminals in Häfen), ist bei den Kapazitätsplanungen sicherzustellen, dass die Positionen anderer Marktakteure berücksichtigt werden.

### **5.4 Zuverlässigkeit**

Bisher wird die Erhöhung der Zuverlässigkeit des Verkehrssystems im Sinne einer besseren Planbarkeit von Reisen und Transporten infolge des Baus von BVWP-Projekten nicht bzw. nur sehr rudimentär bei der Verkehrsprognose und -bewertung berücksichtigt. Die Bedeutung der

---

<sup>25</sup> Vgl. BVU / Intraplan (2007).

Zuverlässigkeit als (zusätzlicher) Maßstab für die Beurteilung der Qualität eines Verkehrssystems ist erst in den letzten Jahren stärker in den Fokus gerückt. Mitverantwortlich hierfür dürften z.B. der Trend zu zeitlich eng vertakteten Produktionsketten und just-in-time Lieferungen im Güterverkehr sowie höhere Unsicherheiten über Reise- und Transportzeiten aufgrund gewachsener Verkehrsbelastungen sein. Mittlerweile herrscht aber weitgehender Konsens, dass die Zuverlässigkeit im Sinne von hoher Planbarkeit und geringerer Varianz von Reisezeiten ein wichtiger Bestandteil individueller Nutzen ist. Empirische Untersuchungen, z.B. von König (2004) oder Small et al. (2002), deuten darauf hin, dass die subjektiven Nutzen aus höherer Zuverlässigkeit oft ähnlich hoch ausfallen wie jene aus reinen Reisezeitgewinnen. Werden diese Nutzen nicht berücksichtigt, kann das zu einer systematischen Unterschätzung der Gesamtnutzen von Projekten führen. Diese systematische Unterschätzung dürfte vor allem den Ausbau von Infrastruktur betreffen, welche stark be-/überlastet ist.

Zur Berücksichtigung einer höheren Zuverlässigkeit aufgrund der Realisierung von BVWP-Projekten gibt es prinzipiell zwei Vorgehensweisen: Einerseits erscheint die Integration stochastischer Elemente in die Verkehrssimulationen als Ausgangspunkt für die Ermittlung veränderter Varianzen der Reisezeit denkbar.<sup>26</sup> Die entstehenden Reisezeitverteilungen können anschließend mit Zeitkostensätzen monetarisiert werden. Andererseits kommt ein verkürzter und nachgelagerter Einbezug in der Bewertung in Frage, z.B. durch die Übertragung empirisch ermittelter Zahlungsbereitschaften für geringere Reisezeitvarianzen.<sup>27</sup>

Die bisher für den BVWP eingesetzten Verkehrsmodelle berücksichtigen stochastische Einflüsse auf Reise- und Transportzeiten systematisch nicht. Da davon ausgegangen werden kann, dass diese Modelltypen auch für die Prognosen zum nächsten BVWP verwendet werden, sind kurzfristig nur Weiterentwicklungen bezüglich der Berücksichtigung der Zuverlässigkeit über Anpassung der BVWP-Bewertung möglich. Für den Verkehrsträger Straße bieten sich etwa Streckenkategorien und Verkehrszustand (Level of Service) als Ansatzpunkte für die Kategorisierung von Reisezeitverteilungen an. Zu berücksichtigen ist stets die Korrelation von Zuverlässigkeit auf aufeinander folgenden Streckenabschnitten, weshalb eine Addition von streckenbezogenen Zuverlässigkeiten zu routenbezogenen Zuverlässigkeiten geboten erscheint. Ebenfalls sinnvoll wäre eine differenzierte monetäre Bewertung für verschiedene Reisezwecke und besondere Strecken, z.B. Flughafenzubringer. Für den Verkehrsträger Schiene sowie den gesamten Güterverkehrssektor existieren bisher kaum Forschungsarbeiten zum Thema Zuverlässigkeit. Auch deshalb empfiehlt das Projektkonsortium kurzfristig die Erstellung einer eigenen Methodenstudie zu den Möglichkeiten der Integration von Zuverlässigkeit in die Bundesverkehrswegeplanung. Diese kann sich auf bereits vorhandene Forschungsansätze z.B. aus den Niederlanden und der Schweiz stützen.<sup>28</sup> Langfristig scheint der Übergang zu stochastischen Modellierungsansätzen empfehlenswert, wie in Abschnitt 7.1 dieses Papiers dargelegt wird.

---

<sup>26</sup> Vgl. z.B. Brilon et al. (2005).

<sup>27</sup> Vgl. Chaumet et al. (2007).

<sup>28</sup> Vgl. de Jong et al. (2007) und Chaumet et al. (2007).

## 5.5 Induzierter Verkehr

Individuell kostenlose Verbesserungen des Verkehrsangebotes führen in Netzen ohne Zugangsbeschränkung zu einer Aktivierung latenter Nachfrage. Dadurch entsteht so genannter induzierter Verkehr. In dem bisher für die Bundesverkehrswegeplanung verwendeten Verkehrsprognoseverfahren wird die Kostensensitivität von Nachfragemengen zwar in den Modellierungsschritten Verkehrsverteilung und Modal-Split berücksichtigt. Es fehlt bisher aber eine methodisch korrekte Darstellung der Auswirkungen von Änderungen der generalisierten Kosten durch BVWP-Projekte (i.d.R. durch Zeitkostengewinne) auf Nachfragemengen in der Umlegung. Induzierter Verkehr wurde bislang ausschließlich über aus Fallbeispielen abgeleitete pauschale Zuschlagsfaktoren in der projektbezogenen Bewertung berücksichtigt. Dieses Vorgehen ist methodisch fragwürdig, da es kaum Rückschlüsse auf die tatsächliche Änderung von Kapazitätsauslastung und Reisezeiten durch induzierten Verkehr zulässt und möglicherweise zu einer Unterschätzung der prognostizierten Verkehrsmengen führt. Als Reaktionsmöglichkeiten auf ein verbessertes Angebot kommen die Änderung der Routenwahl, ein Wechsel der Wegekategorie (z.B. von nicht-motorisiert auf motorisiert), ein Wechsel der Distanzweite und schließlich eine veränderte Fahrtenmenge in Betracht. Während die erstgenannten Anpassungsreaktionen relativ schnell ablaufen, so verbergen sich hinter den anderen Anpassungen u.a. auch Änderungen in der Lebensführung. Das heißt, dass diese Effekte auch erst mit einiger Verzögerung sichtbar werden. Generell ist die Sensitivität von Nachfragemengen gegenüber Kostenänderungen im Netz ein wichtiges Thema. So ist auch eine systematische Überschätzung der Nachfrage und des nachfolgend definierten Kapazitätsbedarfes möglich, wenn keine Mengenanpassung (nach unten) an höhere individuelle Kosten aus Überlastungssituationen im Modellrahmen vorgesehen ist.

Die Integration von induziertem Verkehr in den bestehenden Modellrahmen ist im Gegensatz zu den Auswirkungen der Zuverlässigkeit relativ einfach möglich. Zum einen kann (und sollte) er über die Neuberechnung der Zielwahl im (Straßen-)Verkehrsmodell (bzw. allgemein auf der Ebene der feinräumigen, verkehrsträgerspezifischen „Umlegungs“-Ebene) der Prognose erfolgen. In diesem Falle werden aufgrund veränderter Angebotsbedingungen Ziele verändert; es treten bei niedrigen generalisierten Kosten längere Fahrten (und höhere Fahrleistungen) bei gleichem Fahrtenaufkommen auf. Laut Experteninterview ist eine derartige innere Rückkopplungsschleife vom Zeitbedarf her problemlos machbar.<sup>29</sup>

Zusätzlich führt die bereits zuvor empfohlene Rückkopplungsschleife mit dem Modal-Split-Modell der Globalprognose dazu, dass Änderungen der Verkehrsnachfragemengen aufgrund von Kapazitätsengpässen (aus der Umlegung) und die damit möglicherweise resultierenden Verschiebungen des Modal-Splits darstellbar sind. Insgesamt sind auch dadurch wirklichkeitsnähere Ergebnisse der Verkehrsprognose zu erwarten.

---

<sup>29</sup> Laut Experteninterview am 15.06.2009 im BMVBS, Bonn.

Problematisch ist allerdings, dass diese Vorgehensweise nicht mit der bisher verwendeten Bewertungsmethode über pauschale Zuschlagsfaktoren kompatibel ist. Langfristig könnte eine Bewertung mittels des internen Nutzens aus dem Wahlmodell (des Log-Sum Operators) durchgeführt werden. Dazu jedoch wäre u.a. ein Übergang des Gleichgewichtsverfahrens für die Verkehrsumlegung von Kirchhoff- hin zu Logit-basierten Modellen notwendig. Vereinfachend kann die Näherungsregel der Rule-of-the-half eingesetzt werden (vgl. hierzu Kasten 1, S. 20).

Mit dem mittel- bis langfristig sinnvollen Aufbau eines integrierten Modellrahmens, wie es in Abschnitt 7.1.2. skizziert ist, entfällt – analog zum Problem multimodaler Ketten – die Problematik des induzierten Verkehrs.

Neben dem beschriebenen primär induzierten Verkehr können Verkehrsprojekte möglicherweise auch einen sekundär induzierten Verkehr zur Folge haben. In diesem Fall folgt aus einer verbesserten Erreichbarkeit auch eine höhere wirtschaftliche Aktivität. Eine Berücksichtigung dieses Effektes wurde aber anlässlich des Methodenworkshops am 07.10.2009 von den anwesenden Experten als nicht relevant und notwendig betrachtet. Ein Grund hierfür ist die Tatsache, dass man heute in der Regionalwissenschaft davon ausgeht, dass der Gewinn einer Region einen ebenso hohen Verlust von Einwohnern oder Wirtschaftsaktivität in anderen Regionen nach sich ziehen würde.

## **5.6 Zonierung der Modelle**

Für den Zweck der Bewertung und des Rankings von Projekten mit überregionaler Bedeutung scheint die gewählte regionale Differenzierung der Modelle (Zonierung) als angemessen fein. Allerdings ist eine komplette Bewertung von kleineren Projekten wie Ortsumgehungen unter Berücksichtigung des Nutzens für die lokal anliegende Bevölkerung damit als schwierig anzusehen. Diese Problematik tritt vor allem im Straßenverkehr auf, da den Bundesstraßen oftmals zu gleichen Teilen regionale und nationale Bedeutung zukommt. Als Lösungsansätze für dieses Problem bieten sich folgende Möglichkeiten an:

- a) Eine weitere zonale Verfeinerung der Modelle.
- b) Die Kombination eines Fernverkehrsmodells mit regionalen Modellen.
- c) Die ausschließliche Ausweisung der Nutzenkomponenten für den überregionalen Verkehr.

Alle drei Ansätze haben bestimmte Vor- und Nachteile, die einer vorsichtigen Abwägung bedürfen:

Bei einer weiteren regionalen Verfeinerung steigen Rechenzeit und Speicherbedarf stark an. Dies steht im Widerspruch zu dem Wunsch, ein möglichst konsistentes Gesamtmodell für eine Bewertung aller Maßnahmen aufzubauen. Des Weiteren bringt jede zonale Verfeinerung den Nachteil mit sich, dass gerade aufgrund der feinen Zonierung Abweichungen zwischen Modellergebnissen und Realität erkennbar werden, da sich das Problem mangelnden Wissens regionaler Gegebenheiten nur auf eine regional noch feinere Ebene verlagert. So wird schließlich schon jede mittelständische Firma zu einem „singulären Verkehrserzeuger“.

Als Lösungsmöglichkeit bietet es sich an, ein separates Modell für Fernverkehrsbeziehungen vorzuhalten. Fallweise ist zur Bewertung von Projekten mit lokaler oder regionaler Bedeutung ein separates Verkehrsmodell aufzustellen (z.B. nach Bundesländern oder Bundeslandgruppen). Das Fernverkehrsmodell bildet einen Rahmen zur Abbildung der Quell, Ziel- und Transitverkehre. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Verkehrserzeugung, -verteilung und Modalwahl im Fernverkehrsmodell kaum von lokalen Maßnahmen beeinflusst werden. Das Fernverkehrsmodell könnte somit in Form fester Matrizen für jeden Verkehrsmodus dargestellt werden (bei multimodalem Routing müsste eine ähnliche angemessene Vorgehensweise entwickelt werden). Die regionalen Verkehrsmodelle müssen maßnahmensensibel sein; allerdings kann regionales Wissen in die Modellkalibrierung einfließen. Auf diese Weise können auch Nahverkehrsnetze fein abgebildet werden oder evtl. sogar ein aktivitätenbasiertes Simulations-Modell zur Anwendung gebracht werden, das komplexe Wegeketten, multimodales Routing und Tageszeit berücksichtigen kann. Dadurch kann sich regionale Verkehrsplanung in Richtung einer integrierten Mobilitätsplanung hin bewegen. Allerdings treten u.U. Probleme mit der Bewertung von Projekten an den Modellrändern auf, und es geht die deutschlandweite Vergleichbarkeit von Projekten verloren. Organisatorisch wäre diese zweite Möglichkeit deshalb ideal in Kombination mit einem zweistufigen Budgetierungsprozess zu sehen, bei dem auf der oberen Stufe das Budget – unabhängig von Einzelprojekten – auf Regionen aufgeteilt wird. Innerhalb jeder Region ist dann eine relative Vergleichbarkeit von Projekten aufgrund eines dann einheitlichen Verkehrsmodells gewährleistet.

Schließlich gibt es noch die Möglichkeit, ausschließlich die Nutzenkomponenten für den Fernverkehr auszuweisen. Dazu wäre die räumliche Differenzierung der bisherigen Modelle vollkommen ausreichend. Lokale Verkehrsbelastungen können dann pauschal und als konstant (nicht maßnahmensensibel) betrachtet werden. Randeffekte wären geeignet auszublenden, z.B. indem nur Wege mit einer Länge abgebildet werden, die viel größer als die Zonierung und der mittlere Abstand von Einspeisungspunkten sind. Diese dritte Möglichkeit wäre vor allem dann geeignet, wenn die Verantwortung für die Planung und Finanzierung von Projekten mit lokaler Bedeutung stärker an nachgelagerte Körperschaften wie die Bundesländer abgegeben würde.

## 6 Daten und Datenerhebungen

### 6.1 Verschiedene Datenquellen und ihre Verwendung

Für die Bereitstellung der Bundesprognose und der anschließenden Maßnahmenbewertung werden verschiedene Daten und Informationen herangezogen. Diese können in die Gruppen „Verhaltensdaten“, „Verkehrsdaten“, „Strukturdaten“, „geographische Informationen“ sowie „Netzdaten“ klassifiziert werden. Im Folgenden sind beispielhaft wichtige Datenquellen aufgeführt.

- **Verhaltensdaten:** Daten / Stichproben, die das Verhalten von Verkehrsteilnehmern beschreiben und zur Schätzung von Verkehrsverhaltensmodellen herangezogen werden können. Dazu zählen Daten wie
  - Mobilität in Deutschland (MiD) und System repräsentativer Verkehrsbefragungen (SrV), jeweils Haushaltsstichproben zur Erfassung des Verhaltens im Personenverkehr (Querschnittsstichprobe); vorherige Stichprobe war die KONTIV
  - Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland (KiD) zur Abbildung des städtischen Wirtschaftsverkehrs, der hauptsächlich durch kleine Lkw abgewickelt wird
  - Mobilitätspanel: Längsschnittuntersuchung zum Verkehrsverhalten, durchgeführt seit 1994
  - Haushaltsbefragungen zum Verkehrsverhalten in einzelnen Regionen
  - Verkehrsleistungsstatistik deutscher Lkw (KBA / BAG): Erfassung von Lkw-Fahrten und Fahrtenmustern (Touren); theoretisch liegen diese Daten auch für andere EU-Länder vor.
  - RES: Reisenden Erfassungssystem der Deutschen Bahn
- **Verkehrsdaten der Verkehrsstatistik:** Daten, die Informationen zu Verkehrsströmen und Verkehrsaufkommen liefern, sind z.B.
  - **Amtliche Statistik**
    - Güterverkehrsstatistik des Statistischen Bundesamtes für das Binnenschiff auf Basis von Frachtbriefen
    - Güterverkehrsstatistik des Statistischen Bundesamtes für die Bahnen: Meldungen der Deutschen Bahn AG sowie der Privatbahnen über Gütertransporte
    - EUROSTAT: diverse Daten z.B. Verkehrsverflechtungen zwischen EU-Ländern
  - **Nicht amtliche Statistik von Unternehmen**<sup>30</sup>
    - Hafenstatistiken, hauptsächlich die seeseitige Erfassung von Güter- und Schiffsbewegungen
    - Statistiken der Flughäfen über das Passagier- und Cargo-Aufkommen

---

<sup>30</sup> Die Verfügbarkeit der nicht-amtlichen Daten ist im Einzelfall zu prüfen.

- Deutsche Bahn AG: Verkaufsstatistik
- Diverse Erhebungen bei Trägern des öffentlichen Personenverkehrs
- Daten zum Kombinierten Verkehr von den Unternehmen des Kombinierten Verkehrs in Europa
- **Strukturdaten:** Diese weisen für räumliche Einheiten (Länder, Bundesländer, Kreise, Gemeinden, usw.) sozio-ökonomische Daten aus, z.B.
  - Bevölkerung und Bevölkerungsvorausschätzung nach Altersklassen und Geschlecht
  - Schüler, Auszubildende, Studenten
  - Pendlerdaten
  - Beschäftigte nach Branchen
  - Regionale Wirtschaftstätigkeit, gemessen als Bruttowertschöpfung unterteilt nach Branchen
  - Import / Export nach Gutarten
  - Import / Export nach Gutarten, Bruttowertschöpfung nach Sektoren der übrigen Europäischen Länder
  - Außenhandelsdaten
- **Spezifische geographische Informationen (z.B. Flächennutzung) und Informationen zu singulären Verkehrserzeugern (Flughäfen, große Gewerbegebiete, Seehäfen);** Google Earth bildet hierfür inzwischen eine wichtige Datenquelle.
- **Daten und Informationen über Verkehrsnetze, z.B.**
  - Netzmodelle für Verkehrsträger mit Netzeigenschaften (Streckenlänge, zulässige Geschwindigkeit, Straßentyp, Elektrifizierung Schienenstrecke usw.)
  - Zählwerte zu Verkehrsbelastungen (Dauerzählstellen und SVZ im Straßennetz, Zählungen von Zugzahlen an Schienenstrecken)
  - Daten über Schiffsbewegungen auf Binnenwasserstraßen und in Schleusenbereichen
- **Spezifische Daten für Bewertungsrechnungen,** auf die hier nicht eingegangen werden soll.

Die verschiedenen Klassen von Daten haben im Rahmen der Verkehrsprognose und Bewertungsrechnung unterschiedliche Bedeutungen:

- Die **Verhaltensdaten** dienen in erster Linie dazu, die Reaktionsparameter in Verkehrsverhaltensmodellen (z.B. Logit-Modellen zur Verkehrsmittelwahl) zu schätzen. Die Verkehrsverhaltensmodelle dienen dann dazu, das Verkehrsverhalten unter geänderten Rahmenbedingungen zu simulieren / zu prognostizieren.
- Die **Verkehrsdaten** liefern Querschnittsdaten und Zeitreihen zum Verkehrsaufkommen und zu Verkehrsströmen. Diese Daten sind die eigentlichen Zielwerte der Verkehrsprognosen. Sie sollen durch die Verkehrsmodelle für zukünftige Zeitpunkte oder Szenarien prognostiziert werden. Die Ist-Daten, also die Beobachtungen und aufbereiteten Statistiken, dienen in der Regel zur Schätzung und Anpassung der Modelle.

- Die **Strukturdaten** beschreiben die Rahmenbedingungen der Verkehrsprognose und Bewertung und sind damit nicht endogen durch das Instrumentarium der Verkehrsprognose zu ermitteln. Die Strukturdaten sind somit in der Regel exogene Größen, für die Strukturdatenprognosen vorliegen müssen, um die Verkehrsprognosen durchführen zu können.
- Die **Netzdaten** dienen zur Modellierung der Verkehrsangebote. Für die Zukunft geplante Neu-, Aus- oder Rückbauten können durch entsprechende Kodierung in den Netzmodellen berücksichtigt werden. Diese Angebotsänderungen wiederum gehen in die Verkehrsverhaltensmodelle ein und verändern (potentiell) die Verkehrsnachfrage.
- Die **spezifischen Daten und Informationen zu singulären Verkehrserzeugern** sind ebenfalls Daten, die nicht endogen durch die Verkehrsmodelle prognostiziert, sondern durch eigene Prognosen oder Szenarienvorgaben gesetzt werden.

Somit ist bei der Durchführung der Bundesverkehrswegeplanung darauf zu achten, dass die Bereitstellung der Strukturdatenprognosen sowie die Vorgaben für die singulären Verkehrserzeuger rechtzeitig erfolgen. Die sonstigen genannten Inputdaten sind vorhanden und können unmittelbar aufbereitet und eingesetzt werden. Falls aktuell neue Daten aufbereitet werden – z.B. MiD, KiD, können diese in einer nächsten Aktualisierungsschleife eingebunden werden. Es gibt aber keinen Grund, mit der Erstellung des BVWP erst bis zur Bereitstellung von neuesten Daten abzuwarten.

## 6.2 Mögliche Weiterentwicklungen der Datengrundlagen für die Bundesverkehrswegeplanung

Die Nutzung der oben genannten Datengrundlagen hat sich inzwischen für die Erstellung der Bundesverkehrswegeplanung bewährt. Allerdings könnten zusätzliche oder detailliertere Daten die Prognose- und Bewertungsergebnisse durchaus verbessern.

Speziell im Bereich des Güterverkehrs haben die beauftragten Gutachter über die Jahre einen erheblichen Fundus an Expertenwissen, Werkzeugen und Datengrundlagen aufgebaut. Zum Teil sind aus eigenen Mitteln Modellkalibrierungen durchgeführt worden, z.B. für ein intermodales Modell. Diese Entwicklung ist zweischneidig: Auf der einen Seite steht eine hohe Innovationskraft und Spezialisierung der Gutachter. Demgegenüber steht eine geringe Transparenz und Nachvollziehbarkeit. Das wird dann zu einem Problem, wenn die wissenschaftliche Angreifbarkeit der Modelle nicht mehr gewährleistet ist: Es ist für andere Gutachter oder auch neutrale Wissenschaftler nicht möglich, die Modelle kritisch zu hinterfragen und fundiert Gegenpositionen zu formulieren.

Die mangelnde Verifizierbarkeit insbesondere der Güterverkehrsmodelle zur Bundesverkehrswegeplanung ist auch einer mangelnden Datenverfügbarkeit zu verdanken, die eine hohe Eintrittsbarriere für alternative Fachgutachter setzt. Gleichzeitig bietet eine verbesserte Datenverfügbarkeit auch eine Grundlage für die Weiterentwicklung der bisherigen Modelle. So wären folgende Aktionen hilfreich für eine bessere und kontinuierliche BVWP-Prognose:

- **Verstetigung der SrV / MiD / KiD Erhebungen:** Es wäre wünschenswert, wenn die Aktualisierung dieser Erhebungen institutionalisiert und in einem regelmäßigem Zyklus ablaufen würde.
- **Erhebungen zum Freizeitfernverkehr.** Dieser ist in der MiD / KiD gering gewichtet, so dass quantitative Aussagen kaum möglich sind. Er spielt jedoch – insbesondere hinsichtlich der Verkehrsleistung - eine große und wachsende Rolle. Aussagen über den Freizeitverkehr gibt die offizielle Tourismusstatistik, die die Urlaubs- und Freizeitverkehrsströme in Europa betrachtet.
- Analog zur MiD im Personenverkehr sollte eine **individuelle Befragung für den Güterverkehr** bzw. ein Versenderpanel durchgeführt werden. Dabei sind alle Verkehrsträger einschließlich der intermodalen Transportketten einzubeziehen. Mit einer GV-MiD würde eine wichtige und transparente Grundlage zur Modellierung und Prognose der Güterverkehre gelegt (u.a. könnten Daten zu Großhandel und Distributionszentren (z.B. Lagerfläche) bzw. zu Beschäftigungszahlen in diesen Sektoren weiterhelfen). Eine GV-MiD ist kurzfristig nicht verfügbar. Für eine nächste Bundesverkehrswegeplanung ist an eine vorbereitende Befragung bei Verladern im Rahmen der Erstellung eines Verkehrsmittelwahlmodells zu denken. Darüber hinaus wird kurzfristig eine vorbereitende Methodenstudie zu Aufbau und Inhalt eines derartigen Versenderpanels empfohlen. Grundsätzlich hätte eine Aufnahme der gesamten Frachtaufkommensstruktur einzelner Versender folgende Vorteile:
  1. Verifizierung, inwieweit die Aufkommensstruktur (Verteilung des Güterverkehrsaufkommens nach Entfernung und Losgröße) in der Bundesverkehrswegeplanung für den Gesamtmarkt repräsentativ ist.
  2. Ermittlung von Rampe-zu-Rampe-Entfernungen zwischen Versendern und Empfängern.
  3. Ermittlung von Rahmenbedingungen und Besonderheiten, die die Verfügbarkeit einzelner Verkehrsträger einschränken.
  4. Experimentierfeld zur wissenschaftlichen Entwicklung alternativer Mode-choice-Modelle.
  5. Nachvollziehbarkeit der dynamischen Anpassungen der Logistiksysteme an veränderte Rahmenbedingungen.
- Die **Güterkraftverkehrsstatistik des KBA** ist zurzeit die wichtigste Statistik zur Schätzung und Prognose des Straßengüterverkehrs. Allerdings werden in Deutschland nur die in Deutschland registrierten Lkw erfasst: diese sind die Grundgesamtheit für die Stichprobenziehung. Die zunehmende Internationalisierung im Transportgewerbe findet somit in dieser Stichprobe keinen Niederschlag: die ausländischen Lkw, die Transporte in Deutschland durchführen, werden nicht erfasst. Die Verkehrsleistungsstatistik wird auch in den anderen EU-Ländern – mehr oder weniger konsequent – erhoben. EUROSTAT hat die Aufgabe, diese Statistiken zusammenzuführen und in einen konsistenten Datensatz umzuformen. In Bezug auf die Konsistenz der Europäischen Daten wären noch zusätzliche Aktivitäten erforderlich. Langfristig wäre eine Ergänzung der KBA-Stichprobe um weitere

Merkmale wünschenswert, um Rückschlüsse darüber zu ermöglichen, welchen Kettengliedern von Transport- oder Wertschöpfungsketten einzelne Transporte bzw. Transportfälle zugeordnet werden können. Durch eine funktionale Verschlüsselung der Wirtschaftsaktivität an Auflade- oder Abladepunkten würde es ermöglicht, auf eine detaillierte räumliche Verortung der Transporte zu verzichten, da beispielsweise Beschäftigendaten auf Kreisebene nach dreistelligen Wirtschaftszweigen verfügbar sind.<sup>31</sup> In einem ersten Schritt wäre es sinnvoll und kurzfristig realisierbar, Einzeldatensätze der KBA-Statistik (Rohdaten) – zumindest für wissenschaftliche Zwecke – bereitzustellen. Die vorhandenen Daten sind aktuell lediglich zonal aggregiert verfügbar, was deren Verwendung für eine stärker verhaltensbasierte Modellierung stark einschränkt.

- Mit den seit 2005 erhobenen **Mautdaten von TollCollect** liegen Daten vor, die eine genauere Analyse und Prognose für das wichtige Teilsegment der Verkehre mit schweren Lkw auf deutschen Autobahnen gestatten. Diese Informationen können zur Rekonstruktion von Routen im Autobahnnetz genutzt werden. Da durch TollCollect eine vollständige Erfassung aller Fahrten mit schweren Lkw im Autobahnnetz erfolgt, sind auch die ausländischen Lkw eingeschlossen, die in der Verkehrsleistungsstatistik des KBA/BAG nicht enthalten sind. Somit wäre es zu begrüßen, wenn die Mautdaten tiefer und detaillierter ausgewertet und z.B. für die Erstellung der Globalprognose zur Verfügung gestellt würden.
- Im **Bahnbereich ist die Datenverfügbarkeit immer wieder unbefriedigend**. Mit den Frachtbriefen im Güterverkehr und der Verkaufsstatistik im Personenverkehr liegen der Bahn sehr detaillierte Datenquellen zur Einschätzung der Verkehrsnachfrage vor. Allerdings werden diese Daten sehr aggregiert oder gar nicht zur Verfügung gestellt. Hier wäre eine bessere Informationspolitik hilfreich.
- Die **Netzmodelle** sollten permanent gepflegt werden. Sobald Erkenntnisse über Ausbau- und Neubauvorhaben vorhanden sind oder Netzteile verändert werden, sollten diese in die Netzmodelle eingebaut werden. Damit wären die Netzmodelle für den BVWP ständig auf dem neuesten Stand und könnten unmittelbar eingesetzt werden. Mit NemoBFStr (Netzmodell für die Bundesfernstraßen) wird diese Aktualisierung im Straßenbereich durchgeführt. Dies sollte auch für die Bahn und das Binnenschiff gelten. Als problematisch wird gesehen, dass für die aktuelle Bundesprognose eigene Netzmodelle erstellt wurden. Hier sollte eine Vereinheitlichung stattfinden.
- Es wäre anstrengenswert, wenn sämtliche als relevant eingeschätzten Daten für die BVWP-Prognose kontinuierlich vorgehalten und gepflegt würden. Könnte permanent auf einen wohl definierten Input-Datensatz für die BVWP-Prognose zurückgegriffen werden, würde das die Bereitstellungszeit für eine neue Bundesprognose deutlich verkürzen.
- Wie oben schon erwähnt, ist ein Warten auf aktuelle Daten aus aktuell durchgeführten Projekten nicht sinnvoll. Die meisten Datensätze liegen zurzeit in einer Form vor, dass sie unmittelbar in Prognoserechnungen einfließen können.
- Die Aktualisierung der Bundesverkehrswegeplanung erfordert einen unmittelbaren und bürokratisch einfachen Zugang zu den benötigten Daten. Wie oben erwähnt spielt die Deutsche Bahn dabei eine wichtige Rolle.

---

<sup>31</sup> Vgl. Liedtke et al. (2010).

- Es ist zu prüfen, welche anderen Datenquellen – z.B. bei Versicherungen, Banken, Verbänden – für die Verkehrsprognosen aktiviert werden können.
- Schließlich ist noch zu erwähnen, dass nützliche Daten und Informationen für die BVWP-Prognose – und auch für die Methodik – aus der Vielzahl der Forschungsprojekte, die von der Europäischen Kommission in Auftrag gegeben werden und gegeben worden sind, gezogen werden können. Diese Quellen sollten stärker einbezogen werden. Zudem sollen entsprechende Studien zu zentralen, aber anderweitig nicht bearbeiteten Problembereichen vom BMVBS vergeben werden (z.B. zur Schätzung und Überprüfung von Parametern der Verhaltensmodelle).

Insgesamt ist somit die Datenlage für die Durchführung der Verkehrsprognose befriedigend. Es erscheinen jedoch Verbesserungen der Datenlage möglich, die zu einer höheren Qualität der Verkehrsprognose führen könnten.

## 7 Langfristige Entwicklungsoptionen – Vorschläge

Die bisher aufgeführten Verbesserungsvorschläge dieses Papiers zielten wesentlich auf eine kurz- bis mittelfristige Umsetzbarkeit ab. Im Folgenden sollen ergänzend Entwicklungsmöglichkeiten für die bundesweite Verkehrsprognose im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung aufgezeigt werden, die eher langfristiger Natur sind.

### 7.1 Methodisch

#### 7.1.1 Übergang zu Wegekettten

Umlegungsmodelle beruhen traditionell auf Wegen (Ortsveränderungen). Dies führt, insbesondere bei zunehmend komplexeren Verhaltensmustern, zunehmend zu Problemen:

- Die Nachverfolgung von Fahrzeugen (Autos, Fahrräder) ist schwierig oder unmöglich. Z.B. ist es im Modell prinzipiell möglich, mit dem Zug zur Arbeit zu fahren und mit dem Auto zurück. Eine glaubwürdige Abbildung der Verkehrsmittelwahl wird damit zunehmend schwierig: Wenn nur ein Ort einer längeren Wegekette mit dem ÖV schlecht erreichbar ist, wird dies in der Realität erzwingen, dass die gesamte Kette mit dem Auto zurückgelegt wird; das Modell wird dies aber nicht abbilden können.
- Die traditionell übliche Zuordnung von Zwecken zu Wegen ist schwierig oder unmöglich. Z.B. hat ein Weg von der Arbeit zur Freizeit andere Charakteristika als ein Weg von zu Hause zur Freizeit, obwohl beide nach traditioneller Charakterisierung den Zweck "Freizeit" haben.

Der empfohlene Ausweg ist, das gesamte Verfahren perspektivisch auf „Wegekettten“ oder, noch besser, „Tagespläne“ umzustellen. Hierbei werden nicht mehr nur die Wege der Start-Ziel-Beziehungen, sondern der gesamte Tagesablauf betrachtet.

##### 7.1.1.1 Verstetigung der Daten

Sowohl die Verkehrsbefragung SrV als auch die Mobilitätsbefragung MiD erheben bereits auf Tagesplänen basierende Daten, d.h. für die jeweilige Person am Stichtag wird die gesamte *Abfolge* der Ortsveränderungen abgefragt. Hier müsste allerdings sichergestellt werden, dass (1) diese Erhebungsmethoden beibehalten und ggf. verfeinert werden, und dass (2) diese Daten anonymisiert einschließlich der wichtigen Georeferenzierung zur Verfügung stehen.

Im Güterverkehr fehlt eine entsprechende Erhebung; diese wäre zu entwickeln und durchzuführen. Die Krafffahrzeugerhebung KiD leistet hier nur begrenzten Ersatz, da sie nur von Krafffahrzeugen ausgeht und somit über diejenigen Wege, welche nicht mit Krafffahrzeugen zurückgelegt werden, nur sehr beschränkte Einsichten vermittelt.

### 7.1.1.2 Umstellung der Modelle

Bezüglich der nötigen Modellumstellung gibt es mindestens folgende Möglichkeiten:

- Berücksichtigung der Aktivitäten-Zwecke an beiden Enden der Wege <sup>32</sup>
- Erzeugung einer synthetischen Bevölkerung, welche im Bezug auf relevante sozio-ökonomische Charakteristika und im Bezug auf Aktivitätenorte der gleichen Verteilung folgt wie die reale Bevölkerung. Darauf aufbauend werden individuelle Tagespläne erzeugt. <sup>33</sup>
- Erzeugung wahrscheinlichkeits-gewichteter Tagespläne <sup>34</sup>

Diese Verfahren sind für den Personenverkehr bereits sehr weit entwickelt. Sie besitzen untereinander bestimmte Vor- und Nachteile, welche evaluiert werden sollten. Alle diese Verfahren sind jedoch deutlich konsistenter mit dem tatsächlichen Verhalten zur Deckung zu bringen als die traditionellen Verfahren. Nachteil ist in jedem Fall erhöhter Rechenzeit- und Speicherbedarf. Im Güterverkehr ist ein Übergang auf aktivitätenbasierte Ansätze noch nicht zielführend. Hier müssen zunächst die wesentlichen Einflussfaktoren der Entscheidungsprozesse besser erfasst und verstanden werden, damit Verbesserungen an den bisher verwendeten Modellen möglich sind. Vom Fortgang der empirischen Untersuchungen hängt es ab, wie schnell ein Übergang zu aktivitäten- bzw. wegekettensbasierten Ansätzen möglich ist.

### 7.1.2 Integriertes multimodales Modellkonzept

Die vorgeschlagene Evaluation alternativer Modellansätze kann als Vorarbeit für den Aufbau eines Modellrahmens dienen, der perspektivisch auch feinräumige, über die bisherigen Stufen integrierte multimodale Modellläufe für Deutschland ermöglicht. Zumindest langfristig sollte bei künftigen BVWPs das bisherige Stufenkonzept überwunden und durch eine einstufige multimodale Mikroprognose des Personen- und Güterverkehrs, die bezüglich der gemeinsamen Nutzung der Infrastruktur rückgekoppelt sind, ersetzt werden. Die neue Methodik würde viele der in diesem Bericht genannten Probleme wie z. B. die Modellierung des induzierten und verlagerten Verkehrs grundsätzlich lösen. Insbesondere würde ein wesentlicher Beitrag zur methodischen und datenseitigen Konsistenz der Planung geleistet. Die globalen Makroprognosen, die – vor allem für den Güterverkehr – weiterhin wichtig bleiben, hätten dann in erster Linie die Funktion, zur Modellkalibrierung und zur Kontrolle der Ergebnisse der multimodalen Mikroprognose beizutragen; sie stellen keine übergeordnete Stufe mehr dar.

Die methodischen und datenseitigen Anforderungen an eine solche Mikroprognose steigen damit allerdings an. Es wäre die Entwicklung eines vollständig und durchgängig gestalteten, intermodalen Modellkonzepts für den Personen- und Güterverkehr hinsichtlich Verkehrserzeugung (Aktivitätenwahl), Verkehrsverteilung (Quelle-Ziel-Wahl), Verkehrsaufteilung (Verkehrsmittelwahl) und Umlegung

---

<sup>32</sup> Vgl. z.B. Lohse (1998).

<sup>33</sup> Vgl. z.B. Bowman (2004) sowie Nagel et al. (2007).

(Routenwahl) erforderlich, wobei auch die grundsätzlichen Aspekte der nachfolgenden Bewertung zu beachten sind. Die theoretischen Grundlagen der genutzten Verkehrsnachfragemodellierung sollten mit den theoretischen Grundlagen der NKA im Rahmen des Möglichen und Nötigen „harmonisiert“ werden, um Konsistenz zwischen prognostiziertem Verhalten und ökonomischer Bewertung sicherzustellen.

Es liegen bereits einige Erfahrungen im Aufbau und in der Nutzung umfassender integrierter Verkehrsmodelle vor. Zu diesen zählen etwa das im Rahmen der Gesamtverkehrsprognose 2025 für Berlin-Brandenburg genutzte Modell<sup>35</sup> oder das nationale Verkehrsmodell für die Schweiz.<sup>36</sup> Viele der für den Modellaufbau benötigten Daten, z.B. zu Verkehrsnetzen, dürften zudem auf untergeordneter (z.B. Landes-)Ebene bereits verfügbar sein. Es wird deshalb empfohlen, in einer Methodenstudie den Aufbau eines solchen bundesweiten, multimodal integrierten Verkehrsmodells zu überprüfen. Empfehlenswert wäre aus Sicht des Projektkonsortiums ein modulares Design mit definierten Schnittstellen, um die transparente Überprüfung von Teilergebnissen sowie den Austausch bzw. die Weiterentwicklung einzelner Submodule zu ermöglichen. Als Vorbild bei der Förderung von Transparenz bzgl. der genutzten Daten, Parameter und Modelle kann das zentral beim Schweizer Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) vorgehaltene nationale Personenverkehrsmodell dienen, welches aktuell um ein Güterverkehrsmodell ergänzt wird.

### **7.1.3 Vorhersage des (Bewertungs-)Resultates statt Vorhersage des zukünftigen Verkehrs**

Das derzeitige Verfahren enthält folgende Schritte:

- Vorhersage des zukünftigen Verkehrs
- Vorhersage der Veränderung des zukünftigen Verkehrs unter einer Maßnahme
- Bewertung dieser Veränderung

Dabei sind die ersten beiden Schritte als Punktvorhersagen konzipiert, es gibt also genau *ein* Resultat. Dabei sind die Vorhersagen bekanntermaßen mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Minimal notwendig wäre eine Betrachtung der Sensitivitäten des Resultates, u.a.:

- Wie verändert sich das Resultat, wenn sich der zukünftige Verkehr anders entwickelt?
- Wie verändert sich das Resultat, wenn die Verhaltensmodelle/-parameter anders gewählt werden?

Als Anhaltspunkt für die Gestaltung von Sensitivitäts- und Risikoanalysen bei Projektbewertungen könnten z.B. die vom Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE) geforderten Verfahren dienen. Demnach muss für Projekte, die als förderwürdig eingestuft werden sollen, eine gewisse

---

<sup>34</sup> Vgl. z.B. Kutter (2003) und Fellendorf et al. (1997).

<sup>35</sup> Vgl. PTV / TCI (2009).

Robustheit des Kosten-Nutzen-Verhältnisses auf die Änderung bestimmter Einflussgrößen nachgewiesen werden.

Eine Alternative, welche die Aufspaltung auf verschiedene Szenarien vermeidet, wäre die Berechnung einer „wahrscheinlichsten Bewertung unter Unsicherheit“.<sup>37</sup> Dies wäre insbesondere dann nützlich, wenn nachgewiesen werden könnte, dass die Priorisierung der Maßnahmen eine deutlich robustere Messgröße darstellt als die Verkehrsvorhersage. Solche Aussagen sind durchaus zu erwarten, da „ernste“ Engpässe und deren Beseitigung unter mehreren Szenarien positive Wirkungen zeigen.

## 7.2 Methodisch-organisatorisch

Neben den oben aufgeführten Vorschlägen gibt es eine Reihe von Vorschlägen, welche zunächst methodisch möglich sind, aber zusätzlich Veränderungen auf organisatorischer Ebene benötigen.

### 7.2.1 Dauernde Lauffähigkeit

Aus der Wettervorhersage und auch aus den Verkehrsrechenzentren sind kontinuierliche (Kurzzeit-) Vorhersagen inzwischen wohlbekannt. Ähnliches ließe sich auch durchaus für langfristige Vorhersagen einsetzen. Dies könnte man sich z.B. wie folgt vorstellen:

- Es gibt ein Modell, welches kontinuierlich beim Vorliegen neuer Daten (Netz, MiD, SrV, ...) den Ist-Zustand neu berechnet.
- Darauf beruhend werden die Szenarien neu gerechnet. Bei Bedarf können auch weitere Szenarien angefügt werden.
- Des Weiteren können neue Maßnahmen zeitnah evaluiert werden.

Dies hätte insbesondere den Vorteil, dass auf plötzliche und unerwartete Systemveränderungen evtl. schneller reagiert werden könnte.

Optimalerweise stünde ein solches „Verkehrsrechenzentrum“ (analog zum Deutschen Klimarechenzentrum, [www.dkrz.de](http://www.dkrz.de)) auch wissenschaftlichen Einrichtungen zur Verfügung, um zur Weiterentwicklung des Verfahrens beitragen zu können.

### 7.2.2 Automatische Modell-Tests und deren webbasierte Sichtbarkeit

Bei der Software-Entwicklung sind inzwischen so genannte „Regressions-Tests“ üblich. Diese stellen sicher, dass die Software eine bestimmte Funktionalität hat und diese auch bei Veränderungen beibehält. Es ist möglich, diese Tests automatisch laufen zu lassen und öffentlich zur Verfügung zu stellen (vgl. z.B. <http://matsim.org/tests>). Vorzugsweise würde diese Tests mit *verkehrlichen* Szenarien verbunden werden, z.B. bestimmte Verkehrsfluss-Charakteristika oder bestimmte Sensitivitäten, bzgl.

---

<sup>36</sup> Vgl. Lohse et al. (2006).

<sup>37</sup> Vgl. z.B. Stainforth et al. (2007).

der Verkehrsmittelwahl, und dies auch in der Darstellung der Resultate herausarbeiten, vorzugsweise webbasiert einsehbar. Optimalerweise würden diese Tests durch den Auftraggeber und/oder durch wissenschaftlichen Austausch festgelegt.

Dies müsste allerdings mit einer Relativierung der Anforderungen einhergehen. So ist es durchaus normal, dass Regressions-Tests oder bestimmte Sensitivitäten nicht immer oder nicht wie gewünscht funktionieren. In solchen Fällen müssten die Antworten in eine sachliche Diskussion münden.

### **7.2.3 Intermodale Entwicklung von Maßnahmen**

In den Vereinigten Staaten ist es inzwischen vorgeschrieben, dass bei einer Maßnahme nachgewiesen wird, dass der für die Problemlösung beste Verkehrsträger gewählt wird.<sup>38</sup> So kann einen Korridor-Engpass durch eine Straßenbau-Maßnahme sicher bekämpft werden (und würde dafür eine positive BVWP-Bewertung erhalten), aber es ist nicht sichergestellt, dass dies der beste Verkehrsträger zur Beseitigung des Engpasses ist. Im Rahmen der derzeitigen BVWP-Methodik könnte eine derartige Frage gar nicht beantwortet werden, da die positiven Wirkungen eines Verkehrsträgers auf den anderen nicht mitbewertet werden können. In den USA hat diese veränderte gesetzliche Forderung dazu geführt, dass (langsam) Modelle entwickelt werden, welche diese Fragestellungen beantworten können. Das in Abschnitt 7.1.2 vorgeschlagene integrierte multimodale Modellkonzept wäre dafür ideal geeignet.

## **7.3 Organisatorisch**

### **7.3.1 Standardisierung**

Ein Nachteil des derzeitigen Verfahrens ist die Fülle an Details. Dem könnte u.a. dadurch begegnet werden, dass eine Art „Standard-Verfahren“ festgelegt wird. Dies müsste für den BVWP nicht zwangsweise bindend sein, hätte aber den Vorteil, dass sich die Dokumentation auf die Darstellung der *Unterschiede* zum Standard-Verfahren konzentrieren könnte. Die Definition eines Standard-Verfahrens kann direkt im Rahmen des wissenschaftlichen Austauschs stattfinden, siehe hierfür beispielsweise [www.rimea.org](http://www.rimea.org), wo auf diese Weise die Entwicklung eines Standards für Evakuierungs-Simulationen festgelegt wurde.

### **7.3.2 Regelmäßige BVWP-Methodik-Konferenz**

Die amerikanische Verkehrsforschung hat mit dem „Transportation Research Board Annual Meeting“ eine Plattform, auf der einmal pro Jahr die gesamten Resultate der amerikanischen Verkehrsforschung diskutiert werden. Dies wäre u.E. auch für Deutschland (oder Europa) anzustreben; eine BVWP-Methodik-Konferenz könnte dort dann eingefügt werden. Solange es eine derartige deutsche (oder europäische) Konferenz nicht gibt, sollte es eine unabhängige jährliche

---

<sup>38</sup> Vgl. hierfür das Intermodal Surface Transportation Efficiency Act (ISTEA) von 1991; Public Law 102-240.

BVWP-Methodik-Konferenz geben. Eine solche Konferenz wäre vorzugsweise international durchzuführen, was dazu beitragen würde, dass sich die BVWP-Methodik der internationalen Diskussion stellt. Die Konferenz würde daher vorzugsweise auf Englisch durchgeführt; falls dies ein Problem darstellt, sollten entsprechende Simultanübersetzungen organisiert werden.

### **7.3.3 Bereitstellung von Zwischenergebnissen und Resultaten**

Im Sinne der Transparenz wäre es wünschenswert, wenn für den BVWP erstellte Zwischenergebnisse und Resultate für Forschungszwecke bereitgestellt würden. Basierend auf diesen (Teil-)Ergebnissen könnten an den Hochschulen Forschungsarbeiten (z.B. im Rahmen von Diplomarbeiten oder Dissertationen) erstellt werden, was für die Transparenz und die Weiterentwicklung des Verfahrens extrem zuträglich wäre. In dieser Hinsicht sind die Veröffentlichungen der Matrizen der Außenhandels- und Strukturdatenprognose 2025, der Verflechtungsprognose 2025 sowie der Datensätze aus MiD und KiD bei der Daten-Clearingstelle des DLR ein unbedingt zu begrüßender Schritt.

## Quellenverzeichnis

### **Literatur**

Axhausen, K. W., Hess, S., König, A., Abay, G., Bates, J. J. and Bierlaire, M. (2008). Income and distance elasticities of values of travel time savings: New Swiss results, *Transport Policy* 15, S. 173-185.

Bowman, J.L. (2004): A comparison of population synthesizers used in microsimulation models of activity and travel demand, working paper. <http://www.jbowman.net/papers/B04.pdf>.

Brilon, W. , Regler, M. und J. Geistefeldt (2005): Zufallscharakter der Kapazität von Autobahnen und praktische Konsequenzen. In: *Strassenverkehrstechnik*, Heft 3 (Teil 1) und Heft 4 (Teil 2) 2005.

BVU / IVV / Planco (2003): Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik Bundesverkehrswegeplan 2003, Schlussbericht zum FE-Vorhaben 96.0790/2003 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen.

BVU / Intraplan (2007): Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. [http://www.dlr.de/cs/Portaldata/10/Resources/dokumente/daten\\_berichte/FE\\_96\\_857\\_2005\\_Verflechtungsprognose\\_2025\\_Gesamtbericht\\_20071114.pdf](http://www.dlr.de/cs/Portaldata/10/Resources/dokumente/daten_berichte/FE_96_857_2005_Verflechtungsprognose_2025_Gesamtbericht_20071114.pdf)

Chaumet, R., Axhausen, K., Bernard, M., Bruns, F., Locher, P., Lüthi, M. und D. Imhof (2007): Verfahren zur Berücksichtigung der Zuverlässigkeit in Evaluationen. Forschungsarbeit 2002/002 für die Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI).

de Jong, G., Daly, A., Pieters, M. and Van der Hoorn, T. (2005): The logsum as an evaluation measure - review of the literature and new results, *ERSA conference papers*, European Regional Science Association.

de Jong, G., Tseng, Y., Kouvenhoven, M., Verhoef, E. And J. Bates (2007): The Value of Travel Time and Travel Time Reliability. Final report for The Netherlands Ministry of Transport, Public Works and Water Management.

Fellendorf, M. et al. (1997): VISEM - an activity chain based traffic demand. <http://cgi.ptv.de/download/traffic/library/2000%20VISEM%20Activity%20Chain%20Based%20Modeling.pdf>.

Heinitz, F. and Liedtke, G. (2010): Principles of Constraint-Consistent Activity-Based Transport Modeling, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering CACAIE*, 25 (2010) S.101–115, Wiley-Blackwell, New York.

König, A. (2004) : Messung und Modellierung der Verlässlichkeit des Verkehrsangebots - Experimente mit Schweizer Befragten, Dissertation Nr. 15776 an der ETH Zürich. <http://e-collection.ethbib.ethz.ch/eserv/eth:27535/eth-27535-01.pdf>.

Kutter, E. (2003): Modellierung für die Verkehrsplanung - Theoretische, empirische und planungspraktische Rahmenbedingungen, Working Paper des European Centre for Transportation and Logistics an der TU Hamburg-Harburg. [http://www.vsl.tu-harburg.de/vsl\\_2/Archiv/wp/wp21.pdf](http://www.vsl.tu-harburg.de/vsl_2/Archiv/wp/wp21.pdf).

Liedtke, G., Friedrich, H., Keultjes, D., Schröder, S. (2010): Estimation of the benefits of shippes from a multimodal transport network, akzeptiert als Beitrag für die WCTR-Konferenz 2010 in Lissabon.

Liedtke, G., Schröder S., Babani, J., (2010): Perspektiven der Datenerhebungen im Straßengüterverkehr in Deutschland, Internationales Verkehrswesen 6, 2010.

Lohse, D. (1998): Beschreibung des EVA-Modells, Arbeitspapier des Fachbereichs Theorie der Verkehrsplanung der TU Dresden. <http://vplno1.vkw.tu-dresden.de/vpl/viseva/Download/Visevalang.pdf>.

Lohse, D. / Schiller, C. / Teichert, H. / Vrtic, M./ Fröhlich, P. / Schüssler, N. / Axhausen, K.W (2006): Ein zweiseitig gekoppeltes Modell zur simultanen Berechnung der Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung und Verkehrsaufteilung: theoretischer Hintergrund und praktische Anwendung für ein nationales Modell der Schweiz. *Verkehrsforschung Online*, 3(1):1, 2006.

Nagel, K. et al. (2007): Multi-agent transport simulation and economic evaluation, Arbeitspapier ders Lehrstuhls für Verkehrssystemplanung und Verkehrstelematik der TU Berlin. <https://svn.vsp.tu-berlin.de/repos/public-svn/publications/vspwp/2007/07-14/02aug07appraisal.pdf>

Park, J. (1995). Railroad Marketing Support System based on the Freight Choice Model. PhD. Massachusetts Institute of Technology.

Planco (2007): Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtung – Seeverkehrsprognose. Endbericht zum FE-Vorhaben 96.0864/2005 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

Powell, T. (2001): *The Principles of Transport Economics*. PTRC, London.

PTV / TCI (2009): Gesamtverkehrsprognose 2025 für die Länder Berlin und Brandenburg, 2009. URL: <http://gvp2025.net/ergebnisse/GVP2025Ergebnisbericht2009.pdf>.

Rothengatter, W. / Jochem, P. / Krail, M. / Liedtke, G. / Scholz, A. (2009): Simulation von Strukturänderungs-Szenarien. Unterauftrag im Rahmen des Gutachtens "Verkehrsinfrastrukturpolitik zwischen Globalisierung, Konjunkturprogrammen und Wachstumserfordernissen" für das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

Shires, J. D. and de Jong, G. (2009). An international meta-analysis of values of travel time savings, *Evaluation and Program Planning* 32, S. 315-325.

Small, K. A. / Winston, C. / Yan, J. (2002): Uncovering the Distribution of Motorists Preferences for Travel Time and Reliability; Working Paper. [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=707101](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=707101).

Stainforth, D.A. / Tredger, M.E. / Smith, L.A. (2007): Confidence, uncertainty and decision-support climate predictions, 2007.

Wardman, M. (2004). Public transport values of times, *Transport Policy* 11, S. 363-377.

### **Interviews**

Experteninterview zu den Themen „Prognose Wasserstraße“ und „Hafenhinterlandverkehr“ im BMVBS (Bonn) am 03.06.2009. Teilnehmer: Hr. Kotzagiorgis (PLANCO Consulting), Hr. Rieken (PLANCO Consulting), Hr. Schaarschmidt (BMVBS, UI 34), Hr. Dr. Haßheider (BMVBS, UI 20), Hr. Burg (TCI Röhling), Hr. Winter (TU Berlin, WIP).

Experteninterview zum Thema „Globalprognose“ im BMVBS (Bonn) am 10.06.2009. Teilnehmer: Fr. Dr. Birn (BVU), Hr. Dr. Schubert (Intraplan), Fr. Löcker (BMVBS, UI 34), Hr. Schaarschmidt (BMVBS, UI 34), Hr. Dr. Haßheider (BMVBS, UI 20), Hr. Dr. Röhling (TCI Röhling), Hr. Winter (TU Berlin, WIP).

Experteninterview zum Thema „Umlegung Straße“ im BMVBS (Bonn) am 15.06.2009. Teilnehmer: Hr. Bolik (IVV), Hr. Klatt (BMVBS, StB 10), Hr. Dr. Haßheider (BMVBS, UI 20), Hr. Schrempp (TCI Röhling), Hr. Prof. Nagel (TU Berlin, VSP), Hr. Prof. Beckers (TU Berlin, WIP), Hr. Winter (TU Berlin, WIP).

Experteninterview zum Thema „Umlegung Schiene“ im BMVBS (Bonn) am 23.06.2009. Teilnehmer: Fr. Dr. Birn (BVU), Hr. Mann (Intraplan), Hr. Gratza (BMVBS, UI 20), Hr. Dr. Haßheider (BMVBS, UI 20), Hr. Prof. Nagel (TU Berlin, VSP), Hr. Dr. Röhling (TCI Röhling), Hr. Winter (TU Berlin, WIP).