

86. Jahrgang – Heft 3 – 2015

## ZEITSCHRIFT FÜR VERKEHRSWISSENSCHAFT

### INHALT DES HEFTES:

Editorial	Seite 179
BVWP-Bewertungsverfahren: Volle Fahrt zurück in die orthodoxe Neoklassik Von Werner Rothengatter, Karlsruhe	Seite 181
Weiterentwicklung der BVWP-Methodik im Bereich Schiene Von Hans-Ulrich Mann, München	Seite 205
Reverse-engineering of the rule-of-half in order to retrofit an assessment procedure based on resource consumption Von Kai Nagel, Benjamin Kickhöfer, Martin Winter, Berlin	Seite 219

Manuskripte sind zu senden an die Herausgeber:

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

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

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

## Herausgeber

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

## Schriftleitung

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

## Herausgeberbeirat

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

---

## Editorial

Seit den 1970er Jahren stellt der jeweils aktuelle Bundesverkehrswegeplan (BVWP) eine wichtige Grundlage für Investitionsentscheidungen des Bundes im Bereich der Infrastruktur der Verkehrsträger Straße, Schiene und Binnenwasserstraße dar. 2009 stieß das Bundesverkehrsministerium die Erarbeitung des insgesamt sechsten Bundesverkehrswegeplanes an. Die Arbeiten dazu befinden sich aktuell in der Endphase, ein Entwurf für den neuen Bundesverkehrswegeplan soll Mitte März 2016 vorgelegt werden, im Laufe des Jahres soll das Bundeskabinett dann die endgültige Fassung beschließen.

Im Vorfeld der Aufstellung des neuen BVWP war eine Aktualisierung und methodische Weiterentwicklung der Prognose- und Bewertungsverfahren aus dem letzten BVWP 2003 notwendig, mit deren Hilfe die Wirkungen von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen ermittelt und bewertet werden. Kern des Bewertungsverfahrens war und ist die Nutzen-Kosten-Analyse, deren Ergebnis die Aufnahmen in den BVWP und die Einstufung von Projekten nach Dringlichkeit maßgeblich beeinflusst. Wichtige methodische Weiterentwicklungen wurden in einer Reihe von Forschungsprojekten vorangetrieben, die sich u.a. mit der Leistungsfähigkeit der vorhandenen verkehrsprognostischen Instrumente, der Fortentwicklung der angewandten Nutzen-Kosten-Analyse, einer Methodik zur Investitionskostenplausibilisierung und Umweltbewertung, der Erhebung neuer Zeitkostenwerte für den Personen- und Güterverkehr, der Aufnahme von Zuverlässigkeit als Bewertungskomponente sowie der Integration einer Strategischen Umweltprüfung (SUP) in die Bundesverkehrswegeplanung beschäftigten.

Vor dem Hintergrund dieser regen Forschungstätigkeit bildeten diese Themen einen inhaltlichen Schwerpunkt der in Kooperation mit der Zeitschrift für Verkehrswissenschaft (ZfV) organisierten dritten Konferenz „Verkehrsökonomik und -politik“, die am 11. und 12. Juni 2015 in Berlin stattfand. Ausgewählte Beiträge der Sessions zum BVWP auf dieser Konferenz werden nun in zwei Sonderausgaben der ZfV veröffentlicht.

Im vorliegenden ersten Sonderheft leitet zunächst Prof. Werner Rothengatter (KIT Karlsruhe) in seinem Artikel „BVWP-Bewertungsverfahren: Volle Fahrt zurück in die orthodoxe Neoklassik“ die Diskussion ein, in dem er verschiedene Aspekte der neuen Bewertungsmethodik aber vor allem auch der Strukturdatenprognose der BVWP aus einem grundsätzlichen Blickwinkel kritisch beleuchtet. Anschließend schildert Ulrich Mann (Intraplan München) die wesentlichen Weiterentwicklungen der Bewertungsmethodik für Schieneninfrastruktur, während das Autorenteam um Prof. Kai Nagel (TU Berlin) in ihrem Beitrag die neu in das Bewertungsverfahren aufgenommene Komponente des sogenannten impliziten Nutzens in den Mittelpunkt der Betrachtung stellt. Wir hoffen, dass diese Artikel fruchtbare Fachdiskussionen unterstützen, die für die weitere Fortentwicklung der Methoden zur Prognose und Bewertung von Verkehrsinfrastrukturprojekten im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung erforderlich sind.

Die Herausgeber

---

## BVWP-Bewertungsverfahren: Volle Fahrt zurück in die orthodoxe Neoklassik

VON WERNER ROTHENGATTER, KARLSRUHE

### 1. Einführung

Seit über 200 Jahren beherrschen Klassik und Neoklassik die Wirtschaftswissenschaften, zunächst als philosophische Grundlage für die Theorie dezentral organisierter Marktökonomien und später als mathematisches Modellgebäude, das zwar auf realitätsfernen Prämissen basiert, aber eine fast unbegrenzte Vielfalt von formal-theoretisch wohl fundierten Modellanalysen durch partielle Variationen dieser Prämissen (kontrollierte Experimente im ökonomischen Forschungslabor) ermöglicht. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der „orthodoxen“ und der „modernen“ Neoklassik. Die „orthodoxe“ Neoklassik überträgt das Denkgebäude der ökonomischen Klassiker Adam Smith, David Ricardo oder John Stuart Mill in eine formalisierte Struktur, die auf einem abstrakten Prämissensystem basiert (siehe die Zusammenfassung im folgenden Abschnitt), so dass Partialanalysen wie etwa bei Marshall (1890) oder Pigou (1920) mit graphischer Unterstützung (Marktdiagramme) oder totale Gleichgewichtsanalysen wie etwa bei Walras (1874) oder Arrow/Debreu (1954) möglich werden. Die „moderne“ Neoklassik erweitert den Analyserahmen durch Einbeziehung realitätsbezogener Merkmale, wobei grundlegende Prämissen (rationale Entscheidungen, gleichgewichtige Prozesse) erhalten bleiben. Beispiele sind die ressourcenökonomischen Ansätze aus den 1970er Jahren (etwa: Arrow/Kurz (1970); Dasgupta/Heal (1979)) oder die endogenen Wachstumstheorien (z.B. Romer (1996)), wie später diskutiert. Die ökonomische Geographie von Krugman (1993), die später zur Grundlage der räumlichen Agglomerationstheorie wurde (vgl. Abschnitt 3 c.), integriert Sektoren mit zunehmenden Skalenerträgen in eine ansonsten neoklassisch modellierte wirtschaftliche Umgebung und kommt so zu Ergebnissen, die fundamental von der orthodox-neoklassischen Theorie abweichen. Selbst die der orthodoxen Neoklassik diametral widersprechende Keynesianische Lehre lässt sich mit „modernen“ neoklassischen Methoden – insbesondere mit Hilfe von mikroökonomischen Optimierungskalkülen – darstellen, wobei dies zunächst die Keynesianische Botschaft nicht traf (wie bei Hansen und Hicks (1937), aber später in der „neuen Mak-

---

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Werner Rothengatter  
Karlsruher Institut für Technologie  
Lehrstuhl für Netzwerkökonomie  
Waldhornstraße 27  
76131 Karlsruhe  
rothengatter@kit.edu

roökonomik“ (Bénassy, 1975; Malinvaud, 1977) formal-methodisch konsistent und inhaltlich korrekt aufgebaut wurde. Dabei verschwimmen allerdings die Abgrenzungen zwischen „rational“ oder „emotional“ entscheidenden Akteuren (etwa durch die Einbeziehung subjektiv wahrgenommener Beschränkungen) und „Gleichgewichten“ (temporär, labil) oder „Ungleichgewichten“.<sup>1</sup> Wenn im Folgenden von einer Rückkehr zur Neoklassik die Rede ist, so ist damit die „orthodoxe“ Linie der Neoklassik angesprochen, die sich durch die folgenden Merkmale<sup>2</sup> kennzeichnet:

Mikroökonomie:

- homo oeconomicus (rationale nutzenmaximierende Konsumenten, rationale gewinnmaximierende Unternehmen)
- konvexe Präferenzen (abnehmende Grenznutzen) und Technologien (abnehmende Grenzproduktivitäten und Skalenerträge)
- vollständige Information bzw. rationale Erwartungen
- stetige, schnelle, gleichgewichtige Anpassungsprozesse

Makroökonomie:

- Marktgleichgewichte auf Basis dezentraler Entscheidungen vieler unabhängiger Akteure auf beiden Marktseiten
- Vollbeschäftigungsgleichgewichte auf Basis „klassisch“ funktionierender Arbeitsmärkte mit Marktausgleich durch flexible Reallöhne
- Wachstumsgleichgewichte mit Pfadbestimmung durch die Veränderung der Erwerbspersonen (vereinfacht: Bevölkerungswachstum) und den technischen Fortschritt (exogen, nicht gezielt beeinflusst durch Unternehmen oder Politik).

Die Nutzenmessung mit Hilfe der Fläche unterhalb der Nachfragekurve ist von Jules Dupuit (1844) begründet worden, der als französischer Verkehrsingenieur sicher nicht den ökonomischen Klassikern zuzurechnen ist.<sup>3</sup> Dupuit erkannte durchaus die Grenzen seiner Messidee für die Nutzen aus Verkehrsaktivitäten und ihm klar war, dass weder Effekte auf die Produktionsstruktur, auf den technischen Fortschritt noch auf die Einkommensverteilung damit gemessen werden konnten. Erst als die Neoklassik, beginnend mit Alfred Marshall (1890), den Gedanken unter dem Begriff „consumer’s surplus“ wieder aufgriff, wurde er in die neoklassische (partielle) Gleichgewichtsumgebung eingebettet. Gleichzeitig wurden die zu Beginn sehr anschaulichen Ingenieurgedankengänge Dupuit’s in eine für Nicht-Ökonomen schwer verständliche Begriffs- und Formelwelt gepresst und die von Dupuit

<sup>1</sup> Vgl. hierzu Shiller (2000).

<sup>2</sup> Nur die hier wichtigen Prämissen sind erwähnt.

<sup>3</sup> Dies zeigen die negativen Kommentare von L. Walras zur Dupuit’schen Nutzentheorie und auch die übrigen Beiträge von Dupuit zu Investitionen und Preisbildung im Verkehr. Die Charakterisierung von Dupuit als klassischen „Marginalisten“, wie sie von Hotelling (1938) fälschlicherweise vorgenommen wurde, ist klar widerlegt (siehe hierzu den Sammelband von Breton und Klotz (2009), in dem auch Dupuit’s Interventionen bei der Pariser Société d’Économie Politique abgedruckt sind).

erkannten Aussagegrenzen nicht mehr erwähnt. Dies ist bis heute die wohlfahrtstheoretische Grundlage der Nutzen-Kosten-Analyse, wie sie in vielen Lehrbüchern und –texten zu finden ist.

Als die Grundlagen der RAS-W (später BVWP) -Bewertungsmethodik zu Beginn der 1970er Jahre entwickelt wurden, hat man sich durchaus gefragt, ob den mikroökonomischen Lehrbuchtexten mit den idealisierten Marktdiagrammen und einschränkten Konsumenten- und Produzentenrenten gefolgt werden soll, oder ein systemanalytischer Ansatz mit klarer Trennung von Mengen- und Wertgerüsten vorzuziehen ist, der im Ergebnis zu einer Mehr-Kriterien-Analyse mit monetärer Bewertung führt (vgl. Rothengatter, 1974). Man hat sich damals für das Letztere entschieden, weil dadurch alle wesentlichen Effekte aus Verkehrsinvestitionen prinzipiell adressiert werden konnten, also auch Einflüsse auf die Umwelt, die Raumordnung, auf Wirtschaftswachstum und -struktur sowie die regionale oder personale Einkommensverteilung. Die Schwächen bei der Behandlung des induzierten Verkehrs oder die Doppelzählungen von Nutzelementen, die in verschiedenen Kriterien auftraten, hielt man lange Zeit für nicht gravierende Schönheitsfehler, die später mit pragmatischen Ansätzen retuschiert wurden.

Die neue Bewertungsmethodik zur BVWP, wie sie seit Ende 2013 veröffentlicht wurde, verlässt diesen systemanalytischen Ansatz und kehrt zum neoklassischen Ansatz der Konsumentenrente in einer Gleichgewichtsumgebung (Vollbeschäftigungsgleichgewicht in der Wirtschaft) zurück. Damit lassen sich induzierte Verkehre konsistent behandeln und Doppelzählungen vermeiden. Auf der anderen Seite werden aber wichtige Fragestellungen der Verkehrs- und Wirtschaftspolitik ausgeblendet, weil diese in der neoklassischen Prämissenwelt keine Rolle spielen. In der folgenden Analyse werden die orthodox-neoklassischen Elemente der neuen BVWP-Bewertung beleuchtet und ihre Konsequenzen dargestellt. Dies betrifft:

- die Wirtschaftsprognose und die Rolle der Infrastruktur für Wachstum, Beschäftigung und Strukturwandel,
- das Konzept der Nutzenmessung mit seiner Konzentration auf Konsumenten- und Produzentenrenten,
- das Konzept der Opportunitätskosten des öffentlichen Kapitals.

Am Ende ist zu folgern, dass wirtschaftlich wichtige und politisch relevante Auswirkungen von Verkehrsinvestitionen im neuen BVWP-Verfahren ausgeblendet werden, so dass bei Vorhaben von erheblicher Bedeutung eine Erweiterung des Bewertungsverfahrens angezeigt ist.

## 2. Orthodox-Neoklassischer Ansatz der Wirtschaftsprognose

Die Prognose der Strukturdaten für die Entwicklung von Bevölkerung, Wirtschaft und Außenhandel liefert die elementaren Rahmenbedingungen für die Prognose der Verkehrsaktivitäten. Bezogen auf die wirtschaftliche Entwicklung bietet der neoklassische Ansatz

besonders einfach erscheinende Aussagen zu den wesentlichen Triebkräften des Wachstums. Die Schlüsselgrößen orthodox-neoklassischer Wachstumsmodelle sind die Veränderungen des Arbeitskräftepotentials und der technische Fortschritt. Letzterer wird als exogen angenommen und steht in keinem Zusammenhang mit anderen ökonomischen Größen wie etwa staatlichen Ausgaben für Forschung und Entwicklung oder für Bildung und Infrastruktur.

Dieser einfache Ansatz wird in der BVWP-Strukturdatenprognose nochmals simplifiziert. Hier gilt:

„Das im Zuge des demographischen Wandels abnehmende Arbeitsangebot wird insofern zunehmend zum das deutsche Wirtschaftswachstum restringierenden Faktor.“ (IFO et al., 2014, S. II)

Dies bedeutet, dass auch der technische Fortschritt keine differenzierende Rolle für das regionale Wirtschaftswachstum spielt und eine detaillierte Analyse der Investitionstätigkeit sowie der strukturverändernden Technologien unterbleiben kann. Dies wird scheinbar durch das ökonometrische Modell bestätigt, das auf Kreisebene disaggregiert wurde. Die regionalen Produktionsfunktionen sind vom Typ

$$(1) \quad Y^r = A * L^{\alpha_L} * H^{\alpha_H} * K^{\alpha_K}$$

$Y^r$ : realer Output

A: Stand des technischen Wissens (auch: totale Faktorproduktivität)

L: einfach qualifizierte Arbeitskräfte

H: hoch qualifizierte Arbeitskräfte

K: Realkapital

$\alpha$ : Produktionselastizität (für einfache Arbeit, hoch qualifizierte Arbeit, Kapital).

Die logarithmierte Form dieser Produktionsfunktion wird im Querschnitt über die Kreise und für jedes Jahr des Zeitraums 2002 – 2008 geschätzt, wobei noch ein Dummy für die Regionen Ostdeutschlands eingefügt wurde, um den Produktivitätsparameter A besser anzupassen. Im Ergebnis ergibt die Schätzung mit Hilfe der Kleinstquadrat-Methode<sup>4</sup>:

$$(2) \quad Y^r = (0,0657031 - 0,01179499 * D_{Ost}) * L^{0,776659} * H^{0,163645} * K^{0,094376}$$

$D_{Ost}$ : Dummy-Variable für Regionen in Ostdeutschland

<sup>4</sup> Bei der Schätzung sind den Autoren gleich zwei formale Fehler unterlaufen: Zunächst wurde nur die rechte Seite der Gleichung logarithmiert. Die Transformation in die lineare Form ist damit nicht monoton und verzerrt den ursprünglichen Zusammenhang. Zweitens wurden die geschätzten Parameter der teil-linearisierten Form in die ursprüngliche multiplikative Form eingesetzt. Dies ist unzulässig, weil der geschätzte Zusammenhang nur für die Logarithmen der Variablen gilt, aber nicht für die absoluten Werte.



Bei der Prognose gehen die Autoren davon aus, dass das technische Wissen für alle Regionen gleich pro Jahr um 1% steigt. Die Entwicklung der Beschäftigung folgt aus der Bevölkerungsprognose, während sich der Kapitalstock aus einem Optimierungsmodell ergibt, in dem die Beschäftigung als Leitvariable fungiert.

Aufbauend auf dem Konstrukt der regionalen Produktionsfunktionen und den ökonometrischen Schätzergebnissen entsteht das folgende Bild der wirtschaftlichen Entwicklung bis zum Jahr 2030:

- Im Jahr 2030 herrscht in Deutschland das Vollbeschäftigungsparadies. Die Arbeitskraft wird zum limitierenden Faktor des Wachstums. Auch der Kapitaleinsatz wird durch den Engpassfaktor Arbeit bestimmt.
- Die Entwicklungen im Produktions- und Dienstleistungsgewerbe sind primär von einfach qualifizierter Arbeitskraft abhängig, denn die Produktionselastizität beträgt hier 0,78, d.h. eine Steigerung des Einsatzes an einfach qualifizierter Arbeit um 1% führt zu einer Produktionssteigerung um 0,78%.
- Der Einfluss hoch qualifizierter Arbeit ist mit einer Produktionselastizität von 0,16 deutlich geringer. Dies bedeutet zum Beispiel, dass Investitionen in das Bildungswesen zur Erhöhung des Anteils hoch qualifizierte Arbeit wenig volkswirtschaftlichen Ertrag bringen.
- Der Einfluss des Kapitals ist mit einer Produktionselastizität von 0,1 sehr gering, der Beitrag zum Wachstum fast vernachlässigbar.
- Das öffentliche Kapital spielt für das Wirtschaftswachstum keine Rolle. Bildung und Infrastruktur sind unbedeutende Faktoren oder sie verbergen sich unspezifiziert im technischen Wissen (wobei die Größe  $A$  in (2) alle nicht spezifizierten Einflüsse enthält, so dass man sie nicht mehr als Einfluss des technischen Wissens bezeichnen kann).
- Der technische Fortschritt ist exogen und seine Entwicklung wird pauschaliert als gleich für alle Regionen angenommen, unabhängig von den regionalen Wirtschaftsstrukturen.

Konzeptionelle Annahmen und Ergebnisse der BVWP-Strukturdatenprognose stehen nicht nur im Widerspruch zu Äußerungen von Politik und politischer Beratung (z.B. der Fratzscher-Kommission, 2015) zur Bedeutung von Bildung und Infrastruktur für Wachstum und Strukturentwicklung, sondern auch zur modernen Wachstumstheorie und deren empirischer Testung.

Das von IFO et al. (2014) verwendete orthodox-neoklassische Wachstumsmodell geht auf Robert Solow (1956) zurück und soll zeigen, dass unter bestimmten restriktiven Annahmen ein Vollbeschäftigungsgleichgewichtspfad nicht die Ausnahme (wie bei den Keynesianischen Wachstumstheorien von Harrod (1939) oder Domar (1946)), sondern die Regel ist. Zu den Prämissen gehören linear-homogene Produktionsfunktionen, Substituierbarkeit von Arbeit und Kapital sowie abnehmende Grenzproduktivitäten, wie in Funktion (1) angenommen. Im Ergebnis wachsen die makroökonomischen Schlüsselindikatoren Sozialpro-

dukt, Beschäftigung und Kapital mit der gleichen zeitlich konstanten Rate. Diese natürliche Wachstumsrate wird im einfachen Modell durch das Wachstum des Arbeitskräftepotentials determiniert, das mit dem Wachstum der Bevölkerung gleich gesetzt wird. Im erweiterten orthodoxen Modell geht zusätzlich auch der technische Fortschritt als exogene Größe ein. Diese Größe wird auch gern als "Maß des technischen Wissens" bezeichnet, Kritiker dieses Modellansatzes bezeichnen sie aber auch gern als "Maß des technischen Unwissens" (vgl. Dunn, 1999), weil die orthodoxe Neoklassik keine Erklärung für dieses Maß liefert und die Ansätze zur empirischen Messung zumeist pauschale Konstanzannahmen sowohl in regionaler wie zeitlicher Hinsicht setzen. Sind die Wachstumsraten der Sozialprodukte in einem Ausgangszeitpunkt regional oder national unterschiedlich, so werden die unterschiedlichen Grenzproduktivitäten von Kapital und Arbeit Kapitalbewegungen generieren, die am Ende zu regional/national konvergierenden Wirtschaftsentwicklungen führen.

Da die zentralen Ergebnisse der orthodoxen Neoklassik – Vollbeschäftigungsgleichgewichte bei gleichen Wachstumsraten für alle ökonomischen Variablen und regionale/nationale Wachstumskonvergenz – nicht dem empirischen Befund entsprechen, gibt es seit den neunziger Jahre Versuche, den theoretischen Rahmen der Wachstumsmodelle zu erweitern und den zentralen Parameter des technischen Wissens endogen zu erklären. Dabei lassen sich zwei Entwicklungslinien für die "endogene Wachstumstheorie" unterscheiden. Erstens die Weiterentwicklung in Richtung auf eine „moderne neoklassische Wachstumstheorie“ unter Beibehaltung wesentlicher Annahmen zum Rationalverhalten der Akteure, wobei auf der Technologieseite besondere Wachstumsantriebe, etwa durch technisches Wissen und daraus folgenden Innovationen, möglich sind, die zu wachsenden Skalenerträgen (und Grenzproduktivitäten) führen (Romer, 1990). Das neue Wissen kann durch Bildungsinvestitionen entstehen und durch Infrastrukturen diffundieren. Zweitens die alternative Entwicklung evolutorischer Modelle, die eine realitätsnähere Beschreibung des menschlichen Verhaltens und der Technologien ermöglichen, wobei die sonst üblichen Konvexitätsannahmen aufgegeben werden und die im Modell generierten Zeitpfade nicht mehr notwendig gleichgewichtig sind. Ein Beispiel ist das Systemdynamik-Modell, wie es von Schade und Krail (2015) aufgebaut wurde. So lässt sich in Systemdynamik-Modellen auch die These von Schumpeter (1950) von der schöpferischen Zerstörung integrieren, die besagt, dass der Prozess der Innovation, also die Umsetzung neuen technischen Wissens in Produkte und Produktionsprozesse, nicht kontinuierlich abläuft, sondern in Phasen, die sich in Wirtschaftszyklen niederschlagen.<sup>5</sup> In beiden Entwicklungslinien ist der technische Fortschritt das Ergebnis wirtschaftlichen Handelns von privaten und staatlichen Akteuren und fällt nicht wie das Manna vom Himmel.

Drei Beispiele sollen demonstrieren in welche Richtung sich der Stand des Wissens seit ca. 25 Jahren entwickelt hat:

---

<sup>5</sup> Es sei angemerkt, dass in der ökonomischen Literatur zu endogenen Wachstumsmodellen fast nur die Gleichgewichtsmodelle erwähnt werden. Evolutorische Modelle und Systemdynamik gelten als eigene Entwicklungslinien außerhalb des Mainstreams.

## a. Romer-Modell

Das Modell von Paul M. Romer (1990) gilt als Prototyp der endogenen Wachstumstheorie. Es besteht aus drei Sektoren: Der Konsumgütersektor wird durch eine Produktionsfunktion beschrieben, die einfache Arbeit  $L$ , qualifiziertes Humankapital  $H$  und akkumulierte Zwischen- und Investitionsgüter  $X$  als Produktionsfaktoren enthält.

$$(3) \quad Y^r(H_Y, L, X) = H_Y^\alpha * L^\beta * A * X^{1-\alpha-\beta}$$

Der Zwischengütersektor generiert Inputs, die durch Konsumverzicht möglich und durch Ersparnis finanziert werden.

$$(4) \quad x_i = \frac{1}{\eta} * Y^r; \quad X = \int_0^\infty x_i di$$

Der Forschungssektor entwickelt Designs (Blaupausen) und verkauft diese an den Zwischengütersektor. Die Forschung vergrößert die allgemeine Wissensbasis und sorgt für die periodische Veränderung der Produktivität. Diese Verbesserung der totalen Faktorproduktivität geht in die Produktionsfunktion ein und sorgt für die Wachstumsdynamik.

$$(5) \quad \dot{A} = \frac{dA}{dt} = \delta * H_A * A$$

Notationen:

- A: technisches Wissen („Menge an Blaupausen, Designs“)
- $H_Y$ : (qualifiziertes) Humankapital des Konsumgüterproduktions-Sektors
- $H_A$ : (qualifiziertes) Humankapital des Forschungssektors
- L: einfache Arbeit
- $Y^r$ : realer Output an Konsumgütern
- $x_i$ : Zwischenprodukte und Kapitalgüter vom Typ  $i$
- $\delta$ : Produktivitätsparameter für den Forschungssektor
- $\eta$ : Anzahl an Endprodukten, die für eine Einheit Zwischen-/Kapitalgut „geopfert“ werden
- $\alpha, \beta$ : Produktionselastizitäten.

Das Romer-Modell basiert auf neoklassischen Grundlagen und hat die Herleitung von Gleichgewichtspfaden mit konstanten Raten zum Ziel, so dass erhebliche Abstraktionen von beobachteten Produktionsprozessen und deren Beeinflussung durch die Wissensproduktion erforderlich sind. Dennoch sind die Abweichungen vom orthodoxen Solow-Modell und dessen Anwendung in der BVWP-Strukturdatenprognose fundamental: Im Ergebnis sind Investitionen in F&E, die Produktivität (Effizienz) von F&E und die Entwicklung des qualifizierten Humankapitals die Treiber des Wachstums. Einfache Arbeit  $L$  ist für das gleichgewichtige Wachstum wenig relevant und auf keinen Fall ein Engpassfaktor.

- b. Regionale Produktionsmodelle mit expliziter Integration von Bildung und Infrastruktur

Das Modell von IHS (2012) verwendet eine regionalisierte Produktionsfunktion vom Typ

$$(6) \quad Y_{i,s} = A_{i,s} * K_{i,s}^{\alpha_1} * L_{i,s}^{\alpha_2} * H_{i,s}^{\alpha_3} * AI_{i,s}^{\alpha_4}$$

Y: Bruttowertschöpfung  
 A: (totale) Faktorproduktivität  
 K: physischer Kapitalstock  
 H: Humankapitalstock  
 L: Beschäftigung  
 AI: Erreichbarkeitsindikator  
 i: Region                    s: Sector                     $\alpha_k$ : Produktionselastizität k

IHS wendet diese Grundlage für die Prognose der wirtschaftlichen Auswirkungen von transeuropäischen Verkehrskorridoren an. In ähnlicher Weise formulieren auch Bökemann et al. (1997) die regionalen Produktionsfunktionen, die sie für 1300 NUTS 3 – Regionen in Europa im Querschnitt schätzen. Während die IHS- und Bökemann-Ansätze eine direkte Schätzung des Einflusses von Verkehrsinvestitionen auf das regionale Wirtschaftswachstum ermöglichen sollen, verwendet das IWW (IWW et al., 2009) den Biehl'schen Potentialansatz (Biehl, 1991; 1995), der zwar formal-technisch ähnlich ist, aber eine unterschiedliche ökonomische Interpretation impliziert. Die Argumente der regionalen Produktionsfunktionen sind hier sog. Potentialfaktoren mit den Eigenschaften der Unteilbarkeit, Nicht-Substituierbarkeit, Immobilität und Polyvalenz. Die „klassischen“ Produktionsfaktoren (einfache) Arbeit und (privates) Kapital gelten als attrahierbar. Das IWW verwendet nach diversen Tests die folgende Funktion für das Produktionspotential:

$$(7) \quad Y_{i,s}^{pot} = A_{i,s} * I_{i,s}^{\alpha_1} * Q_{i,s}^{\alpha_2} * S_i^{\alpha_3} * U_i^{\alpha_4}$$

$Y_{i,s}^{pot}$ : (regionales) Produktionspotential, Region i, Sektor s  
 A (totale) Faktorproduktivität  
 I Indikator für die Infrastrukturausstattung  
 Q Indikator für qualifiziertes Humankapital  
 S Indikator für “weiche Standortfaktoren” (z.B: Kultureinrichtungen)  
 U Indikator für Umweltqualität  
 $\alpha_1, \dots, \alpha_4$ : Produktionselastizitäten

Die empirische Schätzung auf nationaler und europäischer Ebene ergibt für jede Region und Sektor ein Produktionspotential  $Y_{i,s}^{pot}$ . Aus dem Messansatz folgt die Möglichkeit, die aus einer Verbesserung der regionalen Infrastrukturen folgenden Änderungen der regionalen Produktionspotentiale abzuschätzen. Allerdings bedarf es einer zusätzlichen Engpassanalyse, um die Wahrscheinlichkeit für eine Realisierung der potentiellen Produktions-

zuwächse zu bestimmen. Nur wenn die Infrastrukturausstattung als Engpass für die regionale Wirtschaftsentwicklung diagnostiziert werden kann, darf der potentielle Zuwachs auch real erwartet werden und in Prognosen für die Wachstumseffekte von Verkehrsinvestitionen (als „wider economic impact“) einfließen.

c. Räumliche Gleichgewichts- und Systemdynamik-Modelle

SCGE (spatial computed general equilibrium) und SD (systems dynamics) – Modelle bieten die Möglichkeit, die ökonomischen Wirkungszusammenhänge in größerem Detail zu beschreiben und die Rückkoppelungsmechanismen über die Zeit zu modellieren. Während die SCGE-Modelle Gleichgewichte generieren und damit abstrahierende Annahmensysteme und aufwendige Optimierungsalgorithmen erfordern, sind die SD-Modelle leichter an beobachtete Zeitverläufe von Variablen anzupassen und auch für die Abbildung nicht-stetiger oder fluktuierender Prozesse geeignet.

Bei der Integration der Einflüsse von Verkehrsinfrastrukturen auf das Wirtschaftswachstum gehen beide Modellansätze ähnliche Wege. Dies sei am Beispiel des SCGE (von TNO Delft) und des SD-Modells ASTRA (FhG ISI Karlsruhe, TRT Milano)<sup>6</sup> in Form der Schlüsselgrößen für die Schnittstellen zwischen Wirtschaft und Verkehr dargestellt:

- Änderungen der totalen Faktorproduktivität, primär durch Transportzeiteinsparungen (Parameter A in den oben dargestellten Produktionsfunktionen)
- Änderungen von Produktpreisen durch Transportkosteneinsparungen
- Änderungen von Input-Koeffizienten
- Änderungen von Außenhandelsbedingungen (terms-of-trade).

Aufgrund der Rückkoppelungen mit anderen Wirtschaftssektoren können Einsparungen and Transportzeiten und – kosten durch die Vorleistungs- und Endnachfrage-Bereiche diffundieren und multiplikative wie auch strukturverändernde Wirkungen auslösen.

Vergleicht man die neueren theoretischen Entwicklungen und empirischen Ergebnisse mit denen der Wirtschaftsprognose von IFO et al. (2014) so fällt auf:

- (1) Der Ansatz von IFO et al. (2014) enthält keine Schnittstelle zur Verkehrsinfrastruktur, oder allgemeiner zu politischen Entscheidungen. Das prognostizierte Vollbeschäftigungsgleichgewicht kommt ohne Verkehrsinvestitionen (wie auch Bildungsinvestitionen oder Förderung von F&E) zu Stande, denn allein die Entwicklung des Angebots an Arbeit, vor allem: einfacher Arbeit, limitiert die künftige Produktion.

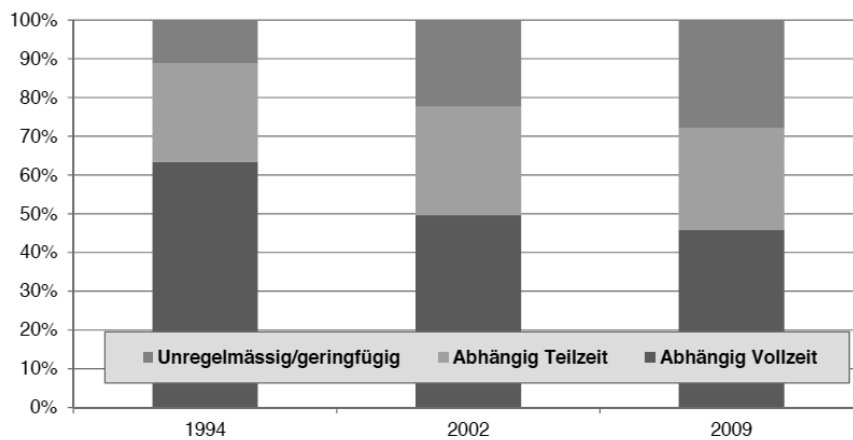
---

<sup>6</sup> Im Rahmen des FP7-Projekts High-Tool entwickelt TNO eine Version seines SCGE-Modells zur Integration von Auswirkungen größerer Verkehrsinvestitionen. Das ASTRA-Modell enthält bereits in seinen frühen Versionen Schnittstellen zwischen Gesamtwirtschaft, Regionalwirtschaft, Außenhandel, Umwelt und Verkehr (vgl. Schade, 2005).

- (2) Die von IFO et al. (2014) ermittelte Dominanz einfacher Arbeit bei mäßigem Einfluss hoch qualifizierter Arbeit und geringem Einfluss des Kapitals findet sich in keiner der neueren Untersuchungen, ja steht in direktem Widerspruch zu den neueren Erkenntnissen der endogenen Wachstumstheorie.
- (3) Die für die Langfristentwicklung wesentliche Schlüsselgröße „Entwicklung des technischen Wissens“ wird sehr pauschal und ohne schlüssige Begründung mit 1% p.a. für alle Regionen in Deutschland angesetzt.

Für dieses Ergebnis ist nicht nur die Wahl des orthodoxen neoklassischen Ansatzes verantwortlich, sondern auch die empirische Schätzung. Laut Ergebnisbericht „lagen zum Schätzzeitpunkt Daten für die Jahre 2002 – 2008 vor.“ (IFO et al., 2014, S. 30). Der Schätzzeitraum fällt damit mit der Umsetzung der Agenda 2010 zusammen, die zu einer massiven Ausdehnung des Niedriglohn-Sektors in Deutschland geführt hat (vgl. Abbildung 1).

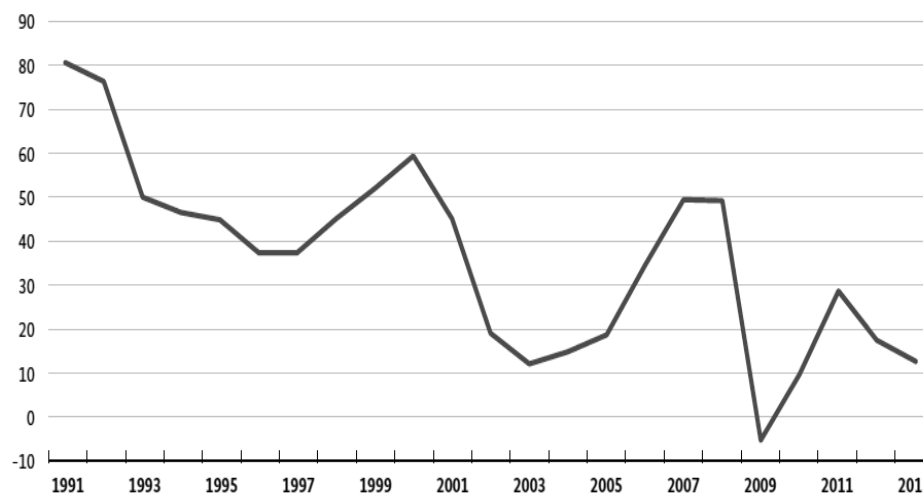
## Niedriglohnbeschäftigte nach Erwerbsformen



**Abbildung 1: Entwicklung des Niedriglohn-Sektors in Deutschland**

Quelle: Schäfer, 2012

Im gleichen Zeitraum gingen die privaten Nettoanlage-Investitionen zurück, wie die Abbildung 2 zeigt. Dies bedeutet, dass der private Kapitalbestand leicht abnahm.



\*Ohne Wohnungsbau, Nichtstaatliche Sektoren; Mrd. Euro in jeweiligen Preisen.  
Quelle: Statistisches Bundesamt, Berechnungen des DIW Berlin.

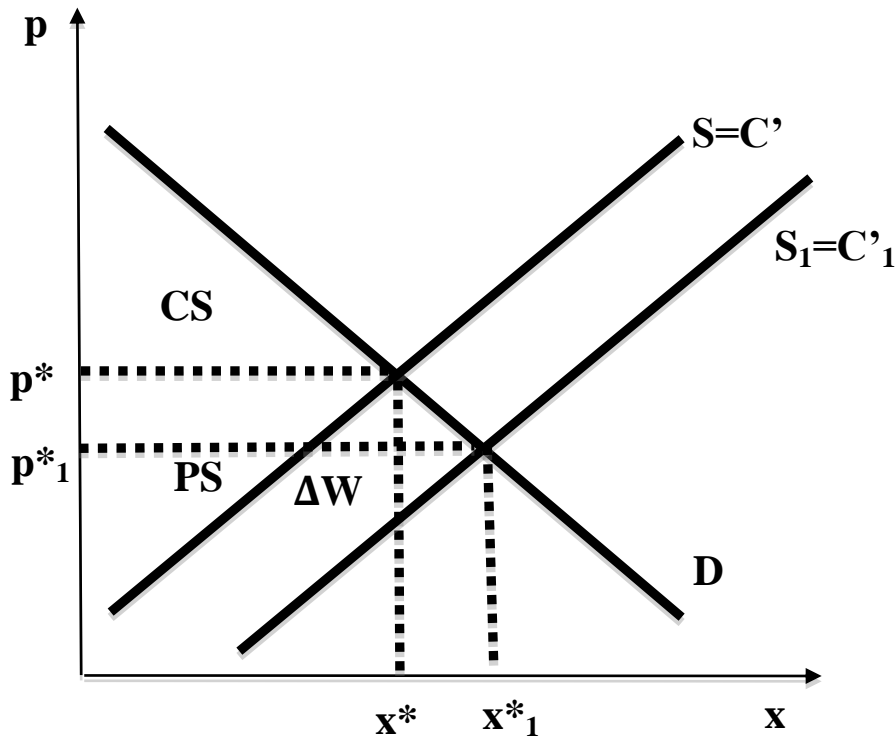
**Abbildung 2: Entwicklung der privaten Nettoanlage-Investitionen in Deutschland**  
Quelle: Fratzscher – Bericht, 2015

Da sich im Schätzzeitraum der Bestand an höher qualifiziertem Humankapital nur leicht erhöht hat, während der Kapitalstock leicht zurückging, ist das Ergebnis der Schätzung als temporäre Korrelation durchaus plausibel. Es ist aber nicht angebracht, eine Kausalität zu unterstellen und die dominante Rolle des Niedriglohn-Sektors im Schätzzeitraum in eine langfristige Zukunft fort zu schreiben.<sup>7</sup> Es erscheint höchst fragwürdig, die Auswirkungen langfristig wirksamen physischen und hoch qualifizierten menschlichen Kapitals auf das Wirtschaftswachstum durch die Schätzung auf Basis eines kurzen und wenig repräsentativen Zeitraums von 2002-2008 quantifizieren zu wollen.

### 3. Neoklassische Komponenten in der Nutzenmessung

Das Konzept der Nutzenmessung für die Infrastrukturnutzung wird im Bericht von Intraplan, Planco und TUBS Berlin (Intraplan, 2014) ausführlich erläutert. Es basiert auf der Messung von Konsumenten- und Produzentenrenten, wie im Folgenden in Kurzform dargestellt:

<sup>7</sup> Wieland und Ragnitz (2015) gehen ausführlich auf die Probleme von Korrelation und Kausalität ein und geben einen umfassenden Überblick über die Ansätze zur Quantifizierung von Produktivitäts- und Wachstumswirkungen von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen.



**Abbildung 3: Konzept der Nutzenmessung**

CS:	Konsumentenrente	PS:	Produzentenrente
x:	Verkehrsmenge	p:	Preis
S:	Angebot	D:	Nachfrage
C':	Grenzkosten der Nutzung		

Ausgangspunkt dieses Messansatzes für die Wohlfahrt ist die These von J. Dupuit (1844), dass die Zahlungsbereitschaft der Nachfrager deren Nutzen in monetärer Form widerspiegelt. A. Marshall (1890) hat dies später mit dem Begriff des „consumer's surplus“ oder der Konsumentenrente belegt. Diese ergibt sich als Fläche CS unterhalb der Nachfragekurve D, d.h. als Summe der Zahlungsbereitschaften oberhalb des tatsächlich zu zahlenden Preises. Auf der Produzentenseite entsteht der Gewinn als zweite Wohlfahrtskomponente, auch „producer's surplus“ oder Produzentenrente genannt. Dieser ergibt sich als Fläche oberhalb der Grenzangebotskurve bis zum Gleichgewichtspreis, unterhalb der Nachfragekurve. Die gesamte Wohlfahrt lässt sich durch Addition von Konsumentenrente und Produzentenrente („sozialer Überschuss“) im Gleichgewicht ( $p^*$ ,  $x^*$ ) bestimmen. Die von Infrastrukturinvestitionen ausgelösten Wohlfahrtsänderungen  $\Delta W$  werden in der Regel über die Verschiebung



der Grenzkostenfunktion bei den Nutzern – in der Abbildung: Übergang von der Grenzkostenfunktion  $C'$  zur Grenzkostenfunktion  $C'_1$  - abgebildet, so dass sich ein neuer Gleichgewichtspunkt  $(p^*_1, x^*_1)$  ergibt. Es gilt also

$$(8) \quad \Delta W = \Delta CS + \Delta PS,$$

d.h. die Fläche zwischen den Grenzkostenfunktionen, oder algebraisch für monotone Nachfrage- und Angebotsfunktionen<sup>8</sup>:

$$(9) \quad \Delta W = \int_0^{x^*_1} (D(x) - C'_1(x)) dx - \int_0^{x^*} (D(x) - C'(x)) dx$$

Intraplan et al. (2014) vereinfachen diesen Ansatz zunächst durch Linearitätsannahmen und die Hypothese des durchschnittlichen Akteurs, die Aggregationen über die Nutzer zulassen, ohne die kompletten Nachfrage- und Grenzkostenfunktionen explizit zu kennen. Diese Vereinfachungen ermöglichen eine differenzierte Quantifizierung der Nutzen aus verlagerten und induzierten Verkehren (ohne induzierte Verkehre zweiter Ordnung aus wirtschaftlichen Folgeaktivitäten).

Weiter zeigen sie, dass der in den BVWP-Prognosen bis 2003 verwendete Ressourcenansatz der Bewertung (Ermittlung der Mengengerüste bei den verkehrlichen Veränderungen und Multiplikation mit Bewertungsfaktoren) in das Konsumenten-/Produzentenrentenkonzept einordnen lässt, wenn man zusätzlich zu den bewerteten Ressourcen die sog. impliziten Nutzendifferenzen<sup>9</sup> aus induzierten Verkehren berücksichtigt. Damit lässt sich der Ressourcenansatz mit seiner Trennung zwischen Mengen- und Wertgerüsten weiter anwenden, wenn er um die impliziten Nutzendifferenzen ergänzt wird.

Damit schaffen Intraplan et al. (2014) eine konsistente methodische Basis, die alle verkehrlichen Wirkungen auf der Primärebene erfasst und Doppelzählungen, wie sie im alten Verfahren vorkamen, vermeidet. Die konsistente Messung des Nutzens aus verlagerten oder (primär) induzierten Verkehren mit Hilfe impliziter Nutzendifferenzen bei gleichzeitiger Vermeidung von Doppelzählungen ist ein bemerkenswerter Fortschritt beim BVWP-Bewertungsverfahren.

Auf der anderen Seite muss man sich fragen, aus welchem Grunde die Vernachlässigung des Nutzens aus induzierten Verkehren sowie die Inkaufnahme von Doppelzählungen historisch entstanden sind. Denn die mikroökonomischen Lehrtexte zur Wohlfahrtsmessung mit Konsumenten- und Produzentenrente waren zu Beginn der siebziger Jahre bereits weit verbreitet und bildeten in einigen Ländern die Grundlage der Nutzen-Kosten-Analyse (KNA) im Verkehrssektor. Der eigentliche Grund für die Bevorzugung des alternativen Ressourcenansatzes lag darin, dass es dem Arbeitskreis der Forschungsgesellschaft für

<sup>8</sup> Hierzu gibt es einfachere „Faustformeln“ für lineare Grenzkosten- und Nachfragefunktionen, wie etwa die viel verwendete „rule-of-the-half“ für die Schätzung der zusätzlichen Konsumentenrente.

<sup>9</sup> Während die Nutzen „mit“ und „ohne“ Maßnahme nicht bekannt sind, kennt man die zusätzlich aufzuwendenden Zeit- und Betriebskosten zusätzlicher oder weiterer Fahrten, die man als „implizite Nutzendifferenz“ bezeichnet.

Straßen- und Verkehrswesen, der sich mit der Ausarbeitung der RAS-W, den Richtlinien für wirtschaftliche Vergleichsrechnungen im Straßenwesen, dem Vorläufer der BVWP-Bewertung, darum ging, die Bewertung systemanalytisch zu fundieren und dabei eine klare Trennung zwischen Mengen- und Wertgerüsten vorzunehmen. Damit wurde die KNA formal eine Mehrkriterien-Analyse mit monetärer Bewertung. Auf diese Weise kamen regionale Beschäftigungseffekte oder die Verbesserung der internationalen Beziehungen in die Kriterienliste, die sich am Ende zu 16 Einzelkriterien aufsummierten. Dabei hatte man für die BVWP 2003 bereits die schwer monetarisierbaren Komponenten der Raum- und Umweltbewertung ausgegliedert und als „Raumwirksamkeitsanalyse“ und „Umweltrisikoeinschätzung“ nutzwertanalytisch behandelt. Da die Quantifizierung der verbleibenden 16 Einzelkriterien zum Teil mit den gleichen Indikatoren, z.B. Zeiteinsparungen, durchgeführt wurde, waren Doppelzählungen schwer zu vermeiden.

Das neue Bewertungsverfahren hat den systemanalytischen Ansatz durch einen konsequent durchgeführten ökonomischen Wohlfahrtsansatz im neoklassischen Sinne ersetzt. Die Auswirkungen auf die regionale Beschäftigung, auch aus der Anbindung von See- und Flughäfen sowie die Förderung internationaler Beziehungen wurden ersatzlos gestrichen. Auch Verteilungswirkungen (etwa durch Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur in strukturschwachen Regionen) bleiben ausgeklammert mit dem Argument, dass das BVWP-Verfahren zum Ziel habe, Wohlfahrtseffekte zu quantifizieren und nicht Verteilungseffekte. „Nicht berücksichtigte raumordnerische Aspekte, wie die Anbindung strukturschwacher Regionen, sind nicht wohlfahrtstheoretischer sondern eher verteilungstheoretischer Natur“ (Intraplan et al., 2014, S. 130). Wenngleich die Ausklammerung von Verteilungswirkungen aus dem Wohlfahrtskonzept in der Neoklassik eine lange Tradition hat, muss man doch fragen, ob dies für die soziale Marktwirtschaft der Bundesrepublik Deutschland einen akzeptablen Ansatz darstellt.

Neben den Auswirkungen auf die regionale Wirtschaftsstruktur bleiben auch alle Sekundärwirkungen auf das Wirtschaftswachstum unberücksichtigt. Zwar wird im Abschnitt zu Agglomerationswirkungen durchaus anerkannt, dass „die räumliche Ausweitung von Arbeits- und Gütermärkten und die verstärkende Wirkung von Agglomerationseffekten positive Effekte auf die regionale Entwicklung ausüben“ können (Intraplan et al., 2014, S. 124 ff). Auch wird die Literatur zu den Wirkungsketten korrekt zitiert und auf das britische Vorgehen hingewiesen, das im Anschluss an die Arbeiten des SACTRA-Committees, von Venables (1995) oder Graham (2006) die „wider economic impacts“ separat ausweist. Dann wird aber von einer weiteren Konkretisierung Abstand genommen, weil man einen einheitlichen, methodisch konsistenten Rahmen für die Berücksichtigung dieser Effekte vermisst und die vorliegenden Ansätze als „Daumenregeln“ abqualifiziert.

Die Wirtschaftsprognose von IFO et al. (2014) gibt letztlich den ausschlaggebenden Grund, von einer weiteren Analyse von regionalwirtschaftlichen Struktur- und Agglomerationseffekten Abstand zu nehmen. Denn die Wirtschaftsprognose geht von einer Vollbeschäftigung in allen Regionen der Bundesrepublik aus, alle Regionen liegen unterhalb einer strukturellen Arbeitslosigkeit von 2% im Jahr 2030. Bei einer solchen Aussicht erübrigt sich

naturgemäß die Analyse regionalwirtschaftlicher Wachstumswirkungen von Verkehrsinvestitionen.

Damit bleiben die in die Bewertung einfließenden Wohlfahrtseffekte auf positive Nutzenempfindungen von Konsumenten bei Zeit- und Fahrtkosteneinsparungen und Gewinnmitnahmen von Produzenten durch Reduktion der Transportkosten und Erhöhung der Zuverlässigkeit beschränkt. Dabei gelten die durch stated- und revealed-preference-Analysen ermittelten Wertansätze (etwa: Zeitkostensätze) für den gesamten Bewertungszeitraum unverändert. Bei den Zeiteinsparungen gilt, dass auch minimale Größen einbezogen werden, obwohl eine Nutzbarkeit für alternative Tätigkeiten auszuschließen ist.<sup>10</sup> Neuere Untersuchungen zu Wochen- oder Mehr-Wochen-Aktivitätenplänen der Haushalte, die Aufschlüsse darüber geben können, von welcher Größenordnung an Zeiteinsparungen zu einer Umstrukturierung des Aktivitätenprogramms führen können, werden nicht berücksichtigt (z.B. Kuhnimhoff, 2007). Wenngleich klar ist, dass die Einführung von Relevanzschwellen – sowohl im Personen- wie auch im Güterverkehr – mit Willkürlichkeiten verbunden ist, so ist deren Unterlassung gleichfalls willkürlich und führt im Ergebnis zu einer Bevorzugung kleinerer Straßeninvestitionen gegenüber von Großprojekten, die größere Zeitvorteile bieten, aber höhere Investitionen je Einheit des Zeitvorteils erfordern.

#### 4. Opportunitätskosten des öffentlichen Kapitals

In der angelsächsischen Literatur, aber auch in Frankreich, ist es üblich, die Investitionskosten für öffentliche Infrastrukturen nochmals um die Opportunitätskosten des öffentlichen Kapitals („marginal costs of public funds, MCPF“) zu erhöhen. Im „Endbericht“ von Intraplan et al. vom 20.12.2013, S. 105 ff wird dies unter der Überschrift „Behandlung von Crowding-out-Effekten“ diskutiert mit dem Ergebnis, einen Zuschlagsfaktor von 1,2 für die Investitionskosten vorzusehen. Im „Entwurf des Endberichts“ vom 19.3. 2014 wird diese Empfehlung auf den S. 118 ff revidiert, weil es große Unsicherheiten über Richtung und Ausmaß der Wohlfahrtseffekte gebe und die MCPF letztlich nur die absolute, nicht aber die relative Vorteilhaftigkeit, also die Reihung der Projekte, beeinflusse.

Da die Einbeziehung der MCPF offenbar perfekt in das neoklassische Konzept gepasst hätte, aber wohl in letzter Minute den Ökonomen des Gutacherteams mit einer halbherzigen Begründung („große Unsicherheit“) abgerungen werden konnte, sei hier auf die Problematik dieser Größe eingegangen.

Für einen Aufschlag der MCPF auf die öffentlichen Investitionskosten gibt es drei Argumente: (1) Crowding-out privater Investitionen, (2) Transaktionskosten der Steuererhebung und ineffizientes öffentliches Management, (3) Konsum-Nutzenverdrängung („deadweight loss“).

---

<sup>10</sup> Die Zeitbewertung steigt mit wachsender Entfernung an. Da auf den kurzen Distanzen kleine Zeiteinsparungen dominieren, ergibt sich ein dämpfender Effekt. Dennoch verbleiben erhebliche Zeitgewinne aus kleinen Zeiteinsparungen in der Rechnung.

### (1) Crowding-out privater Investitionen

Die Crowding-out-Hypothese basiert auf einer neoklassischen Interpretation der Keynes'schen Theorie durch Hansen und Hicks (1937), derzufolge staatliche Investitionen, finanziert durch Kreditaufnahme, zu steigenden Zinsen führen und dadurch private Investitionen verdrängen<sup>11</sup>. In den 1970er Jahren wurde diese Hypothese durch die Monetaristen um Milton Friedman populär, welche die neoklassischen Annahmen von einem weitgehend starren Kapitalangebot bei gleichzeitig hoch zinselastischer Kapitalnachfrage der Investoren zu der These verknüpft haben, dass staatliche Investitionen nicht zur Stabilisierung von Konjunkturen beitragen, sondern die unerwünschten Störungen eher selbst schaffen.

Ohne die Modellwelt zu bemühen, um die Einflussgrößen für den vermuteten Crowding-out Effekt zu präzisieren (vgl. hierzu Rothengatter, 2014), sei hier der Befund der überwältigenden Mehrheit von Makro-Ökonomen zitiert (z.B. im Gutachten des Sachverständigenrats von 2012), dass dieser Effekt im letzten Jahrzehnt keine Rolle spielte und in der Niedrig-Zins-Phase gegenwärtig und in absehbarer Zukunft spielen wird.

### (2) Transaktionskosten der Einnahmenerhebung und ineffizientes öffentliches Management

Der im Rapport Quinet (2013) zitierte Lebèque-Bericht (Lebèque, 2005) nennt als Grund für MCPF die Verzerrungen und Ineffizienzen, die durch Besteuerung ausgelöst werden, d.h. dieses Argument geht von einer Finanzierung der öffentlichen Investitionen durch Steuern und Gebühren aus. Bei indirekten Steuern und Gebühren gibt es Ausweichreaktionen der Betroffenen, die zu Effizienzverlusten führen, wie etwa im Falle partieller Bemaunungen für bestimmte Strecken oder Fahrzeugklassen. Daraus folgert die neoklassische Steuer-Inzidenzlehre, dass indirekte Steuern in Märkten mit hoher Preiselastizität der Nachfrage problematisch seien und Einkommens- oder pauschale Kopfsteuern allokativen Vorteile hätten. Dies hängt eng mit dem Argument (3) zusammen und wird dort wieder aufgenommen. In diesem Zusammenhang wird häufig auch angeführt, dass öffentliche Investitionen unter ineffizientem Management leiden und daher oft teurer werden als vergleichbare private Investitionen.

Das letzte Argument ist kein Grund, öffentliche Investitionskosten generell mit einem Aufschlag zu versehen. Vielmehr gibt es Veranlassung zu prüfen, welche Finanzierungsvarianten, die rein öffentliche oder die (teil-) private in Form von PPP, vorzuziehen ist. Dazu ist eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung über den gesamten Lebenszyklus eines Projekts erforderlich. Gleichfalls gibt es Veranlassung, Planung und Management im öffentlichen Bereich zu reformieren, wie dies die Reformkommission „Bau von Großprojekten“ des BMVI (2015) anregt.

---

<sup>11</sup> Aus Sicht der Keynesianer ist dies eine fundamentale Fehlinterpretation der Keynes'schen Theorie, vgl. Leijonhufvud, 1968.

## (3) Konsum-Nutzen-Verdrängung („deadweight loss“)

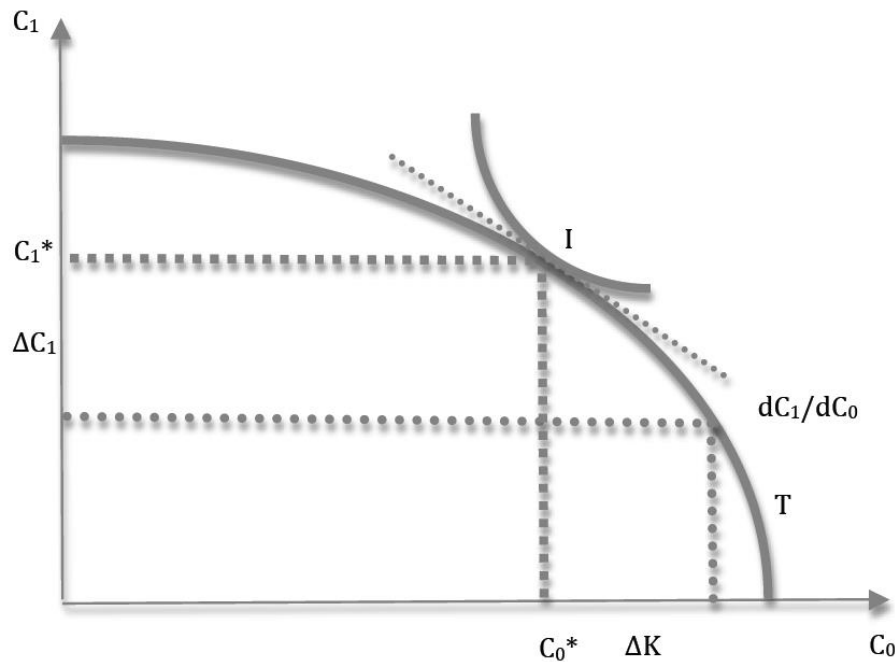
Die Konsum-Nutzen-Verdrängung einer indirekten Besteuerung  $t$  lässt sich bei linearen Nachfrage und Angebotskurven für einen Markt wie folgt quantifizieren (Massiniani und Picco, 2013):

$$(10) \quad DL = \frac{1}{2} * \frac{p * q}{1/\varepsilon_s + \varepsilon_d} * t^2$$

DL: Nutzenverlust (“deadweight loss”)  
 p, q: Preis, Menge vor der Besteuerung  
 t: Steuer  
 $\varepsilon_s, \varepsilon_d$ : Preiselastizitäten bei Angebot, Nachfrage.

Wenn man die Interaktionen zwischen den Märkten berücksichtigen will, so eignen sich totale Gleichgewichtsmodelle dazu, Steuern mit hohen Verdrängungseffekten zu identifizieren.

Solche seit Jahrzehnten gepflegten Modellansätze der neoklassischen Steuerinzidenzlehre sind aber für das Problem der öffentlichen Investitionen nur beschränkt aussagefähig. Wenn öffentliche Investitionen aus dem Haushalt finanziert werden, so ist nicht zu identifizieren, welche Steuern und Abgaben zur Finanzierung dienen. Natürlich könnte man sich einen Steuermix bilden und dessen gewichtet-durchschnittliche Inzidenz quantifizieren. Aber auch dies ist für das Problem öffentlicher Investitionen nicht geeignet. Denn der Nutzenverlust (10) ist statischer Natur, d.h. man betrachtet nur den Konsumausfall in der Jetzt-Periode, aber nicht die Konsumzuwächse in künftigen Perioden, die mit Hilfe des Konsumverzichts heute möglich werden. Insofern ist die Feststellung eines statischen Nutzenverlusts DL trivial. Die für das Problem öffentlicher Investitionen relevante Fragestellung lautet jedoch, ob der Konsumverzicht „heute“ zu einem Konsumzuwachs „morgen“ führt, der auch nach Abzinsung größer ist als das heutige Konsumopfer. Diese Abzinsung wird durch den sozialen Diskont geleistet, der somit der maßgebliche Opportunitätskostenfaktor für öffentliche Investitionen ist. Werden also die künftig erwarteten Nutzenströme aus einer öffentlichen Investition mit einem sozialen Diskontfaktor abgezinst, so sind damit alle alternativen Verwendungsmöglichkeiten berücksichtigt (siehe Abbildung 4). Es ist somit unzulässig, noch einen zweiten statischen Opportunitätskostenabschlag in Form von MCPF anzuwenden.



**Abbildung 4: Wahlentscheidung der Gesellschaft zwischen Konsum „heute“ und Konsum „morgen“**

- $C_0, C_1$ : Konsum heute, morgen;  
 $(C_0^*, C_1^*, \Delta K)$ : Optimales Konsum-/Investitionsprogramm der Gesellschaft  
 T: Transformationskurve (Menge aller effizienten Produktionsmöglichkeiten für Konsum „heute“ und „morgen“)  
 I: Indifferenzkurve der Gesellschaft bzgl. Konsum „heute“ und „morgen“  
 $\Delta K$ : Zuwachs an Kapital durch Konsumverzicht „heute“ ( $= \Delta C_0$ )  
 $\Delta C_1$ : Zuwachs an Konsum „morgen“ durch Verwendung von  $\Delta K$  in der Produktion  
 $dC_1/dC_0$ : soziale Opportunitätskostenrate, im Optimum gleich der sozialen Zeitpräferenzrate und gleich dem sozialen Diskont

Aus den Diskussionen zu den Argumenten (1) bis (3) zu MCPF folgt, dass die Ausklammerung von MCPF, wie sie bei Intraplan et al. (2014) letztlich vorgenommen wird, berechtigt ist, und zwar nicht, weil es viele Ungewissheiten bei der Quantifizierung gibt (dieses Argument lässt sich bei vielen Bewertungskriterien der BVWP anwenden), sondern weil prinzipielle Gründe dagegen sprechen.

## 5. Schlussfolgerungen

Die ökonomische Neoklassik basiert auf abstrakten normativen Annahmen zum menschlichen Verhalten und zur Produktionstechnologie. Damit erlaubt sie kontrollierte Modellexperimente in einer konsistenten Umgebung und die Anwendung mathematischer Hilfsmittel der Beweisführung. Die zugrundeliegende Wirtschaftsphilosophie basiert auf dem Prinzip der rationalen individuellen Entscheidung der Akteure, die nur einer allgemeinen Rahmensezung des Staates bedürfen, um die höchstmögliche Wohlfahrtsposition zu erreichen. In ihrer orthodoxen Ausprägung beschreibt sie die Idealwelt einer maximalen Wohlfahrt, die sich makroökonomisch durch ein Gleichgewicht mit Vollbeschäftigung manifestiert. Dazu sind voll flexible, ausreichend niedrige Löhne, minimale Staatsinterventionen und weitgehende wirtschaftliche Entscheidungsfreiheit rational handelnder Individuen nötig. Ziele wie gerechte Einkommensverteilung, Chancenharmonisierung im Raum oder die langfristige Vorsorge gegenüber Ressourcenknappheit bzw. Umweltüberlastung spielen keine Rolle, weil jede Generation ihre Probleme an ihrem Ort und zu ihrer Zeit löst.

Zentrale Komponenten der neuen BVWP - Prognose- und Bewertungsmethodik sind eng an das orthodox-neoklassische Denkgebäude angelehnt. Dies gilt insbesondere für die Wirtschaftsprognose, die ein Vollbeschäftigungsgleichgewicht im Jahr 2030 annimmt, wobei der Niedriglohn-Sektor die Hauptrolle beim Wachstum spielt. Strukturveränderung und Innovationen spielen keine Rolle, die Investitionstätigkeit wird durch das vorhandene Arbeitspotential limitiert. Der technische Fortschritt ist weder von privaten noch von staatlichen Aktivitäten abhängig und wächst für alle Regionen gleich mit konstanter Rate.

Damit im Einklang steht die Bewertung der Auswirkungen von Verkehrsinvestitionen, die sich im ökonomischen Bereich ausschließlich auf Nutzervorteile (Konsumenten- und Produzentenrenten) konzentriert. Dies hat den Vorteil, dass die Nutzervorteile konsistent erfasst, induzierte Verkehre korrekt integriert und Doppelzählungen vermieden werden. Es hat auf der anderen Seite den Nachteil, dass strukturverändernde, wachstumsfördernde und regionalentwickelnde Wirkungen der Verkehrsinfrastruktur in der Bewertung keine Rolle spielen. In der ursprünglichen Version sollte die öffentliche Infrastruktur sogar nochmals abgewertet werden, indem eine Gewichtung mit den Opportunitätskosten öffentlicher Finanzierung empfohlen wurde. Dies ist in der letzten Version entfallen, aber nur mit dem Argument der Bewertungsunsicherheit, ansonsten hätte es offenbar in die neoklassische Bewertungslogik gepasst.

Die daraus folgenden Schlussfolgerungen sind:

- Die regionale Wirtschaftsprognose ist in dieser Form untauglich und sollte ersetzt werden. Nachdem die neoklassischen Lehren auf dem Finanzsektor ihre begrenzte Praxistauglichkeit demonstriert haben<sup>12</sup> und dort die strengere Marktkontrolle durch den Staat kein Tabuthema mehr ist, sollte auch in den Ansätzen der Wirtschaftsprognose das staatliche Handeln, insbesondere die Förderung von F&E, die Ausbildung hoch qualifizierten Humankapitals und die Verbesserung der Infrastrukturqualität, explizit erscheinen.
- Die Quantifizierung der Nutzervorteile durch Konsumenten- und Produzentenrenten bzw. die Ergänzung des Ressourcenansatzes durch die impliziten Nutzendifferenzen bringen Klarheit und Konsistenz und sind daher als Fortschritt zu werten. Dies darf aber nicht zur Vernachlässigung weiterer Wirkungen (wider economic impacts) führen.<sup>13</sup> Dies bedeutet, dass ein Ansatz zur Quantifizierung der regionalen Wachstums- und Struktureffekte ergänzend entwickelt werden sollte. Der Quinet-Report (2013) schlägt dies für große Investitionen vor und das englische Bewertungsverfahren enthält gleichfalls eine Anleitung für die Quantifizierung dieser Effekte. Aufgrund der unterschiedlichen Bewertungsansätze ist eine Vergleichbarkeit oder gar Addierbarkeit mit den direkten Nutzervorteilen aber nicht von vorn herein gegeben. Damit sollten die „wider economic impacts“ zunächst getrennt aufgeführt werden, wie dies im Übrigen auch für die Ergebnisse der strategischen Umweltprüfung der Fall ist. In diesem Zusammenhang sind auch regionale und personale Verteilungseffekte in die Bewertung großer Vorhaben einzubeziehen.
- Eine Abminderung der Bewertungsergebnisse für öffentliche Investitionen durch den Opportunitätskostenansatz ist abzulehnen. Öffentliche Investitionen decken häufig Bereiche ab, die von Privaten aufgrund mangelnder Beherrschbarkeit von Risiken gemieden werden (vgl. Mazzucato, 2013). Viele Innovationen in der privaten Wirtschaft wären ohne vorherige Investitionen der öffentlichen Hand in Forschung, Entwicklung, Bildung und Infrastruktur nicht zu Stande gekommen.<sup>14</sup> Insbesondere bei der Verkehrsinfrastruktur kann man von einer Komplementarität zwischen öffentlichen und privaten Investitionen (etwa für Fahrzeuge, Informations- und Steuerungstechnik oder

---

<sup>12</sup> Im Anschluss an die Weltwirtschaftskrise 2008 ff haben sich die neoklassischen Theorien perfekt funktionsfähiger Kapitalmärkte von Modigliani, Miller, Fama, Black and Scholes in die Defensive geraten, während heute die Theorien unvollkommener, ja irrationaler Verhaltensweisen auf Kapitalmärkten die Diskussion beherrschen (z.B. vertreten von: Shiller („Irrational Exuberance“), Roubini, Rogoff oder Hellwig).

<sup>13</sup> Zum Vergleich: Das UK-Bewertungsverfahren nennt in Anlehnung an Graham (2006) Nutzenbeiträge der „wider economic impacts“ in einer Größenordnung von 10-20%. Die mit einigem Aufwand verbundene differenzierte Behandlung von induzierten und verlagerten Verkehren in der neuen BVWP bringt gemäß Nagel (2015, in diesem Band) einen Nutzenbeitrag von rund 10%.

<sup>14</sup> Beispiele sind die Entwicklungen von Smartphones, Wind- und Sonnenenergienutzung, Flugzeugen oder Hochgeschwindigkeitszügen.



logistische Einrichtungen) ausgehen. Daher gibt es keinen Grund, öffentliche Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur pauschal abzuwerten.

## 6. Abstract

Die neoklassische Modellbildung für die Mikro- und Makroökonomie galt bis zur Wirtschaftskrise 2008 als Hauptlinie der Volkswirtschaftslehre. Ihre abstrakten Konstrukte haben zwar die formaltheoretisch ausgerichteten Forschungszweige beflügelt, aber nicht den Nachweis ihres Realitätsbezuges erbringen können. Daher erscheint es merkwürdig, dass die Entwicklung des neuen Bewertungsverfahrens für die Bundesverkehrswegeplanung weitgehend auf der Neoklassik und hier vor allem auf der historisch-orthodoxen Linie aufbaut. Dies gilt zunächst für den makro- und regionalökonomischen Teil der Strukturdaten-Prognose, die eine vollbeschäftigte Wirtschaft im Jahr 2030 unterstellt, in der normal und gering qualifizierte Arbeit den Engpassfaktor darstellen soll. Der neoklassische Ansatz wird im Bereich der verkehrlichen Nutzenmessung fortgeführt, indem man das Konzept der Konsumentenrente wieder belebt. Schließlich passt eine Abwertung öffentlicher Investitionen durch den Ansatz von Opportunitätskosten des öffentlichen Kapitals in diesen Gesamtrahmen, wenngleich dieser in der letzten Überarbeitungsphase wegen Unsicherheiten der Quantifizierung wieder heraus genommen wurde. Am Ende ergeben sich in diesem Beitrag Empfehlungen dahin gehend, die Strukturdatenprognose zu revidieren und die Nutzenmessung für größere Projekte und Projektkomplexe zu ergänzen.

## 7. Literatur

Arrow, K.J. und Debreu, G. (1954), Existence of an Equilibrium for a Competitive Economy, *Econometrica*, 22, (3), 265-290.

Arrow, K.J. und Kurz, M. (1970), Public Investment, the Rate of Return and Optimal Fiscal Policy, *Resources for the Future*, Baltimore.

Bénassy, J.P. (1975), Disequilibrium Theory in a Monetary Economy, *Review of Economic Studies*, 42, 503-523.

Biehl, D. (1991), The Role of Infrastructure in Regional Development. In: Vickerman, R. (ed.), *Infrastructure and Regional Development*, London. 9-35.

Biehl, D. (1995), Infrastruktur als Bestimmungsfaktor regionaler Entwicklungspotentiale in der Europäischen Union. In: Karl, H. und W. Heinrichsmeyer (Hrsg.), *Regionalentwicklung im Prozess der Europäischen Union*, Bonner Schriften zur Integration Europas. Bonn. 59-86.

Bökemann, D. Hackl, R. und Kramar, H. (1997), Socio-Economic Indicators - Model and Report, *SASI Deliverable D4*, Report to the European Commission. Wien.

Breton, Y. und Klotz, G. (2009), Jules Dupuit, *Oeuvres Économiques Complètes*, Bd. I u. II. Paris.

Dasgupta, P.S. und Heal, G.M. (1979), *Theory of Exhaustible Resources*, Cambridge (Mass.).

Domar, E.D. (1946), Capital Expansion, Rate of growth, and Employment, *Econometrica*, 14, 137-147.

Dunn, M. (2000), Wachstum und endogener technischer Wandel – Eine Kritik des Wachstumsmodells von Paul Romer aus der Perspektive der Evolutorischen Ökonomik, *Ordo - Jahrbuch für die Ordnung von Wirtschaft und Gesellschaft*, Bd. 51, 279-299.

Dupuit, J. (1848), De la mesure de l'utilité des travaux publics, In: Breton, Y. et G. Klotz: *Jules Dupuit. Oeuvres Économiques Complètes*, Paris, 201-214.

Fratzscher-Bericht (2015), Bericht der Expertenkommission "Stärkung von Investitionen in Deutschland", Im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft und Energie, Berlin.

Friedman, M. (1971), *A Theoretical Framework for Monetary Analysis*, New York.

Graham, D.J. (2006), Wider Economic Benefits of Transport Improvements: Link between Agglomeration and Productivity, Stage 2 Report to the Department of Transport, London.

Harrod, R.F. (1936), *The Trade Cycle*, Oxford.

Hicks, J.R. (1937), Mr. Keynes and the "Classics", *Econometrica*, 5 (2), 147-159.

IFO (2014), IFO-Institut Niederlassung Dresden und Helmut-Schmidt-Universität Hamburg. Prognose der wirtschaftlichen Entwicklung 2010 bis 2030. Gutachten im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.

IHS Institut für Höhere Studien (2012), Gesamtwirtschaftliche Bewertungsverfahren. Grundlagen und Anwendungen von Bewertungsverfahren für Entscheidungsfindungen von Infrastrukturvorhaben, Wien.

Intraplan, Planco und TUBS Berlin (2013), Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung, Endbericht vom 20.12.2013, Im Auftrage des BMVI, Essen, Berlin, München.

Intraplan, Planco und TUBS Berlin (2014), Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung, Entwurf des Endberichts vom 19.3.2014, Im Auftrage des BMVI, Essen, Berlin, München.

- Krugman, P. (1993), *Geography and Trade*, Cambridge (Mass.)
- Kuhnimhoff, T. (2007), Längsschnittmodellierung der Verkehrsnachfrage zur Abbildung multimodalen Verhaltens. In: Deutsche Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft (Hrsg.), *Ausgewählte Beiträge der zentralen wissenschaftlichen Veranstaltungen, DVWG Jahresband 2007*, Berlin.
- Lebègue, D. (2005), *Le Prix du Temps et la Décision Publique*, Commissariat Général du Plan. Paris.
- Leijonhufvud, A. (1969), *On Keynesian Economics and the Economics of Keynes: A Study in Monetary Theory*, New York.
- Malinvaud, E. (1977), *The Theory of Unemployment Reconsidered*, Oxford.
- Marshall, A. (1890), *Principles of Economics*, London, 8<sup>th</sup> edition 1920.
- Massiniani, J. und Picco, G. (2013), The Opportunity Cost of Public Funds: Concepts and Issues, *Public Budgeting and Finance*, 33 (3), 96-114.
- Mazzucato, M. (2014), *Das Kapital des Staates. Eine andere Geschichte von Innovation und Wachstum*, München.
- Pigou, A.C. (1920), *The Economics of Welfare*, London.
- Rapport Quinet (2013), Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective: Evaluation Socioéconomique des Investissements Publics, Paris.
- Reformkommission Bau von Großprojekten (2015), Entwurf zum Endbericht, Berlin.
- Romer, P.M. (1990), Endogenous Technological Change, *Journal of Political Economy*, 94, 1002-1037.
- Rothengatter, W. (1974), Konsumentenrente und kompensierende Einkommensvariation – Planungshilfen für die Preis- und Investitionspolitik im Verkehr? *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*, 45 (1), 1-26.
- Rothengatter, W. (2014), Some Fundamentals on the Social Rate of Discount. In: Funck, R. und W. Rothengatter: *Man, Environment, Space and Time – Economic Interactions in Four Dimensions*. 525-543. Baden-Baden.
- Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung (2012), Jahresgutachten 2012/2013. Berlin.

Schade, W. (2005), Strategic Sustainability Analysis: Concept and Application for the Assessment of European Transport Policy, *Karlsruhe Papers in Economic Policy Research*, 17, Baden-Baden.

Schade, W. und Krail, M. (2015), Wider Economic Benefits of Not-Implementing the European Core Network Corridors, Präsentation bei der Konferenz zu Verkehrsökonomik und -politik. Berlin. 11. / 12. 6.2015.

Schäfer, H. (2012), Entwicklung und Struktur des Niedriglohnssektors in Deutschland. [www.fes.de/wiso/pdf/aq/2012/110612/schaefer.pdf](http://www.fes.de/wiso/pdf/aq/2012/110612/schaefer.pdf).

Schumpeter, J.A. (1950), *Kapitalismus, Sozialismus und Demokratie*, 2. Aufl. Bern.

Shiller, R.J. (2000), *Irrational Exuberance*, Princeton.

Solow, R.M. (1956), A Contribution to the Theory of Economic Growth, *Quarterly Journal of Economics*, 70. 65-94.

Walras, L. (1874), *Éléments d'économie pure ou théorie de la richesse sociale*, Lausanne.

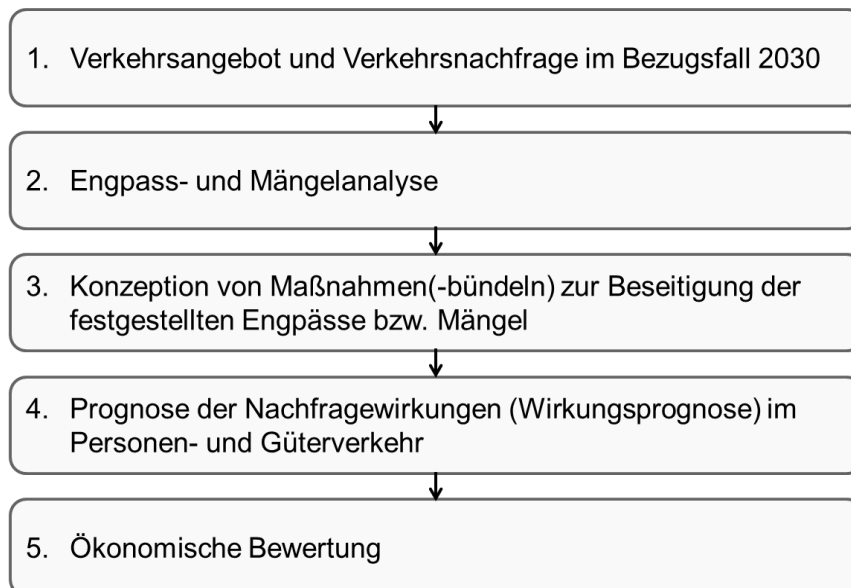
Wieland, B. und Ragnitz, J. (2015), Produktivitäts- und Wachstumswirkungen von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen, *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*, 86 (1), 1-46.

## Weiterentwicklung der BVWP-Methodik im Bereich Schiene

VON HANS-ULRICH MANN, MÜNCHEN

### 1. Einführung

Im Vorfeld der Bundesverkehrswegeplanung (BVWP) wurden umfangreiche Forschungsarbeiten zur Weiterentwicklung der hierfür einzusetzenden Bewertungsverfahren durchgeführt. Im Folgenden wird dargestellt, wie die Ergebnisse bei der Anwendung für gesamtwirtschaftliche Bewertungen von Schienenverkehrsprojekten umgesetzt wurden. Eine solche Projektbewertung umfasst die in Abbildung 1 dargestellten Arbeitsschritte.



**Abbildung 1: Elemente der Projektbewertung im BVWP 2015**

---

Anschrift des Verfassers:  
Dipl.-Ing. Hans-Ulrich Mann  
Neufeldstraße 30  
81243 München  
Telefon: 089-820 14 76  
hans-ulrich.mann@gmx.de

Ausgegangen wird von dem Verkehrsangebot und der Verkehrsnachfrage im Bezugsfall 2030<sup>1</sup> (Arbeitsschritt 1). Unter „Verkehrsangebot“ werden Beschreibungen der Netztopologie bei den Verkehrsträgern Straße, Schiene und Wasserstraße sowie der Bedienungsangebote bei den fahrplanbasierten Verkehrsmitteln Schienenpersonenverkehr, Luftverkehr und ggf. Fernlinienbus verstanden. Die Verkehrsnachfrage wird zunächst in Form von Quelle-Ziel-Matrizen

- für den Personenverkehr (Personenfahrten/Jahr differenziert nach Fahrtzwecken) und
- den Güterverkehr (Tonnen/Jahr differenziert nach Gütergruppen)

abgebildet. Hierauf aufbauend werden die Zugzahlen des Schienengüterverkehrs (SGV) auf den einzelnen Teilstrecken des Schienennetzes ermittelt (Netzumlegung). Die der Prognose zugrunde liegenden Zugzahlen des Schienenpersonenverkehrs stellen hierbei die Grundlast dar.

Auf Basis einer Engpass- und Mängelanalyse des für den Bezugsfall 2030 definierten Verkehrsangebotes (Arbeitsschritt 2) werden geeignete Maßnahmen bzw. Maßnahmenbündel zur Beseitigung der festgestellten Engpässe und sonstigen Mängel unter Berücksichtigung von Projektanmeldungen der Länder, der Deutschen Bahn AG sowie von Verbänden und der Öffentlichkeit konzipiert (Arbeitsschritt 3). In Arbeitsschritt 4 erfolgt die Prognose der Nachfragewirkungen im Personen- und Güterverkehr für die jeweils zu untersuchenden Verkehrsprojekte als Grundlage für die ökonomische Bewertung in Arbeitsschritt 5. Die Beschreibung der Weiterentwicklungen der BVWP-Methodik im Bereich Schiene bezieht sich auf die Arbeitsschritte 4 und 5.

## 2. Weiterentwicklungen bei der Wirkungsprognose

Wesentliche methodische Neuerung bei der Wirkungsprognose von Infrastrukturmaßnahmen ist die Herstellung der Konsistenz der Wertansätze zwischen Wirkungsprognose und ökonomischer Bewertung. Unter „Wirkungsprognose“ wird die Ermittlung des zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern verlagerten Verkehrs und des induzierten Verkehrs (höhere Fahrtenhäufigkeit und/oder geänderte Zielwahl) verstanden.

Einflussgrößen für die Wirkungsprognose sind relationsbezogene Angaben zu den generalisierten Kosten bei den im Modellbaustein Verkehrsmittelwahl berücksichtigten alternativen Verkehrsmitteln. In den generalisierten Kosten sind beispielsweise beim Schienenpersonenverkehr Tür-zu-Tür-Reisezeiten, Nutzerkosten, Bedienungshäufigkeiten, Umsteigehäufigkeiten etc. zusammengefasst. Die Wertansätze zur Monetarisierung der nicht in Geldwert ausgedrückten Komponenten sind im Bewertungsverfahren für den BVWP 2015 identisch mit den entsprechenden Ansätzen bei der ökonomischen Bewertung. Demzufolge wurden

---

<sup>1</sup> Intraplan Consult GmbH, BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH, Erstellung / Vervollständigung eines Bezugsfalles Schiene für Nutzen-Kosten-Analysen im Bewertungsverfahren zur Aufstellung eines neuen Bundesverkehrswegeplans, 2015

die Zeitwertfunktionen für den Güter- und Personenverkehr (siehe Kapitel 3.4 und 5.1) in die betreffenden Nachfragemodelle integriert.

Weitere Neuerung ist die differenziertere Abbildung der Nachfrageströme in intermodalen Wegekettten. Beim Güterverkehr ist dies beispielsweise die Kette Seeschifffahrt – Seehafen – Schienengüterverkehr – Containerbahnhof – Lkw oder beim Personenverkehr Pkw – Ausgangsbahnhof – Schienenpersonenverkehr – Zielbahnhof – ÖPNV.

Für den Güterverkehr wurde ein neues Verkehrsmittelwahlmodell auf Basis von Revealed Preference (RP)/Stated Preference (SP)-Befragungen<sup>2</sup> entwickelt. Haupteinflussgrößen für die Verkehrsmittelwahl sind die Transportzeiten zwischen dem originären Beladepunkt und dem endgültigen Entladepunkt, die Transportkosten für die gesamte Wegekette und die Zuverlässigkeit des Betriebsablaufes (Pünktlichkeit). Als ergänzender Modellbaustein zum Verkehrsmittelwahlmodell wurden Transportkostenfunktionen für die Verkehrsmittel Lkw, Schienengüterverkehr und Binnenschiff differenziert nach Gütergruppen entwickelt.

Während im BVWP 2003 nur Verlagerungen vom Straßen- auf den Schienengüterverkehr berücksichtigt wurden, werden beim BVWP 2015 zusätzlich Verlagerungen vom Binnenschiff auf den Schienengüterverkehr in die Bewertung einbezogen. Darüber hinaus wurden die Modellansätze zur Zug- und Wagenbildung insbesondere im kombinierten Verkehr weiterentwickelt.

Beim Personenverkehr wurde die Verkehrszelleneinteilung auf Basis von bisher etwa 400 Kreisen bzw. kreisfreien Städten in etwa 1.600 Raumeinheiten in Deutschland verfeinert. Während im BVWP 2003 nur Nachfragewirkungen von Schienenverkehrsprojekten im Fernverkehrsbereich abbildbar waren, können diese im BVWP 2015 bis auf die Ebene von Nahverkehrsexpresszügen erfasst werden.

### 3. Neue Nutzenkomponenten

#### 3.1 Implizite Nutzendifferenzen

Für den Nutzenträgerbereich „Verkehrsteilnehmer“ wurden im BVWP 2003 beim Personenverkehr nur die **expliziten** Nutzen aus Veränderungen

- der Reisezeiten und
- der Verkehrsmittelnutzerkosten (mittelbar im Verkehrsmittelwahlmodell)

berücksichtigt. Im BVWP 2015 gehen zusätzlich **implizite** Nutzen wie z.B.

---

<sup>2</sup> BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH (2014), *TNS Infratest GmbH, Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung.*

- Mobilitätsnutzen beim induzierten Verkehr sowie
- die Nutzbarkeit der Reisezeit für andere Zwecke beim Schienenpersonenverkehr oder
- die größere Flexibilität und Individualität beim Pkw (beim verlagerten Verkehr)

in die gesamtwirtschaftliche Bewertung ein. Zur Methodik der Bestimmung der impliziten Nutzendifferenzen zwischen Planfall und Bezugsfall wird auf den Beitrag von Nagel/Kickhöfer/Winter in diesem Heft verwiesen.

### 3.2 Zuverlässigkeit

Aufgrund der steigenden Auslastung der Verkehrsinfrastruktur bekommt das Kriterium „Zuverlässigkeit des Betriebsablaufes“ eine immer größere Bedeutung. Daher wurden innerhalb von entsprechenden Forschungsprojekten für die Verkehrsträger Straße<sup>3</sup> und Schiene<sup>4</sup> Methoden für die Abbildung der Auswirkungen von Infrastrukturmaßnahmen auf die Zuverlässigkeit entwickelt.

Die Zuverlässigkeit des Betriebsablaufs hängt von endogenen und exogenen Einflussgrößen ab. „Endogene“ Einflussgröße ist die Kapazitätsauslastung der Verkehrsinfrastruktur, die sich bei der Realisierung der im Planfall zu bewertenden Maßnahmen ändert. Unter „exogenen“ Einflussgrößen werden Unfälle, Baustellen, extreme Witterungsverhältnisse, liegengebliebene Fahrzeuge oder Störungen des Betriebsleitsystems beim Verkehrsträger Schiene verstanden. Diese Verspätungsursachen sind auf höhere Gewalt zurückzuführen oder befinden sich in der Verantwortung der Verkehrsunternehmen bzw. Verkehrsmittelnutzer und lassen sich nicht durch die im BVWP zu bewertenden Infrastrukturmaßnahmen beeinflussen.

Messgröße für die Zuverlässigkeit beim Schienenverkehr ist die Pünktlichkeit, d.h. die mittlere Abweichung der Ist-Fahrzeiten von den Fahrplanzeiten. Im Rahmen der Pilotstudie für die Anwendung des weiterentwickelten Bewertungsverfahrens für den BVWP 2015 am Beispiel des Rhein-Ruhr-Express<sup>5</sup> wurden die projektbedingten Änderungen der Pünktlichkeit im Planfall gegenüber dem Bezugsfall mit Hilfe

- von mikroskopischen Betriebssimulationen und
- des makroskopischen Schätzverfahrens aus dem Projekt<sup>6</sup> „Ermittlung des Einflusses der Infrastruktur auf die Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs für den Verkehrsträger Schiene“

---

<sup>3</sup> Geistefeldt/Hohmann/Wu (2014), *Ermittlung des Zusammenhangs von Infrastruktur und Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs für den Verkehrsträger Straße*.

<sup>4</sup> IGES Institut GmbH (2014), *Rail Management Consultants GmbH (RMCon), Ermittlung des Einflusses der Infrastruktur auf die Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs für den Verkehrsträger Schiene*.

<sup>5</sup> Intraplan Consult GmbH (2015), *Testrechnungen für das weiterentwickelte Bewertungsverfahren auf der Basis der Verkehrsprognose 2030 am Beispiel des Rhein-Ruhr-Express*.

<sup>6</sup> IGES/RMCon, a.a.O.



ermittelt. Da bei beiden Untersuchungsansätzen keine Änderungen der Pünktlichkeit zwischen Planfall und Bezugsfall in bewertungsrelevantem Umfang feststellbar waren, wurde die Nutzenkomponente „Zuverlässigkeit“ beim Schienenpersonenverkehr in dieser Pilotstudie nicht berücksichtigt.

Die in der Pilotstudie gewonnene Erkenntnis, dass Neu- und Ausbaumaßnahmen allein keine bewertungsrelevanten Auswirkungen auf die Pünktlichkeit haben, ist durchaus plausibel, da

- die Fahrpläne für den SPV in der Regel so konstruiert sind, dass diese - außer im Falle exogener Beeinträchtigungen - störungsfrei fahrbar sind und
- der taktfahrplanbasierte SPV Vorrang vor dem Schienengüterverkehr (SGV) hat und damit von Betriebsstörungen tendenziell weniger betroffen ist.

Die Nutzenkomponente „Zuverlässigkeit“ wird daher in der BVWP 2015 standardmäßig nicht berücksichtigt. Bei ausgewählten Projekten in Teilräumen mit weit überdurchschnittlicher Verspätungsanfälligkeit wird die Berechnung der Nutzen aus einer Verbesserung der Pünktlichkeit offen gehalten.

Beim Güterverkehr hat die Komponente „Zuverlässigkeit“ im Gegensatz zum Personenverkehr eine weitaus höhere Bedeutung, da diese bei der Verkehrsmittelwahl eine der wesentlichen Einflussgrößen ist. Messgröße für die Zuverlässigkeit ist die Pünktlichkeit der Transporte. Dabei gilt ein Transport als „pünktlich“, wenn die Summe der Verspätungen nicht größer als 20 % der planmäßigen Gesamtfahrzeiten (einkalkulierter Zeitpuffer bei den Empfängern von Transporten) ist.

Die Wertansätze für die Pünktlichkeit werden relationsbezogen innerhalb des Nachfragemodells Güterverkehr differenziert nach Transportsegmenten ermittelt. Um einen Eindruck über die Größenordnung dieser Wertansätze zu vermitteln, sind in Tabelle 1 die über die einzelnen Relationen gemittelten Werte je nach Transportsegment zusammengestellt.

<b>Transportsegment</b>	<b>mittlerer Wertansatz für die Pünktlichkeit in €/%-Punkt und t</b>
Maritimer KV	0,358
Kontinentaler KV	0,334
Nahrungsmittel	0,417
Steine, Erden	0,159
Mineralölerzeugnisse	0,741
Chemieerzeugnisse, Düngemittel	0,807
Metalle	0,500
Fahrzeuge, Maschinen	1,376
Sonstige Produkte	0,903

**Tabelle 1: Mittlere Wertansätze für die Pünktlichkeit nach Transportsegmenten**

### 3.3 Lebenszyklusemissionen von Treibhausgasen der Verkehrsinfrastruktur

Im BVWP 2003 wurden Treibhausgasemissionen nur bezogen auf den Betrieb von Fahrzeugen bewertet. Im BVWP 2015 werden zusätzlich Lebenszyklusemissionen von Treibhausgasen berücksichtigt, die sich auf die im Planfall gegenüber dem Bezugsfall erweiterte Verkehrsinfrastruktur beziehen. Die hierfür maßgebenden Wertansätze beinhalten die Emissionen aus den Bereichen Erstinvestitionen, Reinvestitionen und Streckenunterhaltung innerhalb der Lebenszyklen der betreffenden Verkehrsanlagen. Bei den in Tabelle 2 dargestellten, nach Streckenkategorien differenzierten Emissionsraten sind alle Arten von Treibhausgasen zu CO<sub>2</sub>-Äquivalenten (CO<sub>2</sub>-e) zusammengefasst.

Streckenategorien Schiene	Spezifische THG-Emissionen in t CO <sub>2</sub> -e/km Einzelgleis und Jahr
Neubaustrecke im Flachland	33
Neubaustrecke im Mittelgebirge	68
Ausbaustrecke	23
Konventionelle Strecke	19

**Tabelle 2: Spezifische Lebenszyklusemissionen von Treibhausgasen bei der Schieneninfrastruktur**

### 3.4 Transportzeitnutzen der Ladung beim Güterverkehr

Während sich die Änderungen der Transportzeiten je Quelle-Ziel-Beziehung zwischen Planfall und Bezugsfall bei den Verkehrsträgern Straße, Schiene und Wasserstraße im BVWP 2003 nur auf die Lohnkosten der Lkw-Fahrer, Lokführer und Schiffsbesatzungen sowie auf die Vorhaltungskosten der Fahrzeuge bzw. der Binnenschiffe auswirken, werden im BVWP 2015 zusätzlich die Zeitwerte der Ladung berücksichtigt. In diesen Zeitwerten sind die Kapitalbindungskosten, die Auswirkungen auf die Logistik-, Produktions- und Verkaufsprozesse sowie die Verlustrisiken der Ladung zusammengefasst. Diese werden relationsbezogen nach der unten stehenden Formel ermittelt:

$$zwg_{i,j} = \left| \frac{\beta_{TZ} * TZ_{i,j}^{\lambda_{TZ}-1}}{\beta_{TK} * TK_{i,j}^{\lambda_{TK}-1}} \right| * 60 : LG$$

mit

$zwg_{i,j}$  Zeitwert der Ladung in der Relation von i nach j in €/t \* Std

$TZ_{i,j}$  Transportzeit in der Relation von i nach j in min

$TK_{i,j}$  (betriebswirtschaftliche) Transportkosten in der Relation von i nach j in €/Transport

$\beta, \lambda$  Parameter

LG Losgröße in t/Transport

Um einen Eindruck über die Größenordnung dieser Wertansätze zu vermitteln, sind in Tabelle 3 die über die einzelnen Relationen gemittelten Werte je nach Transportsegment zusammengestellt.

<b>Transportsegment</b>	<b>Zeitwerte der Ladung in €/Std und t</b>
Maritimer KV	0,305
Kontinentaler KV	1,180
Nahrungsmittel	1,011
Steine, Erden	0,374
Mineralölerzeugnisse	0,746
Chemieerzeugnisse, Düngemittel	0,727
Metalle	0,827
Fahrzeuge, Maschinen	1,506
Sonstige Produkte	0,201

**Tabelle 3: Mittlere Zeitwerte der Ladung nach Transportsegmenten**

### 3.5 Nutzen beim Verkehrsträger Straße aus Verlagerungen auf die Schiene

Bei der Bewertung von Schienenverkehrsprojekten werden bei dem konkurrierenden Verkehrsträger Straße standardmäßig nur die Nutzen aus den Komponenten

- Veränderung der Betriebskosten (NB),
- Veränderung der Abgasbelastungen (NA) und
- Veränderung der Verkehrssicherheit (NS)

auf Grundlage der vom Pkw und Lkw auf die Schiene verlagerten Verkehrsleistungen ermittelt. Darüber hinaus können sich weitere Nutzen bei dem im Planfall verbleibenden Pkw- und Lkw-Verkehr ergeben, wenn sich die Auslastung des Straßennetzes bei entsprechend hohen Verlagerungswirkungen auf die Schiene in bewertungsrelevantem Umfang ändert. Hieraus resultieren dann erhöhte Geschwindigkeiten bzw. verkürzte Fahrzeiten im Straßennetz.

Die hieraus entstehenden Nutzen wurden im Bewertungsverfahren des BVWP 2003 aufgrund der Vermutung einer geringen Ergebnisrelevanz nicht berücksichtigt. Seinerzeit angestellte Sensitivitätsbetrachtungen haben gezeigt, dass der von der Straße auf die Schiene verlagerte Verkehr nur selten einen Anteil von 2 % der gesamten Belastungen auf den betreffenden Abschnitten des Straßennetzes übersteigt.

Im BVWP 2015 besteht die Möglichkeit, solche Nutzen bei Maßnahmen oder Maßnahmenbündeln mit entsprechend hohen Verlagerungswirkungen zu quantifizieren.

#### 4. Entfall der unter dem Oberbegriff „Räumliche Vorteile“ zusammengefassten Nutzenkomponenten

Unter dem Oberbegriff „Räumliche Vorteile“ wurden im BVWP 2003 die folgenden Nutzenkomponenten berücksichtigt:

- Beschäftigungseffekte aus dem Bau von Verkehrswegen
- Beschäftigungseffekte aus dem Betrieb von Verkehrswegen
- Beschäftigungseffekte aus einer verbesserten Anbindung von Seehäfen
- Beiträge zur Förderung internationaler Beziehungen

Diese Komponenten entfallen im Bewertungsverfahren für den BVWP 2015. Deren Anteil an den gesamten Projektnutzen lag bei der Überprüfung des Bedarfsplans für die Bundesschiene<sup>7</sup> in der Größenordnung von etwa 5 %. Der Entfall dieser Nutzenkomponente ist insbesondere dadurch begründet, dass die strukturelle Arbeitslosigkeit als Quantifizierungsgrundlage für die unter den Ziffern (1) bis (3) genannten Beschäftigungseffekte in dem Prognosejahr 2030 nicht mehr gegeben ist. Ergebnis der Strukturdatenprognose<sup>8</sup> für den BVWP 2015 ist, dass der Arbeitskräftemangel die limitierende Größe für das Wirtschaftswachstum sein wird. Damit ist die auf Annahmen zur strukturellen Arbeitslosigkeit beruhende Methodik des BVWP 2003 nicht mehr anwendbar.

Weitere Begründung für den Entfall der unter Ziffer (3) genannten Beschäftigungseffekte ist die Anforderung der Gleichbehandlung aller singulären Verkehrserzeuger. Hierdurch ist eine gesonderte Behandlung der Seehäfen ausgeschlossen. Die Nutzenkomponente (4) „Verbesserung internationaler Beziehungen“ kann entfallen, da im BVWP 2015 auch die Nutzen auf Streckenabschnitten außerhalb des deutschen Territoriums berücksichtigt werden.

#### 5. Wichtigste Änderungen bei den Kosten- und Wertansätzen

Im Folgenden sind die wichtigsten Änderungen der Kosten- und Wertansätze im BVWP 2015 gegenüber dem BVWP 2003, bzw. der Überprüfung des Bedarfsplans für die Bundesschiene<sup>9</sup> dargestellt:

- Diskontierungsrate 1,7 % p.a. anstelle von 3,0 % p.a.; hierdurch erhöhen sich die Nutzen um etwa 25 %

---

<sup>7</sup> BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt, Intraplan Consult GmbH (2010), *Überprüfung des Bedarfsplans für die Bundesschiene*.

<sup>8</sup> ifo/Helmut-Schmidt-Universität Hamburg (2012), *Erstellung einer regionalisierten Strukturdatenprognose, Band I: Prognose der wirtschaftlichen Entwicklung 2010 bis 2030*.

<sup>9</sup> BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt, Intraplan Consult GmbH, a.a.O.

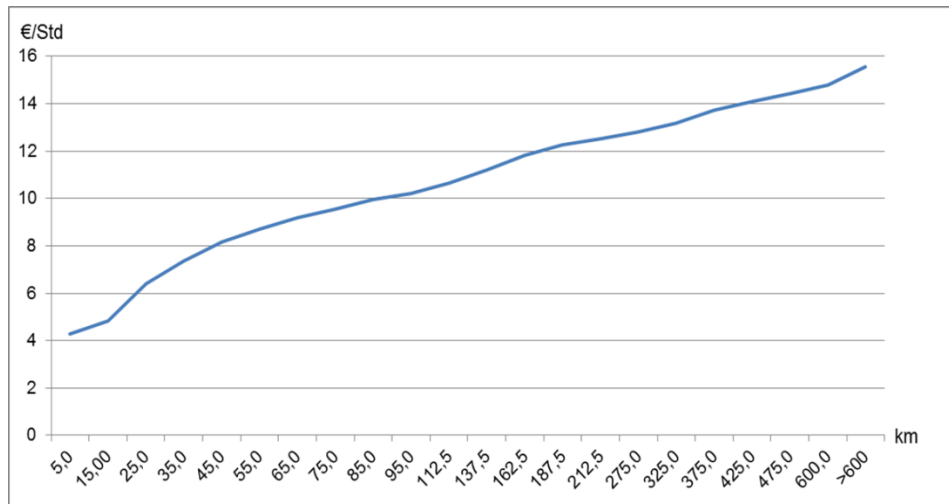
- Distanzabhängige Zeitwertfunktionen anstelle pauschaler Zeitwerte (siehe hierzu Kapitel 5.1)
- Berücksichtigung einer verbesserten Kraftstoffeffizienz, verringerten Leerfahrtenanteilen und einer erhöhten mittleren Beladung im Straßengüterverkehr; dies führt zu einer deutlichen Reduzierung der eingesparten Betriebskosten und Abgasemissionskosten von Lkw
- Einbeziehung der Risk-Value-Komponente in die Wertansätze für Personenschäden (siehe hierzu Kapitel 5.2)
- Entfall des Schwellenwertes für die Bewertungsrelevanz vom Luftverkehr auf den Schienenpersonenverkehr; dies führt in etwa zu einer Verdoppelung der eingesparten Betriebskosten des Luftverkehrs (im BVWP 2003 wurden Änderungen der Bedienungsangebote des Luftverkehrs nur in Relationen Flughafen – Flughafen mit einer Verlagerung von mindestens 20.000 Passagieren/Jahr auf die Schiene berücksichtigt)
- Berücksichtigung eines für 2030 prognostizierten Primärenergieträgermix bei der Stromerzeugung mit einem Anteil erneuerbarer Energien von knapp 50 % anstelle des Primärenergiemix gemäß Status Quo im BVWP 2003

#### 5.1 Zeitwertfunktionen im Personenverkehr

Zur Bestimmung der für die Wirkungsprognose und die ökonomische Bewertung maßgebenden Zeitwerte wurde vom BMVI eine gesonderte Studie (TNS Infratest/IVT (ETH Zürich), 2013)<sup>10</sup> in Auftrag gegeben. In diesem Forschungsvorhaben wurden nach Reiseweiten und Fahrtzwecken differenzierte Zeitwerte ermittelt. Hierbei wurden Zahlungsbereitschaften für Reisezeiteinsparungen aus einer Erhebung abgeleitet, bei der die Probanden sowohl zu tatsächlich durchgeführtem Verkehrsverhalten (Revealed Preferences (RP)) als auch zu hypothetischen Entscheidungssituationen (Stated Preferences (SP)) befragt wurden. Im Fokus der Untersuchung standen die nicht geschäftlichen Fahrtzwecke. Aufgrund der geringen Unterschiede wurden die Zeitwerte für die Fahrtzwecke Ausbildung, Arbeit, Einkauf und Privat zu gewichteten durchschnittlichen distanzabhängigen Zeitwerten zusammengefasst. Die in Abbildung 2 dargestellte Zeitwertfunktion gilt für alle betrachteten Verkehrsmittel gleichermaßen.

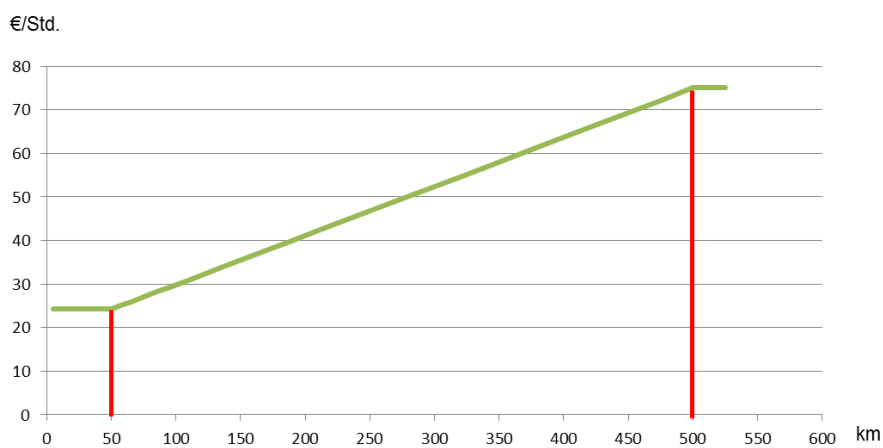
---

<sup>10</sup> TNS Infratest/IVT (ETH Zürich) (2013), *Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf der Basis eines Modells für modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung*.



**Abbildung 2: Zeitwertfunktion für die nicht geschäftlichen Fahrtzwecke**

Die Bewertung von Reisezeitänderungen beim Fahrtzweck Geschäft erfolgt aufgrund von Lohnkostensätzen. Die für den Fahrtzweck Geschäft bei der oben genannten RP/SP-Studie ermittelten Zeitwerte wurden nicht übernommen, da diese unter dem für den Personenwirtschaftsverkehr maßgebenden Lohnkostensatz liegen. Analog zur Vorgehensweise bei den nicht geschäftlichen Fahrtzwecken wurde für den Fahrtzweck Geschäft ebenfalls eine distanzabhängige Zeitwertfunktion definiert (siehe Abbildung 3).



**Abbildung 3: Zeitwertfunktion für den Fahrtzweck Geschäft**

Während die Nachfrage im Kurzstreckenbereich von Lieferfahrten, Fahrten von Handwerkern etc. bestimmt wird, steigt mit der Reiseweite der Anteil von höherwertigen Geschäftsreisen. In internationalen Studien wurde festgestellt, dass Reisende mit höherem Einkommen in der Regel zu höheren Reiseweiten tendieren<sup>11</sup>. Auch beim Lohnkostenansatz kann also von steigenden Zeitwerten mit steigender Reiseweite ausgegangen werden.

Mangels detaillierter empirischer Grundlagen wird für Distanzklassen oberhalb von 500 km auf den Zeitwert der Verkehrsprognose 2030 (VP 2030)<sup>12</sup> im Fahrtzweck Geschäft in Höhe von 75 €/Std zurückgegriffen. Dieser Zeitwert ist das Ergebnis der am Ist-Zustand kalibrierten Nachfragemodellierung. Im Distanzbereich bis 50 km wird von dem für den Personewirtschaftsverkehr maßgebenden Zeitwert in Höhe von 24,21 €/Std ausgegangen. Für den Distanzbereich zwischen 50 km und 500 km erfolgt eine lineare Interpolation.

#### 5.2 Einbeziehung der Risk-Value-Komponente in die Wertansätze für Personenschäden

Die Bewertung der Personenschäden erfolgte im BVWP 2003 nur nach dem Ressourcenansatz. Hierin ist der mit dem betreffenden Unfall verbundene Ressourcenverzehr und der volkswirtschaftliche Schaden aufgrund des Produktionsausfalles der betroffenen Personen berücksichtigt. Im BVWP 2015 wird zusätzlich eine „Risk-Value-Komponente“ berücksichtigt. Hierunter wird die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung zur Vermeidung des Risikos verstanden, selbst bei einem Unfall zu sterben oder verletzt zu werden.

	Kostensätze (€/Schadensfall)		
	Getötete	Schwerverletzte	Leichtverletzte
Ressourcenansatz	1.161.892	116.151	4.829
Risk-Value-Komponente	1.319.104	171.484	13.191
<b>Gesamtkosten</b>	<b>2.480.996</b>	<b>287.635</b>	<b>18.020</b>

**Tabelle 4: Wertansätze für Personenschäden gemäß Ressourcenansatz und Risk-Value-Komponente**

Die Einführung der Risk-Value-Komponente führt in etwa zu einer Verdoppelung der Bedeutung der Nutzenkomponente „Verkehrssicherheit“.

<sup>11</sup> Vgl. hierzu z. B. Bickel et al. (2004), *HEATCO (Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment) Proposal for Harmonised Guidelines*, Deliverable 5.

<sup>12</sup> Intraplan Consult GmbH, BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH, IVV GmbH & Co. KG (2014), Planco Consulting GmbH, *Verkehrsverflechtungsprognose 2030, im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur*.



## 6. Fazit

Die Weiterentwicklung des Bewertungsverfahrens für den BVWP 2015 weist Elemente auf, die sich gegenüber dem BVWP 2003 sowohl positiv als auch negativ auf das Nutzen-Kosten-Verhältnis (NKV) der zu bewertenden Schienenverkehrsprojekte auswirken. Positive Auswirkungen bestehen insbesondere in den folgenden Elementen:

- Herabsetzung der Diskontierungsrate von 3,0 % p.a. auf 1,7 % p.a.
- höhere Zeitwerte im Personenverkehr in den höheren Distanzklassen
- Einbeziehung der Risk-Value-Komponente in die Kostensätze für Personenschäden
- Einbeziehung der neuen Nutzenkomponenten
  - Implizite Nutzendifferenzen
  - Zuverlässigkeit und
  - Zeitwerte der Ladung im Güterverkehr

Negative Auswirkungen auf das NKV ergeben sich insbesondere durch

- die Verminderung der Wertansätze für Betriebskosten von Lkw,
- niedrigere Zeitwerte im Personenverkehr in den niedrigen Distanzklassen,
- den Entfall der unter dem Oberbegriff „Räumliche Wirkungen“ zusammengefassten Nutzenkomponenten und
- die Einführung der neuen Nutzenkomponente „Lebenszyklusemissionen von Treibhausgasen der Verkehrsinfrastruktur“.

Ob sich die Überlagerung der positiven und negativen Einflüsse insgesamt positiv oder negativ auf das NKV auswirkt, hängt von der Struktur der in den jeweiligen Anwendungsfall gegebenen Mengengerüste der Nachfragewirkungen, der Betriebsleistungsänderungen und der Investitionskosten ab.

## 7. Abstract

Im Vorfeld des BVWP 2015 wurde eine Vielzahl von Forschungsprojekten zur Weiterentwicklung der methodischen Grundlagen durchgeführt. In diesem Beitrag wird am Beispiel der Bewertung von Schienenverkehrsprojekten dargestellt, wie die Forschungsergebnisse bei der konkreten Anwendung im BVWP 2015 umgesetzt wurden. Hierbei wird die ökonomische Bewertung im Gesamtzusammenhang mit der Prognose der Nachfragewirkungen betrachtet.

## 8. Literatur

Bickel et al. (2005), *HEATCO(Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment)Proposal for Harmonised Guidelines*, Deliverable 5.

BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH, TNS Infratest GmbH (2014), *Entwicklung eines Modells zur Berechnung von modalen Verlagerungen im Güterverkehr für die Ableitung konsistenter Bewertungsansätze für die Bundesverkehrswegeplanung*.

BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt, Intraplan Consult GmbH (2010), *Überprüfung des Bedarfsplans für die Bundesschienenwege*.

ifo/Helmut-Schmidt-Universität Hamburg (2012), *Erstellung einer regionalisierten Strukturdatenprognose, Band I: Prognose der wirtschaftlichen Entwicklung 2010 bis 2030*.

Intraplan Consult GmbH, BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH, IVV GmbH & Co. KG, Planco Consulting GmbH (2014), *Verkehrsverflechtungsprognose 2030 sowie Netzumlegungen auf die Verkehrsträger*.

Intraplan Consult GmbH, BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH (2015), *Erstellung / Vervollständigung eines Bezugsfalles Schiene für Nutzen-Kosten-Analysen im Bewertungsverfahren zur Aufstellung eines neuen Bundesverkehrswegeplans*.

Geistefeldt/Hohmann/Wu (2014), *Ermittlung des Zusammenhangs von Infrastruktur und Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs für den Verkehrsträger Straße*.

IGES Institut GmbH, Rail Management Consultants GmbH (2014), *Ermittlung des Einflusses der Infrastruktur auf die Zuverlässigkeit des Verkehrsablaufs für den Verkehrsträger Schiene*.

Intraplan Consult GmbH (2015), *Testrechnungen für das weiterentwickelte Bewertungsverfahren auf der Basis der Verkehrsprognose 2030 am Beispiel des Rhein-Ruhr-Express*.

TNS Infratest GmbH/IVT (ETH Zürich) (2013), *Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf der Basis eines Modells für modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung*.

---

## Reverse-engineering of the rule-of-half in order to retrofit an assessment procedure based on resource consumption

VON KAI NAGEL, BENJAMIN KICKHÖFER, MARTIN WINTER, BERLIN

---

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Kai Nagel

Transport Systems Plan-  
ning and Transport  
Telematic Group  
Technische Universität  
Berlin  
Salzufer 17-19  
10587 Berlin  
nagel@vsp.tu-berlin.de

Dr.-Ing. Benjamin Kickhöfer

Transport Systems Planning  
and Transport Telematic  
Group  
Technische Universität  
Berlin  
Salzufer 17-19  
10587 Berlin  
kickhoefer@vsp.tu-berlin.de

Dr. Martin Winter

Workgroup for Infra-  
structure Policy  
Technische Universität  
Berlin  
Straße des 17. Juni 135  
10623 Berlin  
mw@wip.tu-berlin.de

## 1. Introduction

Policy measures are usually an attempt to improve the existing system while taking into account current limiting conditions, and to assure a sustainable development in a changing environment. In the transport sector, the necessary planning and decision process is supported by economic appraisal methods (e.g. Pearce and Nash, 1981; Short and Kopp, 2005), an approach which is widely accepted due to the substantial investment costs of transport infrastructure.

These appraisal methods vary substantially between countries mainly because of cultural, historical, and economic differences (Grant-Muller et al., 2001). Several authors reviewed and compared the appraisal methods from different countries (among others, e.g. Nakamura, 2000; Hayashi and Morisugi, 2000; Bristow and Nellthorp, 2000; Rothengatter, 2000). In this context, Hayashi and Morisugi (2000) pointed out the importance of sharing the methods that are applied in transport project appraisals with scientists and practitioners from other countries. Olsson et al. (2012) take this recommendation one step further and implement different countries' appraisal methods for a specific rail project in Norway. However, what they call the "German" method is in fact the result of the EU HEATCO project, which resides in fact on a German server (Bickel et al., 2006), but has otherwise little to do with the assessment procedure of the German Federal Ministry of Transport. Daly et al. (2013) confirm that internationally available information on the German procedure is scarce.

With the present paper, we aim at mitigating some of these issues by comparing the cost benefit analysis (CBA) procedure of the German Federal Transport Infrastructure Plan ('Bundesverkehrswegeplan' or BVWP) to an analysis based on basic consumer theory. The BVWP is performed every 10 to 15 years by the German federal government, and forms the decision basis for all major federal investments into long-distance (> ~50km) surface transport infrastructure.

## 2. The German Federal Transport Infrastructure Plan

Historically, the German BVWP assessment procedure is based on the concept of resource consumption. This concept means that new transport infrastructure causes changes in the consumption of time, money, safety, environment, etc. Monetized changes of those attributes are related to the construction and maintenance cost borne by the federal government, and the resulting benefit-cost ratios provide indicators which help to prioritize investment decisions (Rothengatter, 2000; BVU et al., 2003).

This assessment approach works well as long as all mode-specific demand remains fixed, and the remaining question thus is to serve that demand as efficiently as possible. As soon as demand is assumed to be elastic for the facility under consideration (e.g. when consider-

ing inter-modal interdependences or induced travel), this leads to inconsistencies between the behavioral model and the evaluation method. The archetypical example is an acceleration of a rail connection, while still remaining slower than the competing road connection. Any logit model or similar would, in that situation, predict that some users switch from road to rail. In terms of resource consumption, those travelers would afterwards consume more time than before; in the absence of additional effects, for those travelers the project would have a negative benefit according to the resource consumption approach. This is intuitively not in line with basic consumer theory since in the choice model, there needs to be a reason for these travelers to change mode. The conceptual shortcoming here is that the trip by rail causes additional benefits which are not included in the (observed) variables used for monetization. This shortcoming was, in the German context, pointed out by Helms (2000), together with a recommendation to use the concept of consumer surplus/rule-of-half in order to remove those inconsistencies.

There were, in fact, efforts by the Ministry of Transport to improve the assessment of mode choice and latent demand (induced traffic):

- The ministry commissioned a study (STASA et al., 2000, and references therein) concerning the evaluation of so-called induced traffic (realized latent demand) based on an advanced system-analytical traffic model (cf. the SILUS model in NTUA and others, 2000). The parameterization approach developed in that study was subsequently used in the BVWP 2003. This ignored a suggestion made by Planco (1999, pp. 210) at the same time. It also ignored the recommendations made by Helms (2000).
- A reassessment of the BVWP 2003 projects, performed in 2010 as part of a regular reassessment procedure (BMVBS, 2010), uses a version of the rule-of-half, but only for travel time savings of rail passengers (BVU and ITP, 2010). A similar procedure is used in the so-called Standardized Assessment (ITP and VWI, 2006), used for the evaluation of urban public transit projects.

These modifications made the procedure more complex and in consequence more difficult to handle. In some cases, they were applied to some parts of the procedure but not to others; for example, the rule-of-half was used for travel times only but not for user prices (see Sec. 5), and it was used for rail passenger traffic but for nothing else.

Winkler (2011, 2012) once more pointed out the shortcomings and once more suggested a switch to the consumer surplus/rule-of-half. According to this rule, new users of an improved infrastructure gain on the average half of the benefits of existing users (e.g. UK Department for Transport, 2011; Worldbank, 2005; Bickel et al., 2006, p. 17). The first new user gains almost as much as the average existing user, while the last new user is almost indifferent between both alternatives. Assuming linear demand functions, the average new user gains half of the benefits of existing users. The rule-of-half greatly simplifies the estimation of user benefits, as one only needs the initial and final quantities and the changes in generalized costs, instead of all demand functions and cross-demand relations (Small and

Verhoef, 2007, p. 183). Even though the rule-of-half is an approximation, it has proved to be a very powerful tool in project appraisal (Button, 2001, p. 73). Newer research suggests the use of the logsum term directly derived from the logit model as evaluation measure (e.g. de Jong et al., 2005; Winkler, 2011).

However, given the nature of the problem here, the issue is not to discuss the limitations of, or the alternatives to the rule-of-half (for some proposals see e.g. Nellthorp and Hyman, 2001), but rather the question if, and how, the established German assessment procedure can be made consistent with basic consumer theory. The present paper will propose an easily applicable procedure to include the logic of the rule-of-half into the existing evaluation approach. We show that the resulting calculation yields the same result as the rule-of-half while maintaining the rest of the former evaluation method. Additionally, we also give a behavioral interpretation of the newly introduced correction term that we call “implicit utility”. Finally, we discuss how the Standardized Assessment for urban public transit projects (ITP and VWI, 2006) fits into the proposed procedure.

### 3. Going into the details

#### 3.1 Comparing options $a$ and $b$

We start by comparing options  $a$  and  $b$ . In transport,  $a$  might be car and  $b$  might be train. If we plot generalized costs vertically, one obtains a diagram like Fig. 1. Here,  $t^a$  and  $t^b$  are the travel times and  $p^a$  and  $p^b$  are the user prices (out-of-pocket costs) of options  $a$  and  $b$ , respectively. The user price,  $p$ , can be decomposed into the resource cost,  $rc$ , and the producer surplus,  $ps$ , where the resource cost is the variable part of the cost of providing the transport service. In competitive markets, one would have  $p = rc$  and thus  $ps = 0$ . Since the competitive market assumption may not hold, we do all our following calculations with the assumption that the resource cost  $rc$  may be different from the user price  $p$ .

In the following, we assume that travel times, as well as all other contributions to the generalized travel costs, are given in monetary units.

#### 3.2 Switching from $a$ to $b$

Now let us assume that there is an improvement of the travel time of  $t^b$ , from  $t^b_0$  to  $t^b_1$ , and as a result some demand shifts from option  $a$  to option  $b$ . The diagram would look as in Fig. 2. We make the assumption that there is no change in generalized cost at the option  $a$ , so the only reaction is a horizontal shift of the demand curve to the left. We also assume that there are only switchers on option  $b$ , i.e. there was nobody on option  $b$  before. This is just for illustration. Note that one needs, to make Fig. 2 possible, a mode choice model that allows for users to select option  $a$  in the first place – i.e. a mode choice model where some users select an option that does not have the least generalized cost. Logit mode choice models, for example, display this type of behavior.

### 3.3 Change in welfare

The standard welfare effects of this infrastructure measure are given by the three dark gray areas of Fig. 3:

- Gain in consumer surplus:  $\Delta CS = \frac{1}{2} \times (t_0^b - t_1^b) \times |\Delta x|$  – the usual rule-of-half, with  $\Delta x = x_1^b - x_0^b = x_0^a - x_1^a$ .<sup>1</sup>
- Gain in producer surplus on option b:  $\Delta PS^b = ps^b \times |\Delta x|$
- Loss in producer surplus on option a:  $\Delta PS^a = -ps^a \times |\Delta x|$

For this to be valid, it is assumed that the rule-of-half is an applicable approximation, and that there are no complications such as income effects (Jara-Díaz and Videla, 1989; Herziges and Kling, 1999) or income-dependent values-of-time.

### 3.4 Change in resource consumption

The German national assessment exercise typically computes the change in “resource consumption” rather than the change in welfare. The changes in resource consumption of this infrastructure measure are the four light gray areas of Fig. 4:

- Reduction in time consumption  $\Delta T^a = -t_a \times |\Delta x|$
- Reduction in resource costs  $\Delta RC^a = -rc^a \times |\Delta x|$ .
- Increase in time consumption  $\Delta T^b = t_1^b \times |\Delta x|$ .
- Increase in resource costs  $\Delta RC^b = rc^b \times |\Delta x|$ .

### 3.5 Comparison

Fig. 5 shows the different areas together in one figure. It is difficult to draw immediate visual conclusions since the economic benefit is

- according to the welfare computation: the dark gray areas on the right minus the dark gray area on the left
- according to the resource consumption computation: the light gray areas on the left minus the light gray areas on the right.

It is, however, immediately clear that the two computations will, in general, not lead to the same result: One could, for example, assume a different  $t_a$  while everything else remains the same. In consequence, the related light gray area would change while all dark gray areas remain the same. Hence, the result of the calculation according to resource consumption would change while the result of the calculation according to welfare computation would remain unchanged. Thus, in general they cannot yield the same result.

<sup>1</sup> We use  $|\Delta x|$  instead of  $\Delta x$  throughout this paper to indicate that, for this paper, we always have a positive number here.

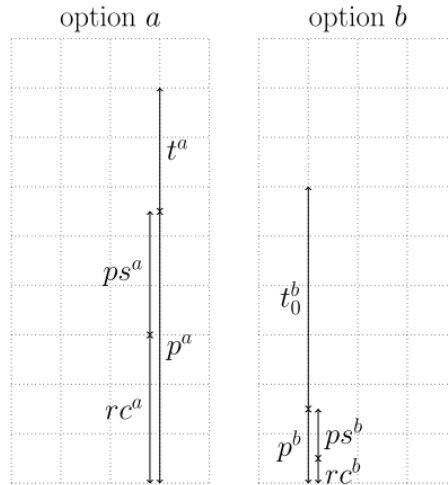


Figure 1: Resource costs ( $rc$ ), user prices ( $p$ ), producer surplus ( $ps$ ), and travel times ( $t$ ) of two options  $a$  and  $b$ .

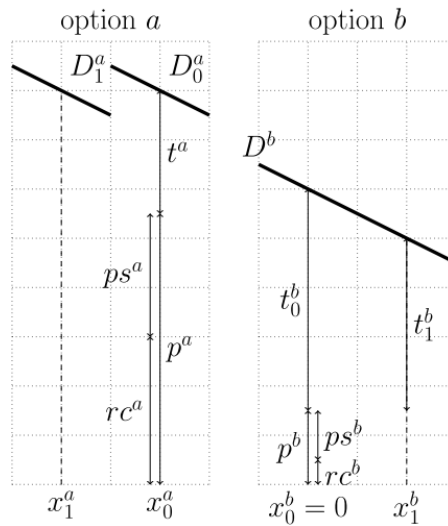
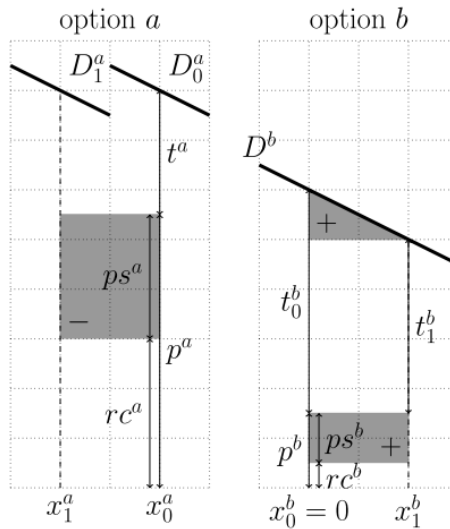
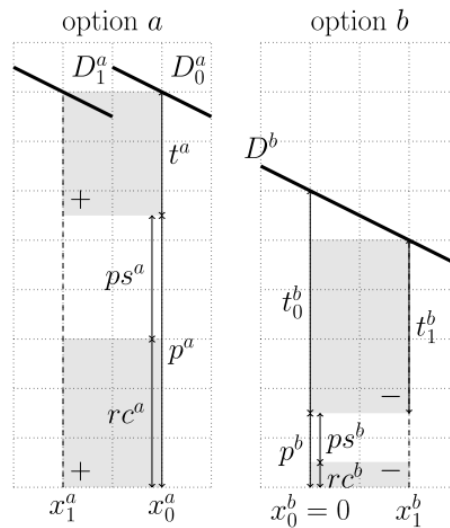


Figure 2: Including demand curves, an improvement (reduction in travel time) for  $b$ , and switching travelers.





**Figure 3:** The dark gray areas depict changes in welfare, i.e. the sum of consumer and producer surplus. A “+” in the shape means that a larger shape increases the benefit; a “-” in the shape means that a larger shape reduces the benefit.



**Figure 4:** The light gray areas depict changes in resource consumption. A “+” in the shape means that a larger shape increases the benefit; a “-” in the shape means that a larger shape reduces the benefit.

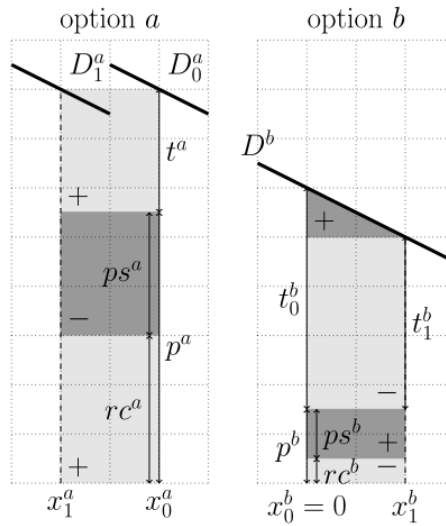


Figure 5: Visual comparison of the calculations according to welfare (dark gray) and resource consumption (light gray). A “+” in the shape means that a larger shape increases the benefit; a “-” in the shape means that a larger shape reduces the benefit.

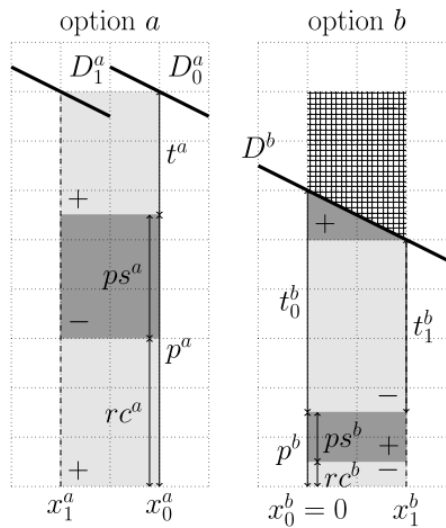


Figure 6: Adding the “implicit utility” (gridded). A “+” in the shape means that a larger shape increases the benefit; a “-” in the shape means that a larger shape reduces the benefit.

### 3.6 Implicit utility

When looking at Fig. 5, it seems that the dark gray and light gray areas complement each other, with the exception of the area above the  $D^b$  demand curve. This can be corrected by including that area into the computation, see Fig. 6. We then have

$$(rc^a + ps^a + t^a) \times |\Delta x| = (rc^b + ps^b + t_1^b) \times |\Delta x| + CS + Grid, \quad (1)$$

where  $CS$  is the consumer surplus according to the rule-of-half as defined earlier, and  $Grid$  is the gridded area above  $D^b$ . From this, we get

$$CS + (ps^b - ps^a) \times |\Delta x| = [(rc^a - rc^b) + (t^a - t_1^b)] \times |\Delta x| - Grid$$

or

$$\Delta Welfare = RCC - Grid, \quad (2)$$

where  $RCC$  means “resource consumption calculation”. That is, when the gridded area is deducted from the result of the resource consumption calculation, the two computations are equivalent.

An alternative way to express Eq. 1 – better to see directly from Fig. 6 – is

$$(rc^a + ps^a + t^a) \times |\Delta x| = (rc^b + ps^b + \bar{t}^b) \times |\Delta x| + Grid,$$

where  $\bar{t}^b = (t_0^b + t_1^b)/2$  is the average travel time before and after the change. This averaging approach can indeed be extended to all variables, leading to

$$(\overline{rc^a} + \overline{ps^a} + \bar{t}^a) \times |\Delta x| = (\overline{rc^b} + \overline{ps^b} + \bar{t}^b) \times |\Delta x| + Grid$$

or

$$\begin{aligned} Grid &= [(\overline{rc^a} + \overline{ps^a} + \bar{t}^a) - (\overline{rc^b} + \overline{ps^b} + \bar{t}^b)] \times |\Delta x| \\ &= [(\bar{p}^a + \bar{t}^a) - (\bar{p}^b + \bar{t}^b)] \times |\Delta x|. \end{aligned} \quad (3)$$

The final equality stems from the observation that  $p = rc + ps$ .

### 3.7 Behavioral interpretation of the gridded area: implicit utility

The behavioral interpretation of the gridded area is that there needs to be a reason why users did not switch from  $a$  to  $b$  in the first place in spite of the fact that  $t^b + p^b$  is much

smaller than  $t^a + p^a$ . It is plausible to assume that this is caused by some difference in generalized cost or utility which is not included when considering only travel time and price.

More precisely, the leftmost height of the gridded area is what is missing to make the first switching user indifferent between the options. Since, in basic consumer theory, that user is assumed to be indifferent, that height needs to be due to one or more unobserved attributes. The effect is rather similar to an alternative-specific constant in discrete choice models – which absorbs all remaining differences in base utility between two options. One could therefore also speculate that the gridded area should become smaller with the addition of further explanatory attributes.

#### 4. Adding the implicit utility to the resource consumption calculation

##### 4.1 Approach

The above insights can be used to add a term to the established resource consumption calculation in order to make it consistent with basic consumer theory. From Eqs. (2) and (3), the correction term is

$$-Grid = [-(\bar{p}^a + \bar{t}^a) + (\bar{p}^b + \bar{t}^b)] \times |\Delta x| =: \Delta U_{implicit} \quad (4)$$

This is also what is recommended by Planco et al. (2015), except that in that recommendation it is assumed that option a is not affected by the measure, and thus the averaging is not needed for option a, i.e.  $p_0^a = p_1^a = \bar{p}^a$ , and the same for  $t^a$ .

Note that the correction term, Eq. 4, is much easier to construct—but not necessarily easier to justify—by recognizing that the first bracket denotes the loss of gross consumer surplus by leaving the option  $a$ , and the second bracketed denotes the gain of gross consumer surplus by going to option  $b$ .

A resource consumption table would now look as Tab. 1. There, for completeness, the conversion rate of travel time into monetary terms,  $\beta_t$ , also called “Value of Time” or “Value of Travel Time Savings”, and the number of switchers,  $|\Delta x|$ , have been included, and it is assumed that the attributes of option  $a$  are not affected by the measure.

Adding these terms up and rearranging leads to a change in welfare of

$$\begin{aligned} \Delta Welfare &= [\beta_t \times (\bar{t}^b - t_1^b) + (\bar{p}^b - rc_1^b) - (p^a - rc^a)] \times |\Delta x| \\ &= [\beta_t \times (\bar{t}^b - t_1^b) + (\bar{p}^b - p_1^b) - (p_1^b - rc_1^b) - (p^a - rc^a)] \times |\Delta x|. \end{aligned}$$

**Table 1: resource consumption table**

	base case	policy case	resource difference	gain in monetary terms
prod cost $a$	$rc^a \times x_0^a$	$rc^a \times x_1^a$	$-rc^a \times  \Delta x $	$+rc^a \times  \Delta x $
travel time $a$	$t^a \times x_0^a$	$t^a \times x_1^a$	$-t^a \times  \Delta x $	$+\beta_t t^a \times  \Delta x $
prod cost $b$	0	$rc_1^b \times x_1^b$	$+rc_1^b \times  \Delta x $	$-rc_1^b \times  \Delta x $
travel time $b$	0	$t_1^b \times x_1^b$	$+t_1^b \times  \Delta x $	$-\beta_t t_1^b \times  \Delta x $
impl. utl. diff.				$[-(p^a + \beta_t t^a)$ $+ (\bar{p}^b + \beta_t \bar{t}^b)]$ $\times  \Delta x $

This is, however, exactly the calculation of the rule-of-half:

- $[\beta_t \times (\bar{t}^b - t_1^b) + (\bar{p}^b - p_1^b)] \times |\Delta x| = \beta_t * (t_0^b - t_1^b)/2 + (p_0^b - p_1^b)/2] \times |\Delta x|$  is the change in consumer surplus,
- $[p_1^b - rc_1^b] \times |\Delta x|$  is the change in producer surplus on option  $b$ ,
- $[-(p^a - rc^a)] \times |\Delta x|$  is the change in producer surplus on option  $a$ .

That is, after including an implicit utility difference according to Eq. 4 into the resource consumption calculation, it yields the same result as the welfare calculation using consumer and producer surplus. Or, in other words, the insights provided by the welfare computation including the rule-of-half were used to retrofit the calculation according to resource consumption in such a way that the result is in line with basic consumer theory.

#### 4.2 Consequences of including the implicit utility into the resource consumption calculation

The implicit utility difference of switching, and therefore its contribution to the economic benefit, is

- positive if  $p^b + t^b > p^a + t^a$ ,
- negative if  $p^b + t^b < p^a + t^a$ .

As a tendency,

- a further improvement of an already fast and cheap (train or car) connection will generate less benefits than with the existing approach, and

- an improvement of a slow and expensive (train or car) connection will generate more benefits than with the existing approach.

That is, including the implicit utility into the German national assessment exercise will, as a tendency, *increase the benefit-cost-ratio for measures that improve below average elements* of the infrastructure to the average. And similarly, it will, as a tendency, *decrease the benefit-cost-ratio for measures that improve already above average infrastructure elements*. Improvements here refer to improvements in travel time and travel cost, but Eq. 5 implies that the analysis would hold for improvements in all considered attributes.

#### 4.3 Advantages and disadvantages

The welfare computation is much simplified if one assumes that  $a$  and  $b$  are competitive markets. In that situation,  $p^a - rc^a$  and  $p^b - rc^b$  can both be approximated by zero, which simplifies the computation significantly. The computation according to resource consumption, however, remains at the same level of complexity. This may justify the application of the welfare computation in situations where the competitive market assumption is assumed to hold.

If, however, the competitive markets assumption is not applicable, then both computation paths have a similar level of complexity. In consequence, when there is a tradition of using the resource consumption approach, the only argument for a move to the standard welfare approach seems to be international consistency. On the other hand, when staying with the resource consumption approach, then the existing computational modules, including intuition for most of their numbers, can be kept, and just a term is added. Also, the term has a plausible interpretation: It is the utility difference of switching to the improved infrastructure. This becomes, in fact, particularly clear when considering completely new (“induced”) traffic, i.e. not just a switch from another mode. Here, the utility difference is exactly the implicit benefit from doing an activity at another location (see Sec. 4.4).

Another advantage of the resource consumption approach, after the correction, is that one does not need the producer surplus,  $ps$ . Clearly, computationally this is just the same as  $p - rc$ , i.e. the difference between the charged price and the resource cost. However, in the German tradition, there exist already models for  $p$  and  $rc$ , since  $p$  is the out-of-pocket price that is already used in the mode choice models, and  $rc$  is the old resource cost. For  $ps$ , in contrast, there is, e.g., debate of how to include taxes, that is, if “gains to private firms” are to be accounted in the same way as “gains to government”, or not.

#### 4.4 “Induced” traffic

A welcome consequence of the above retrofitting of the resource consumption approach is that it also works for so-called induced traffic, i.e. activated traffic demand that was latent before the infrastructure improvement (more trips, longer trips, completely new trips). On the one hand, this is to be expected, since the rule-of-half approximates the utility effects of

changes from *any* alternative, including the alternative of not having made a trip before. On the other hand, it is instructive to go through the calculation. According to Eq. 4,

$$\Delta U_{implicit} = [\bar{p}^b + \bar{t}^b] \times |\Delta x|,$$

since  $t^a$  and  $p^a$  are zero since no trip takes place for that option.

That is, the implicit utility difference for the average new user is exactly as large as the generalized cost of the travel for the average new user. In other words, the equation yields an estimate for the implicit utility of additional mobility. As stated, from the perspective of the rule-of-half this is not a surprise. From the perspective of the German national assessment exercise, it provides a straightforward solution to a situation that is difficult to resolve otherwise, because in (the basic version of) the resource consumption calculation, *any* additional travel just leads to increased resource consumption and thus a negative benefit.

#### 4.5 Additional attributes besides price and travel time

Eq. 4 only includes price and travel time. When looking at the derivation, however, it should be clear that additional attributes, for example unreliability, can be easily added. One could also use different monetization approaches for options *a* vs. *b*, if the measurement for unreliability underneath is different. The equation then becomes

$$\Delta U_{implicit} = [-(\bar{p}^a + \sum_i \beta_i^a * \bar{z}_i^a) + (\bar{p}^b + \sum_i \beta_i^b * \bar{z}_i^b)] \times |\Delta x|, \quad (5)$$

where the  $z_i$  are the various attributes, and the  $\beta_i$  are their monetization factors.

### 5. Partial inclusion of the consumer surplus — The German standardized assessment for public transit investments

Practitioners have been aware of the problem for a long time. In particular, it was considered counter-intuitive that persons switching to an improved train connection might *reduce* the benefits of a measure (cf. example in Sec. 2). In order to improve upon this, a version of the rule-of-half was introduced into the process (ITP and VWI, 2006; BVU and ITP, 2010). What was done is equivalent to using the rule-of-half for the travel times but staying with resource consumption for the production costs. The result is discussed in Sec. A.

The “story” for this is quite plausible: On the one hand, there is the consumer, and she reaps the consumer surplus. On the other hand, there is the “producing economy”, and it needs to spend resources to produce the service. However, the result is not the same as from the standard welfare computation.

## 6. Discussion

Different switchers are treated differently in the 2003/2010 BVWP procedure (BVU et al., 2003; BVU and ITP, 2010).

- **Passengers switching from road to rail** are treated according to the rule-of-half with respect to travel time (BVU and ITP, 2010). All other attributes are treated according to resource consumption.
- Similarly, **induced rail traffic** is treated according to the rule-of-half with respect to the time component (BVU and ITP, 2010).
- **Passengers switching from rail to road** are treated according to resource consumption. It seems that this would imply that the average travel time gain from rail to road should be counted as a benefit, but this is effectively not included since the corresponding benefits component (denoted “NE” = Nutzen der Erreichbarkeit) is computed for existing car users only.
- Passengers switching to road are not included into the traffic assignment.
- **Induced road traffic** is treated according to a parameterized approach without explicitly computing its volumes (STASA et al., 2000).
- **Freight** mode switches in both directions are computed according to resource consumption. Travel time improvements induce mode switches for freight, but the value of time of freight is set to zero in the benefits calculation.
- Freight switching to road is not included into the traffic assignment.
- It is assumed that there is **no induced freight traffic**.

Overall, these different treatments make it difficult to keep track of all the different cases, and thus to keep the approach consistent. Furthermore, they are a hindrance with respect to future developments. For example, induced traffic cannot be included into the road assignment, since the additional congestion effects are already contained in the parameterization. This, however, would make any detailed emissions calculations for those users impossible. – The approach presented in this paper makes it possible to treat mode switchers and induced traffic explicitly: They would switch according to the mode choice or induced demand model, they would be included into the respective modal assignments, and their effect would be computed in a plausible way by including the implicit utility difference into the resource consumption computation. Extra parameterizations and special rules would no longer be necessary, simplifying the conceptual approach and thus making it more transparent.

A concern might be that more emphasis should be put on strategic or system aspects (Rothengatter, 2000; Wissenschaftlicher Beirat, 2010). The present paper is not meant as a counter-argument to this. Nevertheless, we believe that the cost-benefit-analysis part of the assessment should be comprehensible and transparent, and an understanding in how far a procedure is similar or different to other procedures contributes to that. This is what the present paper concentrates on.



## 7. Conclusion

The objective of this paper was to propose a way to adapt the current German national CBA approach for infrastructure projects, which is based on resource consumption, to the international evaluation standard of welfare computations, in particular to the approximation based on the rule-of-half. As shown in our calculations, adding an implicit benefit component to the resource consumption leads to the equivalence of both approaches. We also analysed the practical consequences of including these implicit user benefits for the assessment results. With the inclusion of that benefit component, the current evaluation procedure could largely be kept, while illogical and counterintuitive effects in conjunction with mode switchers or induced traffic would be avoided.

## Acknowledgments

T. Beckers helped by insisting that it should be possible to put the issue into one diagram (which eventually emerged in the form of Fig. 5). Discussions with H.-U. Mann and P. Rieken clarified many issues. We also acknowledge a helpful discussion with C. Winkler. The project was funded in part by German National Science Foundation (DFG) grant NA 682/3-1 ‘Detailed evaluation of transport measures using microsimulation’. Work on this paper was also motivated by the participation of the authors in the German Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development (BMVBS) project FE 960974/2011: ‘Review and further development of the assessment methodology with a focus on the benefits components of the benefit-cost-analysis of the German national transport assessment exercise’.

### A. German standardized assessment (Standardisierte Bewertung)

Figs. 7 and 8 show an example where the “German standardized assessment” is not consistent with the welfare approach:

- Assume  $ps^a = ps^b = 0$ , i.e. prices are competitive and thus there is no producer surplus.
- In consequence, the surplus calculation would only yield the consumer surplus.
- Yet there may still be a difference in the resource consumption, yielding a (positive or negative) contribution in the resource consumption calculation.

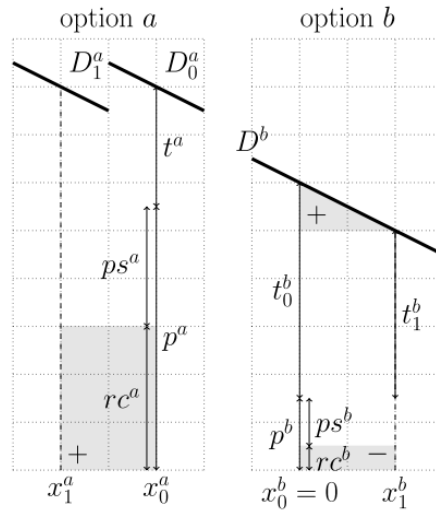


Figure 7: Areas that are considered for the benefits calculation in the German standardized assessment for public transit investments (“standardisierte Bewertung”; see ITP and VWI, 2006) and in the intermediate revision of the CBA numbers of the German national assessment exercise (“Bedarfsplanüberprüfung”, see BVU and ITP, 2010). Again, a “+” in the shape means that a larger shape increases the benefit; a “-” in the shape means that a larger shape reduces the benefit.

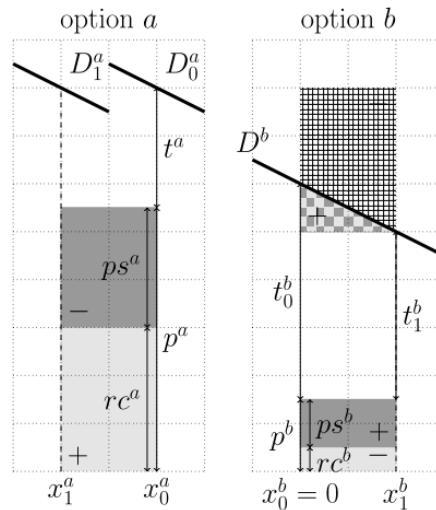


Figure 8: “Standardized assessment”, full comparison

What is the explanation for this difference? It might be easiest to understand this from a comparison with a standard welfare computation, similar to Sec. 3.6. Adding up the areas in Fig. 8 leads to

$$[rc^a + ps^a + t^a] \times |\Delta x| = [rc^b + ps^b + t_1^b] \times |\Delta x| + CS + Grid$$

or

$$\begin{aligned} & CS + [ps^b - ps^a] \times |\Delta x| \\ &= \left[ \left( rc^a - rc^b + \frac{t_0^b - t_1^b}{2} \right) - \frac{t_0^b - t_1^b}{2} + (t^a - t_1^b) - [(p^a + t^a) - (p^b + \bar{t}^b)] \right] \times |\Delta x| \end{aligned}$$

or

$$\Delta Welfare = GSAC + (p^b - p^a) \times |\Delta x|,$$

where  $\bar{t}^b = (t_0^b + t_1^b)/2$  was used, and *GSAC* means “German standardized assessment computation”.

That is, while the resource consumption calculation needs to be corrected by  $[-(\bar{p}^a + \bar{t}^a) + (p^b + \bar{t}^b)] \times |\Delta x|$  (Eq. 4), the “standardized assessment” only needs to be corrected by  $(-p^a + p^b) \times |\Delta x|$  in order to be consistent with the standard welfare computation<sup>2</sup>.

The consequences of moving the German standardized assessment to the welfare computation approach would be the following:

- Projects where  $p^b > p^a$  would improve their benefits-cost-ratio.
- Projects where  $p^b < p^a$  would decrease their benefits-cost-ratio.

That is, changing the German standardized assessment computation to the welfare computation approach would, as a tendency, *increase the benefit-cost-ratio for improvements of infrastructure elements that charge above average user prices*. And similarly it would, as a tendency, *decrease the benefit-cost-ratio for improvements of infrastructure elements that charge below average user prices*.

A bigger problem may be that the German “standardized assessment” approach still produces implausible results for induced traffic. Consumer surplus with respect to travel time is calculated correctly. However, the additional resource cost is *deducted* from the benefit. The welfare calculation, in contrast, would include the difference between the additional resource cost and a (higher) price as *positive* benefit.

---

<sup>2</sup> or by  $-(\bar{p}^a + \bar{p}^b) \times \Delta x$  if one assumes that prices change

## 8. Abstract

The German evaluation procedure for the Federal Transport Infrastructure Plan (‘Bundesverkehrswegeplan’) is a large-scale and comprehensive modeling, simulation, and evaluation effort. An important component of the evaluation procedure is a cost-benefit analysis, based on the concept of resource consumption. This concept means that new transport infrastructure causes changes in the consumption of time, money, safety, environment, etc. In this paper, we show that — assuming elastic demand for the facility under consideration — the current approach is not in line with basic consumer theory. This stems from inconsistencies between the behavioral model and the evaluation method: ignoring unobserved attributes of the different transport modes in the evaluation can lead to quite different economic gains than when these attributes are considered. Current practice in other EU countries avoids this problem typically by applying the so-called rule-of-half, or by directly deriving the logsum term from the underlying logit model. However, a change in the German assessment procedure towards one of these best-practice approaches for the upcoming Federal Transport Infrastructure Plan in 2015 seems politically not feasible. We therefore propose an easily applicable procedure to include the logic of the rule-of-half into the existing evaluation approach. We show that the resulting calculation yields the same result as the rule-of-half while maintaining the rest of the former evaluation method. Finally, we discuss how another German assessment scheme for urban public transit projects, which is currently under revision, fits into the proposed procedure.

## 9. References

Bickel, P., R. Friedrich, A. Burgess, P. Fagiani, A. Hunt, G. de Jong, J. Laird, C. Lieb, G. Lindberg, P. Mackie, S. Navrud, T. Odgaard, A. Ricci, J. Shires, and L. Tavasszy (2006), *Proposal for Harmonised Guidelines*, deliverable 5 of HEATCO [harmonised european approaches for transport costing and project assessment] commissioned by the European Union.

BMVBS (2010), *Ergebnisse der Überprüfung der Bedarfpläne für die Bundesschienenwege und die Bundesfernstrassen* [Results of the reassessment of the federal plans for rail and road]. Report, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [Federal ministry for transport, construction, and urban development].

Bristow, A. and J. Nellthorp (2000), Transport project appraisal in the European Union. *Transport Policy*, 7(1), 51, 10.1016/S0967-070X(00)00010-X.

Button, K. (2001), Economics of transport networks, in D. Hensher and K. Button, eds., *Handbook of transport systems and traffic control*, Emerald Group Publishing, Bradford.

BVU Freiburg, Intraplan Munich (2010), *Überprüfung des Bedarfsplans für die Bundesschiene* [Reassessment of the infrastructure plan for rail], Final report for research project.

Beratergruppe Verkehr+Umwelt, Ingenieurgruppe IVV, Planco Consulting GmbH (2003), *Bundesverkehrswegeplan 2003 – Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik* [Federal transport infrastructure plan 2003 – the economic evaluation methodology]. Final report for research project FE-Nr. 96.0790/2003.

Daly, A., F. Tsang, and C. Rohr (2013), The value of small time savings for non-business travel, *Journal of Transport Economics and Policy*.

de Jong, G., M. Pieters, A. Daly, I. Graafland-Essers, E. Kroes, and C. Koopmans (2005), *Using the logsum as an evaluation measure – literature and case study*, Research report commissioned by the Transport Research Centre [AVV] of the Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management.

Grant-Muller, S. M., P. Mackie, J. Nellthorp, and A. Pearman (2001), Economic appraisal of European transport projects: The state-of-the-art revisited, *Transport Reviews*, 21(2), 237, 10.1080/01441640119423.

Hayashi, Y. and H. Morisugi (2000), International comparison of background concept and methodology of transportation project appraisal, *Transport Policy*, 7(1), 73, 10.1016/S0967-070X(00)00015-9.

Helms, M. (2000), *Bewertungsverfahren für Verkehrsmodelle mit induziertem Verkehr* [Evaluation approach for traffic models with induced traffic]. Ph.D. thesis, Universität Bremen, 2000.

Herriges, J. and C. Kling (1999), Nonlinear income effects in random utility models, *The Review of Economics and Statistics*, 81(1), 62.

Intraplan Consult GmbH, Verkehrswissenschaftliches Institut Stuttgart GmbH (2006), *Standardisierte Bewertung* [Standardized evaluation]. Final report for research project.

Jara-Díaz, S. and J. Videla (1989), Detection of income effect in mode choice: Theory and application. *Transportation Research Part B, Methodological*, 23(6), 393, 10.1016/0191-2615(89)90040-4.

Nakamura, H. (2000), The economic evaluation of transport infrastructure: needs for international comparisons, *Transport Policy*, 7(1), 3, 2000. 10.1016/S0967-070X(00)00008-1.

Nellthorp, J. and J. Hyman (2001), Alternatives to the RoH in matrix based appraisal, in *European Transport Conference*, London.

---

NTUA and others (2000), EUROSIL. See [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/transport/docs/summaries/strategic\\_eurosil\\_report.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/transport/docs/summaries/strategic_eurosil_report.pdf).

Olsson, N. O., A. Økland, and S. B. Halvorsen (2012), Consequences of differences in cost-benefit methodology in railway infrastructure appraisal – A comparison between selected countries, *Transport Policy*, 22(0), 29, 10.1016/j.tranpol.2012.03.005.

Pearce, D. and C. Nash (1981), *Social appraisal of projects: A text in cost-benefit analysis*, Wiley & Sons, London.

Planco Consulting GmbH (1999), *Modernisierung der Verfahren zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Rentabilität von Projekten der Bundesverkehrswegeplanung* [Modernization of the procedures for the estimation of the economic rentability of projects of the federal transport infrastructure plan]. Final report for research project FE-Nr. 96487/97.

Planco GmbH, Intraplan Consult GmbH, TU Berlin Service GmbH (2015), *Grundsätzliche Überprüfung und Weiterentwicklung der Nutzen-Kosten-Analyse im Bewertungsverfahren der Bundesverkehrswegeplanung* [Fundamental review and revision of the benefit cost analysis approach of german federal transport planning]. Final report for research project FE 960974/2011, VSP WP 14-12, see <http://www.vsp.tu-berlin.de/publications>.

Rothengatter, W. (2000), Evaluation of infrastructure investments in Germany, *Transport Policy*, 7(1), 17, 10.1016/S0967-070X(00)00012-3.

Short, J. and A. Kopp (2005), Transport infrastructure: Investment and planning. policy and research aspects, *Transport Policy*, 12(4), 360, 10.1016/j.tranpol.2005.04.003.

Small, K. A. and E. T. Verhoef (2007), *The economics of urban transportation*, Routledge.

STASA Stuttgart and SSP-Consult Stuttgart and IVR Stuttgart and Heusch/Boesefeldt Aachen (2000), *Induzierter Verkehr – Verfahrensanpassung, Anwendungsfälle und Zuschlagsfaktoren* [Induced traffic – Procedural adaptations, use cases, and parameterizations]. Final report for research project.

UK Department for Transport (2011), Transport user benefit calculation, web TAG unit 3.5.3. See [www.dft.gov.uk/webtag/documents/expert/unit3.5.3.php](http://www.dft.gov.uk/webtag/documents/expert/unit3.5.3.php).

Winkler, C. (2011), *Ein integriertes Verkehrsnachfrage- und Bewertungsmodell* [An integrated transport demand and assessment model]. Ph.D. thesis, Technische Universität Dresden.

Winkler, C. (2012), Konsumentenrente versus Ersparnisansatz. Wie wird der Nutzen der Verkehrsteilnehmer bestimmt? [Consumer surplus vs. resource consumption computation. How to assess the benefit of transport system users?], *Internationales Verkehrswesen*, 64, 47.

---

Wissenschaftlicher Beirat (2010), Strategieplanung “Mobilität und Transport” – Folgerungen für die Bundesverkehrswegeplanung [Strategic planning “mobility and transport” – Conclusions for the federal transport infrastructure plan], *Internationales Verkehrswesen*, pp. 20–29, Wissenschaftlicher Beirat für Verkehr [Scientific council for traffic].

Worldbank (2005), Treatment of induced traffic; notes on the economic evaluation of transport projects, Transport Note TRN-11, Washington DC.