

85. Jahrgang – Heft 2 – 2014

## ZEITSCHRIFT FÜR VERKEHRSWISSENSCHAFT

### INHALT DES HEFTES:

Kosten und Finanzierung: Optimale Investitionsstrategien in Infrastrukturqualität Von Eric Nitzsche, Dresden	Seite 85
Bewertung der Angebotsmerkmale des Personenfernverkehrs vor dem Hintergrund der Liberalisierung des Fernbusmarktes Von Francisco J. Bahamonde Birke, Uwe Kunert, Heike Link, Juan de Dios Ortúzar, Berlin	Seite 107
Ein Überblick zu methodischen Fragen der Wegekostenrechnung Von Heike Link, DIW Berlin	Seite 124
Buchrezension Von Prof. Dr. Frank Fichert, Worms	Seite 161
Buchanzeige Von Prof. Dr. Bernhard Wieland, Dresden	Seite 164

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 70,50  
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 Fachhochschule 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)  
Dr. Gernot Liedtke (Karlsruher Institut für Technologie - KIT)  
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)

© Verkehrs-Verlag J. Fischer, Corneliusstraße 49, 40215 Düsseldorf  
Telefon: (0211) 9 91 93-0, Telefax (0211) 6 80 15 44  
www.verkehrsverlag-fischer.de  
Hinweise für Autoren: www.z-f-v.de  
ISSN: 0044-3670

# Kosten und Finanzierung: Optimale Investitionsstrategien in Infrastrukturqualität

VON ERIC NITZSCHE, DRESDEN

## 1. Einleitung

527.000 km des deutschen 660.000 km langen Straßennetzes befinden sich in kommunaler Trägerschaft (Knoll, 2007). Was sollte dieser immer stärker beanspruchte kommunale Infrastrukturbestand der Gesellschaft wert sein? Der Ersatzbedarf kommunaler deutsche Straßen beträgt 70,6 Mrd. Euro (Reidenbach et al., 2008). Ungenügende Investitionen in die Erhaltung des Straßennetzes können dessen Funktion erheblich beeinträchtigen. Direkte Folgen wie Substanzverluste und damit einhergehende Kapazitätsüberlastungen und Staus beeinflussen neben verkehrlichen auch ökonomische und räumliche Entscheidungen von Unternehmen und Haushalten gleichermaßen.

Für die Instandhaltung und den Betrieb der Straßen in den Gemeinden sind die öffentlichen kommunalen Haushalte verantwortlich. Laut der Kommission „Zukunft der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung“ ist bei der Finanzierung der Gemeindestraßen weniger die Straßenunterhaltung, sondern vordergründig die Erneuerung der Straßeninfrastruktur problematisch, wodurch notwendige Erneuerungen unterblieben (Daehre, 2012). Durch die anhaltende Unterfinanzierung (DStGB, 2014) verschlechtern sich der Zustand und damit die Leistungsfähigkeit der Straßeninfrastruktur. Als mögliche Maßnahmen zur Behebung des Defizits werden durch die Kommission „Zukunft der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung“ u.a. die Erhöhung der Mineralölsteuer und die Einführung einer Infrastrukturabgabe genannt und deren mögliche Vor- und Nachteile qualitativ beschrieben (Daehre, 2012).

Im folgenden Artikel werden die verkehrlichen, ökonomischen und räumlichen Auswirkungen der beiden genannten Maßnahmen sowie der Einführung einer CO<sub>2</sub>-Steuer und einer Erhöhung der Lohnsteuer zur Finanzierung der Straßenerhaltung unter Wohlfahrtsaspekten quantitativ untersucht und miteinander verglichen. Zur Ermittlung der gesellschaftlichen Kosten durch Infrastrukturschäden und der Auswirkungen von Infrastrukturinvestiti-

---

### *Anschrift des Verfassers:*

Dipl.-Verk. Wirtsch. Eric Nitzsche  
Technische Universität Dresden  
Institut für Wirtschaft & Verkehr  
Würzburger Str. 35  
01187 Dresden  
e-mail: eric.nitzsche@tu-dresden.de

onen wird ein räumliches Gleichgewichts- und Transportmodell verwendet. Aufbauend auf einem, für eine durchschnittliche deutsche Metropolregion kalibrierten, Benchmark Modell (Nitzsche und Tscharktschiew, 2013) werden zunächst die gesellschaftlichen Kosten, welche durch die auslastungs- und belastungsabhängigen Infrastrukturschäden entstehen, berechnet. Anschließend wird untersucht, wie sich die Erneuerung der Infrastruktur auf die ökonomischen, räumlichen und verkehrlichen Entscheidungen der Haushalte und Unternehmen auswirkt. Die Investitionssumme, die durch eine zusätzliche Lohn- oder Energie- oder CO<sub>2</sub>-Steuer oder eine Maut aufgebracht werden muss, orientiert sich an den zuvor entstanden gesellschaftlichen Kosten durch Infrastrukturschäden.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine erweiterte Energiesteuer für den Pkw- und Lkw-Verkehr sowie eine nutzungsabhängige Maut für diesen unter Wohlfahrtsaspekten am besten geeignet sind, Infrastrukturschäden vollständig zu beheben. Im Vergleich zu einer höheren Lohnsteuer ist auch eine zusätzliche CO<sub>2</sub>-Steuer für den Pkw-, Lkw- und öffentlichen Personenverkehr geeignet, die Schäden vollständig zu beheben, jedoch entsteht durch beide Maßnahmen weniger Wohlfahrtszuwachs als durch Energiesteuer und Maut.

Der Artikel ist wie folgt gegliedert: Zunächst wird in Abschnitt 2 das räumliche Gleichgewichts- und Transportmodell beschrieben. Die Modellierung der Infrastrukturschäden und deren Sanierung beschreibt Abschnitt 3. Abschnitt 4 präsentiert die Ergebnisse und Abschnitt 5 dient der Zusammenfassung des Artikels.

## 2. Modellansatz

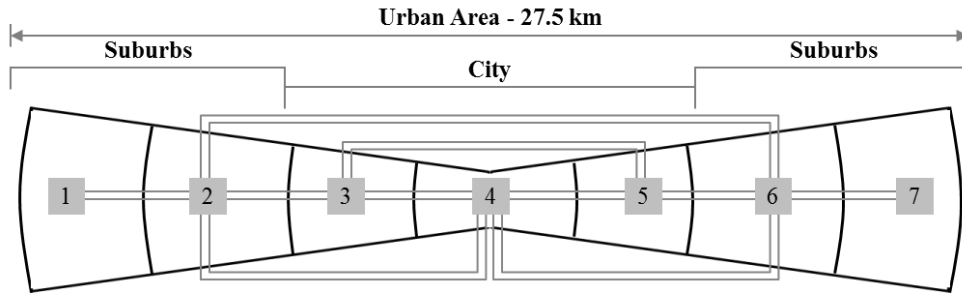
Für die Bestimmung der Wirkung der verschiedenen Infrastrukturfinanzierungsinstrumente wird ein räumliches Gleichgewichtsmodell auf der Basis des von Anas und Liu (2007) entwickelten RELU-TRAN<sup>2</sup> Modells verwendet. Dieses ermöglicht neben der Betrachtung der Interaktionen zwischen verschiedenen Märkten (Land-, Arbeits- und Gütermarkt) und zwischen Haushalten und Unternehmen die ausführliche Betrachtung der schaden- und maßnahmenabhängigen Entwicklungen im Verkehrssektor. Da in besonderem Maße der Lastwagenverkehr zur Schädigung der Straßeninfrastruktur beiträgt, erweiterten Nitzsche und Tscharktschiew (2013) das RELU-TRAN Modell um den Wirtschaftsverkehr.

### 2.1 Struktur der stilisierten Metropolregion

Den Untersuchungen liegt eine stilisierte Metropolregion mit einer Ausdehnung von 27,5 km, bestehend aus  $I = 7$  Zonen, zugrunde (Abbildung 1). Zone  $i = 4$  ist das Stadtzentrum, die Zonen 3-5 bilden die zentrumsumgebenden Stadtteile, die Zonen 2 und 6 repräsentieren die Stadtrandgebiete und die Zonen 1 und 7 die Vororte der Metropolregion. Jede der Zonen  $i (i \in I)$  umfasst eine homogene Fläche  $A_i$ , welche zum Wohnen und als Produktionsmittel genutzt werden kann, sowie eine Straßenfläche  $B_i$ .

---

<sup>2</sup> Regional Economy, Land Use, and TRANsportation Modell.

**Abbildung 1: stilisierte Metropolregion**

Alle Zonen sind mit einem Transportnetzwerk bestehend aus  $L$  Straßen, deren Kapazität von der Straßenfläche  $B_i$ , der jeweiligen Straßenkategorie und der Infrastrukturqualität abhängen (Tscharaktschiew und Hirte, 2010), miteinander verbunden. Neben städtischen Straßen, welche direkt benachbarte Zonen miteinander verbinden, gibt es auch verschiedene Umgehungs- bzw. Ringstraßen, welche die Umfahrung des Stadtzentrums und einzelner Stadtteilzentren ermöglichen. Das abgebildete Transportnetz kann vollständig vom Pkw- und Lkw-Verkehr genutzt werden. Für den Fußgänger- und öffentlichen Personennahverkehr stehen hingegen nur die direkt durch die Stadt verlaufenden Wege zur Verfügung. Weitere Details über die Struktur der Metropolregion werden in Nitzsche und Tscharaktschiew (2013) beschrieben.

## 2.2 Haushalte

Die  $N = 1,5$  Mio. Haushalte (HH) sehen sich einem dreistufigen Entscheidungsprozess gegenüber. Für die ersten beiden Stufen nehmen die HH Reisekosten und -zeiten als gegeben an. In der ersten Stufe entscheiden die HH für alle möglichen Wohnlagen  $i$  und Arbeitsstätten  $j$  über die Güternachfrage  $Z_{ijk}$  aus Zone  $k$  ( $k \in I$ ), die Wohnungsgröße  $q_{ij}$  und die Zeit für Freizeit  $\ell_{ij}$ . Gleichung (1) zeigt die Nutzenfunktion eines typischen Haushalts mit Wohnort  $i$  und Arbeitsort  $j$ .

$$U_{ij} = \alpha \ln \left( \sum_{k=1}^I (Z_{ijk})^\eta \right)^{\frac{1}{\eta}} + \beta \ln q_{ij} + \gamma \ln \ell_{ij} + \varepsilon_{ij}, \forall i, j \in I \quad (1)$$

Es gilt:  $0 < \alpha, \beta, \gamma < 1, \alpha + \beta + \gamma = 1$ . Die idiosynkratische Konstante  $\varepsilon_{ij}$ , welche den zufälligen Teil der Nutzenfunktion abbildet, variiert zwischen den HH für jede Wohnort-Arbeitsort-Kombination. Die konstante Substitutionselastizität  $1/(1 - \eta)$ ,  $\eta < 1$  (Dixit und Stiglitz, 1977) beschreibt die Vorliebe für Vielfalt im Konsum der räumlich differenzierten Konsumgüter.

Die HH werden bei der Entscheidung über die Güternachfragen durch ein monetäres (Gleichung 2) und zeitliches (Gleichung 3) Budget beschränkt.

$$\begin{aligned} & \sum_{k=1}^I [(1 + p_k^2) + \varsigma C_{ik}] Z_{ijk} + r_i q_{ij} + D_{ij} C_{ij} \\ & = (1 - \tau^{inc} - w) w_j D_{ij} \mathcal{T} + (1 - \tau^{inc}) RD - \tau^{ls}, \forall i, j \in I \end{aligned} \quad (2)$$

$$D_{ij} \mathcal{T} + \ell_{ij} + \sum_{k=1}^I \varsigma Z_{ijk} T_{ik} + D_{ij} T_{ij} = E, \forall i, j \in I \quad (3)$$

Die linke Seite von Gleichung 2 zeigt die Ausgaben eines HH.  $p_k^2$  ist der Preis des Konsumguts in Zone  $k$ ,  $\varsigma$  ist die Anzahl der Fahrten je konsumierter Einheit,  $r_i$  ist die Miete je qm in Zone  $i$ .  $D_{ij}$  beschreibt die Arbeitstage je Jahr und  $C_{ik}$  bzw.  $C_{ij}$  die erwarteten Reisekosten für die Hin- und Rückfahrt (Tour) zwischen Wohnort  $i$  und Einkaufs- bzw. Arbeitsort  $k$  bzw.  $j$ .  $\tau^z$  ist der Mehrwertsteuersatz. Die rechte Seite von Gleichung 2 zeigt das HH-Einkommen, bestehend aus Arbeitseinkommen (Anzahl Arbeitstage  $D_{ij}$  multipliziert mit der Arbeitszeit je Tag  $\mathcal{T}$  und dem Stundenlohn  $w_j$ ) und Mieteinkommen  $RD$ .  $\tau^{inc}$  beschreibt den Einkommenssteuersatz,  $\tau^{ls}$  entspricht einer Pauschalsteuer zum Ausgleich des öffentlichen Budgets und der Steuersatz  $w$  dient ggf. als Finanzierungsinstrument zur Behebung von Straßenschäden. Gleichung 3 zeigt die Aufteilung der jährlich zur Verfügung stehenden Zeit  $E$  in Arbeitszeit, Freizeit und Reisezeit für Einkaufs- bzw. Pendelfahrten, wobei  $T_{ik}$  bzw.  $T_{ij}$  die erwartete Reisezeit je Tour angibt.

Basierend auf den nachgefragten Güterbündeln für jede  $i$ - $j$ -Kombination wählen die HH in der zweiten Stufe ihren nutzenmaximierenden Wohn- und Arbeitsort. Die Wahlwahrscheinlichkeit dieser HH-Entscheidung für eine bestimmtes  $i$ - $j$ -Paar wird mit einem multinomialen Logit Modell abgebildet (Nitzsche und Tscharkschiew, 2013).

Für die Entscheidungen der dritten Stufe nehmen die HH die Konsumententscheidungen und die Wahl des Wohnort-Arbeitsort-Paares als gegeben an und treffen auf dieser Basis Entscheidungen über die Verkehrsmittelwahl  $m \in \{\text{fuß, öpnv, auto}\}$  und, im Fall der Autonutzung, über die Routenwahl. Die daraus resultierenden Reisekosten und -zeiten bilden wiederum die Grundlage für die ersten beiden Entscheidungsstufen. Die monetären Reisekosten je Weg zwischen Zone  $i$  und  $\zeta \in [j, k]$  mit Verkehrsmittel  $m$  berechnen sich wie folgt:

$$c_{i\zeta}^m = (c^{1;m} d_{i\zeta}^m + c^{2;3} f_{i\zeta}^3 + c^{3;m})(1 + \tau^m) + \tau d_{i\zeta}^3 + \varrho e m_{i\zeta}^m, \forall i, \zeta \in I \quad (4)$$

Hierbei entspricht  $c^{1;m}$  verkehrsmittelspezifischen Kosten je km mit Ausnahme von Kraftstoffkosten. Die autospezifischen Kraftstoffkosten je Liter werden durch  $c^{2;3} = (p^g + \tau^g + \mathfrak{g})$  beschrieben<sup>3</sup>.  $c^{3;m}$  bezeichnet weitere verkehrsmittelspezifische und distanzunabhängige Fixkosten. Der verkehrsmittelspezifische Mehrwertsteuersatz wird durch  $\tau^m$  beschrieben, der Netto-Kraftstoffpreis durch  $p^g$  und der entsprechende Energiesteuersatz mit  $\tau^g$ . Für die Verkehrsmittel  $m = 1$  (fuß) und  $m = 2$  (öpnv) ist die Distanz zwischen

<sup>3</sup> Im Simulationsmodell ist die zusätzliche CO<sub>2</sub>-Steuer ebenfalls Bestandteil des Kraftstoffpreises, wird jedoch, wie in Formel 4 dargestellt, nicht zusätzlich mehrwertbesteuert.

zwei Zonen  $d_{i\zeta}^m$  exogen gegeben. Für  $m = 3$  (auto) wird die erwartete Distanz, der erwartete Kraftstoffverbrauch  $f_{i\zeta}^3$  und CO<sub>2</sub>-Ausstoß  $em_{i\zeta}^3$  für eine Fahrt zwischen zwei Zonen  $i - \zeta$  endogen bestimmt und hängt von den Routenwahl-Wahrscheinlichkeiten ab. Neben dem Kfz-Verkehr emittiert auch der ÖPNV-Verkehr CO<sub>2</sub>  $em_{i\zeta}^2$ . Die Parameter  $\mathfrak{g}$ ,  $\mathfrak{t}$  und  $\mathfrak{e}$  beschreiben die weiteren möglichen Finanzierungsinstrumente zur Behebung von Straßenschäden.  $\mathfrak{g}$  entspricht einer erweiterten Energiesteuer und  $\mathfrak{e}$  einer CO<sub>2</sub>-Steuer.  $\mathfrak{t}$  ist eine distanzabhängige Maut im Straßenverkehr.

Die Reisezeiten zwischen zwei Zonen  $i - \zeta$   $t_{i\zeta}^m$  sind für  $m = 1$  und  $m = 2$  exogen, während sie für  $m = 3$  endogen bestimmt werden und ebenfalls von den Routenwahl-Wahrscheinlichkeiten abhängen. Die erwarteten Reisekosten  $C_{i\zeta}$  und -zeiten  $T_{i\zeta}$  einer Tour, welche in den ersten beiden Entscheidungsstufen eines HH einfließen, ergeben sich aus der Summe der Reisekosten und -zeiten je Weg, gewichtet mit den entsprechenden Verkehrsmittelwahl-Wahrscheinlichkeiten zwischen zwei Zonen  $i - \zeta$ . Nitzsche und Tscharschiew (2013) bieten in ihrem Artikel eine ausführliche Herleitung zur Berechnung der Routen- und Verkehrsmittelwahl-Wahrscheinlichkeiten, der Reisezeiten je Weg, der erwarteten Reisekosten und Reisezeiten je Tour sowie des stauabhängigen Kraftstoffverbrauchs und CO<sub>2</sub>-Ausstoßes.

### 2.3 Produzenten

In dem Simulationsmodell gibt es zunächst zwei verschiedene Industrien. Eine Vorproduktindustrie ( $n = 1$ ) und eine Konsumgüterindustrie ( $n = 2$ ). Für die Produktion des Vorproduktes  $X_j^1, \forall j \in I$  werden die Faktoren Arbeit und Land durch eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion miteinander kombiniert. Zur Produktion von Konsumgütern  $X_j^2, \forall j \in I$  werden die Produktionsfaktoren Arbeit, Land und räumlich differenzierte Vorprodukte durch eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion miteinander kombiniert. Der Produktionsfaktor Vorprodukt ist in eine C.E.S.-Subproduktionsfunktion eingebettet und wird gleichermaßen aus allen Zonen bezogen. Beide Güter können in jeder Zone  $j$  produziert werden. Sie unterscheiden sich jeweils in ihrer räumlich differenzierten Lage und werden zum Mill-Preis angeboten. In Analogie zu den HH, welche, um ein Konsumgut zu erwerben, von ihrem Wohn- zum Produktionsort des Konsumgutes fahren müssen, müssen die Unternehmen der Konsumgutindustrie die benötigten Vorprodukte vom Produktionsstandort des jeweiligen Vorprodukt-Unternehmens abholen, wodurch Wirtschaftsverkehr entsteht. Nitzsche und Tscharschiew (2013) zeigen im Detail die Herleitung der verschiedenen Produktions- und Kostenfunktionen, der kostenminimalen Faktornachfragen sowie die Integration des Wirtschaftsverkehrs in das Verkehrsmodell.

### 2.4 Weitere ökonomische Akteure

Neben den HH und Produzenten gibt es in dem Simulationsmodell einen öffentlichen Sektor, welcher Einnahmen aus der Erhebung von Mehrwert-, Einkommens- und Energiesteuer

generiert, einen Transportsektor, welchem jegliche monetären Reise-/Transportkosten (mit Ausnahme von Steuern) zufließen, und nichtstädtische Landbesitzer, welchen ein Teil der städtischen Landfläche und damit Mieteinnahmen gehören. Die genannten Akteure erwerben, unter Beachtung ihres verfügbaren Budgets, die in der Metropolregion hergestellten Konsumgüter (Nitzsche und Tscharaktschiew, 2013).

## 2.5 Benchmark

Im allgemeinen räumlichen Gleichgewicht räumen die endogenen Mieten, Löhne, Vorprodukt- und Konsumgutpreise die räumlich differenzierten Märkte für Land, Arbeit, Vorprodukte und Konsumgüter (Nitzsche und Tscharaktschiew, 2013).

Als Ausgangspunkt für die folgenden Untersuchungen wurde, basierend auf dem stilisierten Stadtmodell, das räumliche Gleichgewichtsmodell für eine durchschnittliche deutsche Metropolregion kalibriert. Tabelle 1 zeigt in der zweiten Spalte die berechneten Modell- und in der dritten Spalte die entsprechenden statistisch ermittelten Werte deutscher Statistikämter.<sup>4</sup> Zusätzlich wurde das Modell auch an empirisch evidenten Werten, siehe Tabelle 2, ausgerichtet. Die genaue und ausführliche Kalibrierung kann in Nitzsche und Tscharaktschiew (2013) nachgelesen werden.

Tabelle 2 zeigt vier verschiedene verkehrsspezifische Elastizitäten, welche mit dem räumlichen Gleichgewichtsmodell berechnet und in die empirische Literatur eingeordnet wurden. Erwartungsgemäß und in Übereinstimmung mit der Empirie sind die Eigenpreiselastizitäten der Verkehrsmodi Auto und ÖPNV negativ, wodurch die Nachfrage nach Auto- bzw. ÖPNV-Fahrten mit steigenden Benzin- bzw. Fahrpreisen sinkt. Wie die positive Kreuzpreiselastizität in Tabelle 2 zeigt steigt die Nachfrage nach ÖPNV-Fahrten wenn die Kosten von Autofahrten ansteigen. Eine weitere, für die Einordnung der Ergebnisse wichtige, Kenngröße ist die Eigenpreiselastizität der Benzinnachfrage. Deren negativer Wert zeigt, dass die Nutzungseffizienz des Kraftstoffs mit steigendem Kraftstoffpreis, z.B. aufgrund einer höheren Energiesteuer, steigt. Hierdurch sinkt ceteris paribus der Benzinverbrauch und damit einhergehend die Schadstoffemissionen je Strecke.

---

<sup>4</sup> Die ökonomischen Charakteristika beziehen sich auf das Jahr 2009, ausgenommen den Daten welche für dieses Jahr nicht verfügbar sind.



**Tabelle 1: Benchmark vs. Statistik**

Durchschnitt über alle Zonen und Haushalte	Modell	Statistik	Quelle
Bruttolohn [€/h]	20,36	20,30 (2010)	1
Arbeitstage [d/a]	217	213-222 (2010)	2
Nettoeinkommen [€/a]	34184	34476 (2009)	1
Verhältnis Einkaufs- / Pendelfahrten	1,51	1,50 (2008)	3
Unterwegszeit [min]	87	79-88 (2008)	3
Tagesstrecke [km]	37	39 (2008)	3
Anteil Verkehrsausgaben am verfügbaren Einkommen	0,11	0,11 (2009)	1
Anteil Wohnausgaben am verfügbaren Einkommen	0,22	0,23 (2010)	4
Geschwindigkeit Auto [km/h]	33	30 (2002)	5
Benzinverbrauch [l/100 km]	7,9	8,0 (2008)	6
Modal Split zu Fuß/ÖPNV/Auto [%]	30/18/52	30/18/52 (2008)	3
Anteil Wirtschafts-/Kfz-Verkehr	0,09	0,08 (2010)	7
BIP pro Kopf [1000 €]	44,6	Köln: 42,0 (2009) Bonn: 43,5 Nürnberg: 44,4 Münster: 44,4 Hamburg: 47,5	8
Anteil Arbeitseinkommen am BIP	0,79	0,76	1
Arbeitsplatzausstattung Suburb/City $\frac{\text{Arbeitsplätze in } i}{\text{Erwerbstätige in } i}$	0,91/1,27	0,87/1,54 (Hannover) 0,79/1,33 (Hamburg) 0,86/1,39 (München) 0,89/1,56 (Stuttgart)	9
Verhältnis Zeitwert <sup>5</sup> / Nettolohn	0,87	0,78	10/11
Tägliche Arbeitszeit [h] (inkl. Pendelzeit)	7,53	7,51 (2001/02)	12
Tägliche Nicht-Arbeitszeit [h] (inkl. Fahrtzeiten; exkl. Schlaf)	10,47	10,49 (2001/02)	12

[1] destatis(2011) [2] IAB (2011) [3] BMVBS (2010) [4] destatis (2012)

[5] BMVBS (2004) [6] destatis (2010) [7] BMVBS (2012)

[8] Statistische Ämter der Länder (2010) [9] Siedentop (2007)

[10] Small und Verhoef (2007) [11] De Borger und Van Dender (2003)

[12] destatis (2004)

<sup>5</sup> Der Zeitwert  $\theta_{ij} = \left( (1 - \tau^{inc} - w)w_j T - C_{ij} \right) / (L + T_{ij})$  kann mit dem Lagrange-Ansatz des Nutzenmaximierungsproblems der Haushalte hergeleitet werden indem zunächst die Lagrange-Funktion nach  $D_{ij}$  abgeleitet und anschließend der Lagrange-Multiplikator der Zeitbeschränkung (Gleichung 3) –Grenznutzen der Zeit– durch den Lagrange-Multiplikator der Budgetbeschränkung (Gleichung 2) –Grenznutzen des Einkommens– dividiert wird.

**Tabelle 2: Benchmark vs. Empirie**

Elastizitäten	Modell	Literatur
Eigenpreiselastizität der Autofahrten-Nachfrage bezüglich des Benzinpreises	-0,1	(-0,1) – (-0,3) [1]/[2]/[3]/[4]/[5]/[6]
Eigenpreiselastizität der ÖPNV-Nachfrage bezüglich des Fahrpreises	-1,0	(-0,1) – (-1,1) [1]/[2]
Kreuzpreiselastizität der ÖPNV-Nachfrage bezüglich des Benzinpreises	+0,5	(+0,1) – (+0,8) [2]
Eigenpreiselastizität der Benzinnachfrage bezüglich des Benzinpreises	-0,4	(-0,2) – (-0,6) [2]/[4]/[7]

[1] Small und Verhoef (2007) [2] Goodwin (1992) [3] Steiner und Cludius (2010)  
 [4] Goodwin et al. (2004) [5] Graham und Glaister (2004) [6] Hymel et al. (2010)  
 [7] Havranek et al. (2012)

### 3. Infrastruktur

#### 3.1 Straßenfläche und -kapazität

Wie in Abschnitt 2.1 erwähnt ist die Kapazität jeder einzelnen Straße  $l \in L$  von der zonen-spezifischen Straßenfläche  $B_i$ , der jeweiligen Straßenkategorie, und der Infrastrukturqualität abhängig. Die Straßenfläche  $B_i$  ist ferner durch die zonenspezifischen infrastrukturellen Anforderungen, wie z.B. dem Zugang zu Umgehungs-/Ringstraßen, bedingt. Die Kapazitäten wiederum beeinflussen die straßenspezifischen Geschwindigkeiten und damit Reisezeiten und -kosten und schließlich das Routen- und Verkehrsmittelwahlverhalten.

$$Kap_{i,l} = qf_i B_i \chi \varpi_l, \forall l \in L, \forall i \in I \quad (5)$$

Gleichung (5) zeigt die Berechnung der zur Straßenfläche  $B_i$  proportionalen ( $\chi > 0$ ) Kapazität von Straße  $l$  in Zone  $i$   $Kap_{i,l}$  (Tscharschiew und Hirte, 2010). Der Faktor  $qf_i$  beschreibt die Infrastrukturqualität einer Straße (vgl. Abschnitt 3.3) und Faktor  $\varpi_l$  wird durch die Kategorie von Straße  $l$  bestimmt. Entsprechend realer Beobachtungen nimmt der Anteil der Straßenfläche  $\vartheta_i$  an der Landfläche  $A_i$  mit zunehmender Distanz vom Stadtzentrum ab (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2010; Statistisches Amt München, 2010) und es gilt:  $B_i = \vartheta_i A_i$ .<sup>6</sup> Die Zonen 2 und 6 bilden dabei aufgrund ihrer verkehrlichen wichtigen Funktion –Anbindung der bevölkerungsreichen Vororte an die städtischen Umgehungs-/Ringstraßen– eine Ausnahme.

<sup>6</sup> Der Anteil der Straßen- an der Landfläche in der 'City' (Zonen 3-5) beträgt 15,6 %. Für Berlin betrug der Anteil in 2009 15,3 %, für München 17,2 % und für Hamburg 12,2 % (vgl. Berlin: Amt für Statistik Berlin-Brandenburg, 2010; München: Statistisches Amt München, 2010; Hamburg: Statistikamt Nord, 2012).

### 3.2 Entstehung der Infrastrukturschäden

Die Ermittlung der straßenspezifischen Schäden  $Dam_l$  beruht auf der im Benchmark berechneten Auslastung und kraftfahrzeugspezifischen Belastung der jeweiligen Straßen  $l$ . Gemäß der üblichen Berechnungsweise für Straßenschäden findet die Palmgren-Miner-Regel Anwendung (Fatemi und Yang, 1998; BMVBS, 2007 u.a.). Der Palmgren-Miner-Regel (lineare Schadensakkumulationsregel) liegt die Annahme zugrunde, dass die Schädigung der Straßenoberfläche durch die Fahrzeugbelastung linear mit der Anzahl der ertragenen Belastung zunimmt und dass bei  $Dam_l = 1$  üblicherweise ein Schaden auftritt (z.B. Bruch der Straßenoberfläche). Weiterhin wird bei Belastungen mit unterschiedlichen Laststufen  $a$  unterstellt, dass Teilschädigungen  $Dam_{l,a}$  mit unterschiedlichen Laststufen summiert werden dürfen:

$$Dam_l = \sum_a Dam_{l,a} = \sum_a \frac{fzg_{l,a}}{FZG_{l,a}}, \forall l \in L \quad (6)$$

wobei  $fzg_{l,a}$  die tatsächliche Anzahl der Fahrzeuge mit Laststufe  $a$  ist, welche Straße  $l$  nutzen, und  $FZG_{l,a}$  der Anzahl der Fahrzeuge entspricht die Straße  $l$  verkraften kann, bis ein Schaden auftritt.

### 3.3 Qualitätsfaktor der Straßen

Die Qualität einer Straße  $l$  wird mit dem Qualitätsfaktor  $qf_l$ , welcher die Straßenkapazität beeinflusst (vgl. Abschnitt 3.1), abgebildet. Für den Qualitätsfaktor gilt im Benchmark-Fall

$$qf_l^0 = 1, \forall l \in L \quad (7)$$

Durch die Verkehrsbelastung der Straßeninfrastruktur im Benchmark-Fall erleidet diese jedoch Schäden, Qualitäts- und somit Kapazitätseinbußen. Diese wiederum beeinflussen die Entscheidungen der ökonomischen Akteure des räumlichen Gleichgewichtsmodells und führen zu einem gesellschaftlichen Wohlfahrtsverlust  $Loss$ . Für den Schadensfall wird der Qualitätsfaktor auf Basis der Schadensberechnung nach Palmgren-Miner ermittelt. Es gilt:

$$0 \leq qf_l^1 = 1 - \left( \frac{Dam_l}{\sharp} \right) < 1, \forall l \in L \quad (8)$$

Durch die Aufsummierung der Teilschädigungen  $Dam_{l,a}$  kann  $Dam_l$  größer eins werden. Aus pragmatischen und Kalibrierungsgründen wird daher  $Dam_l$  mit dem Faktor  $\sharp$  dividiert.

Wird nun in die Wiederherstellung der Straßenqualität/-kapazität investiert, kann  $qf_l$  wieder den Wert eins annehmen, wenn die Höhe der öffentlichen Investitionen  $Inv$  der Höhe des gesellschaftlichen Schadens  $Loss$  gleicht. Dabei unterliegt die Wiederherstellung der Straßenqualität folgender Funktion:

$$qf_l^2 = qf_l^1 + (1 - qf_l^1)prod \leq 1, \forall l \in L \quad (9)$$

wobei

$$prod = \log_2 \left( 1 + \frac{Inv}{Loss} \right) \quad (10)$$

die Produktivität der öffentlichen Investitionen, welche durch abnehmende Grenzerträge gekennzeichnet ist (de Bruin und Dellink, 2009; de Bruin et al., 2009; Dellink et al., 2010; Egenhofer et al., 2010; Gawel et al., 2012), widerspiegelt.

### 3.4 Wiederherstellung der Straßenqualität

Zur Wiederherstellung der Straßenqualität werden die Produktionsfaktoren Arbeit  $M_j$  und Vorprodukte  $Y_{jk}$  durch eine Cobb-Douglas-Produktionsfunktion miteinander kombiniert:

$$X_j^3 = S_j M_j^\varphi \left( \sum_k \chi_{k|j} Y_{n,k|j}^\sigma \right)^{\frac{\omega}{\sigma}}, \forall j \in I \quad (11)$$

Der konstante Skalenparameter  $S_j$  variiert nach Produktionsstandort und erlaubt, zonenspezifische Hicks-neutrale Produktivitätseffekte abzubilden.  $\varphi$  ist die zonenspezifische Outputelastizität für Arbeit und  $\omega$  die zonenspezifische Outputelastizität für Vorprodukte, es gilt:  $\varphi + \omega = 1$ . Zur Produktion von  $X_j^3$  in Zone  $j$  können Vorprodukte der Industrie  $n = 1$  aus allen Zonen  $k$  verwendet werden. Die räumlich differenzierten Vorprodukte sind mit der Substitutionelastizität  $1/(1 - \sigma) > 1$  imperfekt gegeneinander substituierbar. Die Input-spezifische Konstante  $\chi_{k|j} \geq 1$  ermöglicht weitere Spezifizierungen, wie z.B. die Nichtverwendung eines bestimmten zonenspezifischen Vorprodukts. Der zonenspezifische Output  $X_j^3$  von Industrie  $n = 3$  dient der Wiederherstellung der Qualität der Straßenoberfläche. Unter Beachtung der Produktionsfunktion (Gleichung 4) minimieren die Unternehmen ihre Kosten  $\min_{(M_j, Y_{n,k|j})} M_j w_j + \sum_k (p_k^1 + TrC_{kj}) Y_{1,k|j}$ . Hierbei sind  $M_j w_j$  die Lohnkosten.  $p_k^1$  ist der Preis des Vorproduktes aus Zone  $k$  und  $TrC_{kj}$  sind die erwarteten Transportkosten einer Tour zwischen dem eigenen Produktionsstandort  $j$  und dem Produktionsstandort des Vorproduktunternehmens  $k$ . Eine umfangreiche Herleitung der kostenminimalen Faktornachfrage bietet Nitzsche und Tscharaktschiew (2013).

Der öffentliche Sektor konsumiert das (Service-)Produkt  $X_j^3$  zum Preis  $p_j^3$  und investiert somit in die Wiederherstellung der Straßenqualität. Die dadurch entstehenden Investitionskosten werden zu einem Großteil durch die verschiedenen Finanzinstrumente

- Lohnsteuer       $w$       [%]
- Energiesteuer    $g$       [€/l]
- CO<sub>2</sub>-Steuer     $e$       [€/kg]
- Maut               $t$       [€/Km]

getragen.

Im allgemeinen räumlichen Gleichgewicht gilt:

$$\sum_{j=1}^I p_j^3 X_j^3 = Inv = Inc^{Tot}w + Dist^{Tot}t + Fuel^{Tot}g + CO_2^{Tot}e + \Delta^{Pub} \quad (12)$$

$Inc^{Tot}$  ist das vollständige Arbeitseinkommen der  $N$  Haushalte,  $Dist^{Tot}$  die gesamte mit Pkw oder Lkw zurückgelegte Distanz,  $Fuel^{Tot}$  der gesamte Kraftstoffverbrauch aller Kraftfahrzeuge und  $CO_2^{Tot}$  beschreibt die gesamten durch Kraftfahrzeuge und den ÖPNV emittierten  $CO_2$ -Emissionen. Der Term  $\Delta^{Pub}$  beschreibt die maßnahmenbedingte Veränderung des öffentlichen Budgets, welche ggf. zur Infrastrukturfinanzierung beitragen kann. Das Budgetsaldo  $\Delta^{Pub}$  wird dabei durch veränderte Einnahmen aus Mehrwert-, Einkommens- und Energiesteuer und veränderte Konsumausgaben beeinflusst<sup>7</sup>. Für die vier Maßnahmen-Terme ist zu beachten, dass nicht alle Finanzinstrumente gleichzeitig zur Deckung der Investitionskosten genutzt werden.

#### 4. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Simulationsergebnisse der verschiedenen Finanzinstrumente zur Wiederherstellung der Infrastrukturqualität vorgestellt. Dabei sollen besonders die Wohlfahrtseffekte hervorgehoben werden. Diese sind eine Kombination aus veränderten Entscheidungen der ökonomischen Akteure (z.B. Routen-, Verkehrsmittelwahl, Nachfragemuster) und aus ökonomischen, umweltlichen und räumlichen Effekten.

Die Wohlfahrtsveränderung der HH und Landbesitzer werden mit der Äquivalenten Variation<sup>8</sup> gemessen, d.h. dem äquivalenten Einkommenstransfer, welcher notwendig ist, um die HH im Benchmark-Fall zu kompensieren, damit diese das gleiche Nutzenniveau wie im Schadens-/Investitionsfall erreichen. Hierzu wird zunächst der städtische Gesamtnutzen, welcher sich aus dem Erwartungswert der maximierten Haushaltsnutzen (Anas und Xu, 1999) ergibt, bestimmt. Unter der Annahme, dass die idiosynkratischen Neigungen  $\varepsilon_{ij}$  der HH für eine bestimmte  $i - j$ -Kombination Gumbel-verteilt sind, gilt für den erwarteten Gesamtnutzen:  $W_H = E[\max_{ij}(V_{ij} + \varepsilon_{ij})]$ . Da der indirekte Nutzen  $V_{ij}$  vom (gesamten ökonomischen) Einkommen  $\Omega_{ij}$ <sup>9</sup> abhängt, kann darauf aufbauend die Äquivalente Variati-

<sup>7</sup> Ausgehend vom Benchmark-Fall wird für die Berechnung des Schadenfalls der mengenmäßige öffentliche Konsum fixiert, damit sämtliche Effekte über den Haushaltsnutzen abgebildet werden können. Um im Schadenfall ein ausreichendes Budget für den fixierten öffentlichen Konsum zu gewährleisten, werden Mehr- bzw. Mindereinnahmen, welche durch ökonomische und räumliche Veränderungen im Schadenfall hervorgerufen werden, mit der Pauschalsteuer  $\tau^{ls}$  ausgeglichen. Diese wird für die Ermittlung der Maßnahmenwirkung schließlich ebenfalls fixiert. Dadurch werden bei der Ausgestaltung der Finanzinstrumente zur Wiederherstellung der Infrastrukturqualität Überschüsse und Defizite im öffentlichen Budget mit beachtet und im Haushaltsnutzen mit abgebildet.

<sup>8</sup> Der Literatur folgend wird die Äquivalente Variation als Proxy für den ökonomischen Schaden verwendet (vgl. z.B. Darwin und Tol, 2001; Houba und Kremers, 2009; Stephan und Schenker, 2011 oder Ciscar et al., 2012).

<sup>9</sup>  $\Omega_{ij} = \theta_{ij}E + (1 - \tau^{inc})RD - \tau^{ls}$  (vgl. Nitzsche und Tscharkschiew, 2013).

on eines durchschnittlichen Haushalts  $EV_H$  wie folgt berechnet werden:  $W_H^0(\Omega_{ij}^0 + EV_H) = W_H^{1,2}(\Omega_{ij}^{1,2})$ . Hierbei entspricht  $W_H^0$  dem Nutzen im Benchmark und  $W_H^{1,2}$  dem Nutzen im Schadens- bzw. Investitionsfall. Die Äquivalenten Variation der nichtstädtischen Landbesitzer  $EV_A$  ergibt sich ebenfalls aus der Gegenüberstellung deren erwarteten maximierten indirekten Nutzen im Benchmark mit denen im Schadens- bzw. Investitionsfall (Nitzsche und Tscharkschiew, 2013).

Die Umwelteffekte werden durch die schadensfall- bzw. investitionsfallbedingten (monetär bewerteten) Veränderungen der reise-/transportbezogenen CO<sub>2</sub>-Emissionen, Luftverschmutzung, Unfälle und des Lärms dargestellt. Die Aufsummierung der Wohlfahrtsänderungen der HH und Landbesitzer sowie der Umwelteffekte ergibt die aggregierte Wohlfahrtsänderung der Gesellschaft, d.h. den Nettonutzen einer Maßnahme.

Die durch die infrastrukturelle Aus- und Belastung im Benchmark hervorgerufenen Infrastrukturschäden verringern die Straßenkapazität und verlangsamen somit den Straßenverkehr. Die geringere Geschwindigkeit senkt zwar die Verbrauchseffizienz des Autoverkehrs, die Verschiebung des Modal Split zugunsten der Verkehrsmodi ÖPNV und zu Fuß sowie eine geringere Verkehrsnachfrage senken jedoch die städtischen CO<sub>2</sub>-Emissionen. Die zurückgehende Verkehrsnachfrage hat verschiedene Ursachen. Zum einen sind die Produktionsstätten im Schadensfall gleichmäßiger über das Stadtgebiet verteilt wodurch sich die Wege für Pendel-, Einkaufs- und Wirtschaftsverkehre verkürzen. Zum anderen verringern sich aufgrund der erhöhten zeitlichen und monetären Fahrtkosten die Nachfrage nach Vor- und Konsumprodukten sowie das Arbeitsangebot. Die, auf die schadhafte Straßeninfrastruktur zurückzuführende, eingeschränkte Zugänglichkeit/Erreichbarkeit senkt somit auch die Anzahl der Pendel-, Einkaufs- und Wirtschaftsfahrten.

Mit der eingeschränkten städtischen Mobilität einhergehend sinkt der städtische Gesamtnutzen und damit die, mit der Äquivalenten Variation ermittelte, Wohlfahrt der Haushalte um 2,1 Mrd. Euro. Da der Gesamtnutzen und somit die Äquivalente Variation sämtliche ökonomische und räumliche Anpassungseffekte innerhalb der urbanen Ökonomie abbildet, wird dem Parameter *Loss*, welcher den gesellschaftlichen Schaden repräsentiert, der Wert dieses Wohlfahrtsverlustes zugewiesen.

Tabelle 3: Ergebnisse

	Benchmark	Schadensfall	Lohnsteuer 1,2 %	Energiesteuer 1,42 €/l	CO <sub>2</sub> -Steuer 0,38 €/Kg	Maut 0,12 €/Km
<b>Maut-Äquivalent</b>						
			0,09 €/Km	0,08 €/Km	0,12 €/Km	0,12 €/Km
<b>Verkehr</b>						
Ø Geschwindigkeit	31,7 Km/h	27,0 Km/h	30,6 Km/h	36,0 Km/h	34,5 Km/h	37,1 Km/h
Modal Split <sup>a</sup>	52/18/30	27/40/33	++/--/0	++/--/0	+++/--/0	+/-/0
Auto/ÖPNV/Fuß						
Staukosten <sup>b,c</sup>	2,1 Mrd. €	1,7 Mrd. €	+24,9	-23,1	-7,4	-36,8
Verbrauchseffizienz <sup>b</sup>	12,6 Km/l	11,4 Km/l	+9,0	+40,1	+16,8	+21,4
CO <sub>2</sub> -Emissionen <sup>b</sup>	3,3 Mio. t	2,5 Mio. t	+27,2	+1,14	+19,9	+7,5
<b>Öffentlicher Haushalt [Milliarden Euro]</b>						
Zusatzsteuer			0,64	1,09	1,13	1,28
Budgetsaldo $\Delta^{Pub}$			0,89	1,02	0,97	0,80
Steuereinnahmen	23,3	23,2	24,8	25,4	25,4	25,3
<b>Räumliche Anpassung</b>						
Urbanisierung HH <sup>d</sup>		0	-	+++	++	++
Urbanisierung UN <sup>d</sup>		-	-	+	+	+
<b>Wohlfahrt (Wf.)</b>						
erw. Gesamtnutzen <sup>d</sup>	7,5480	7,5273	7,5296	7,5326	7,5306	7,5317
Aggregierte Wf. <sup>e</sup>		-2,40 Mrd. €	-2,11 Mrd. €	-1,41 Mrd. €	-1,70 Mrd. €	-1,43 Mrd. €

<sup>a</sup>(Stark) Steigende bzw. fallende Werte im Vergleich zum Schadensfall sind mit (++) bzw. (--) gekennzeichnet.

<sup>b</sup>Maßnahmen-Spalten zeigen relative Änderung im Vergleich zum Schadensfall [%].

<sup>c</sup>Mit Zeitwert bewertete Fahrzeit. Vergleich Free-Flow-Fahrzeit mit Stau-Fahrzeit.

<sup>d</sup>Erwartungswert der maximierten Haushaltsnutzen.

<sup>e</sup>Aufsummierung der Wohlfahrtsänderungen (Äquivalente Variation der HH und UN) und der Umwelteffekte.

Durch die öffentlichen Investitionen ( $0 < Inv \leq Loss$ ) in die Wiederherstellung der Infrastrukturqualität und Straßenkapazität wird der Straßenverkehr wieder beschleunigt und gewinnt an Attraktivität. Hierdurch steigt der Anteil des Autoverkehrs am Modal Split im Vergleich zum Schadensfall und senkt damit die Fahrtzeiten der Haushalte und Unternehmen. Die höhere Durchschnittsgeschwindigkeit im Straßenverkehr sowie eine effizientere Fahrweise erhöhen weiter die Verbrauchseffizienz. Neben höheren Geschwindigkeiten verringert die Wahl zentraler Wohnlagen die erwarteten Fahrtzeiten und -kosten für Pendel- und Einkaufsfahrten. Als weitere Strategie zur Senkung der zusätzlichen Abgabenlast wählen die Verkehrsteilnehmer häufiger Routen auf innerstädtischen Straßen. Trotz der häufigeren Autonutzung besonders im innerstädtischen Bereich sinken die Staukosten bei den verkehrsspezifischen Finanzinstrumenten im Vergleich zum Schadensfall. Weil es besonders bei diesen Maßnahmen für die Gesellschaft vorteilhaft ist die Schadenskosten vollständig ( $Inv = Loss \approx qf_t^2 = qf_t^0$ ) in den Erhalt der Straßenqualität zu investieren (vgl. Abbildung 2) steht dem Kfz-Verkehr die Straßenkapazität wieder in vollem Umfang zur Verfügung und senkt damit deren Stauanfälligkeit. Sind die Wiederherstellungskosten hingegen lohnsteuerfinanziert sollte die Gesellschaft nur rund 70-80 % des entstandenen Schadens investiert. Hierdurch gewinnt der Verkehrsträger Straße an ausreichend Attraktivität, dass der Auto-Anteil am Modal Split ähnlich hoch ist wie bei den verkehrsspezifischen Finanzinstrumenten. Die Straßenqualität und -kapazität kann jedoch nicht vollständig wiederhergestellt werden ( $qf_t^2 < qf_t^0$ ) wodurch vergleichsweise mehr Staus entstehen. Der Vergleich des Modal Splits, der Durchschnittsgeschwindigkeit und Staukosten sowie der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Investitionsfall (Investitionen für den Erhalt der Straßenqualität und -kapazität notwendig) mit denen im Benchmark (schadlose Straßeninfrastruktur, keine Investitionen notwendig) zeigt, dass die Einführung/Erhöhung der Maut, Energie- und CO<sub>2</sub>-Steuer<sup>10</sup> den Modal Split zugunsten des ÖPNV verschiebt, wodurch der Straßenverkehr weniger stauanfällig ist und die Durchschnittsgeschwindigkeit zunimmt. Zudem sinken die gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen obwohl die Verkehrsnachfrage speziell bei den verkehrsspezifischen Maßnahmen mit der im Benchmark vergleichbar ist<sup>11</sup>.

Die Erneuerung der Infrastrukturqualität, welche wie die Produktion von Konsumprodukten den Einsatz von Arbeit und Vorprodukten erfordert, erhöht die Arbeitsnachfrage und den Druck auf den Landmarkt, dessen Angebot exogen gegeben ist<sup>12</sup>. Dadurch steigen Arbeits- und Mieteinkommen der Haushalte, welche aufgrund der höheren Mieten jedoch ihre Landnachfrage reduzieren. Die Nachfrage der HH nach Konsumgütern hingegen steigt, da deren Preis im Vergleich zu den Gütern Land und Freizeit relativ billiger ist auch wenn er

<sup>10</sup> Bei dem Vergleich dieser Ergebnisse muss beachtet werden, dass die Finanzinstrumente nicht zur Optimierung der Wohlfahrt, sondern zur Finanzierung der Erhaltungs-/Wiederherstellungskosten erhoben werden. Hirte und Nitzsche (2013) zeigen u.a., dass die Einführung einer Maut zur Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen den städtischen Gesamtnutzen sowie die aggregierte Wohlfahrt über das Benchmarkniveau steigern kann.

<sup>11</sup> Die höheren Fahrtkosten beschränken die HH in ihrer Nachfrage nach Konsumgütern, wodurch weniger Einkaufsverkehr entsteht. Die Anzahl von Pendel- und Wirtschaftsfahrten hingegen steigt und erhöht die gesamte städtische Verkehrsnachfrage.

<sup>12</sup> Zur Produktion von Vorprodukten wird neben dem Faktor Arbeit auch der Faktor Land eingesetzt. Somit führt die gesteigerte Nachfrage nach Vorprodukten zu mehr Wettbewerb um die exogen gegebene Landfläche.

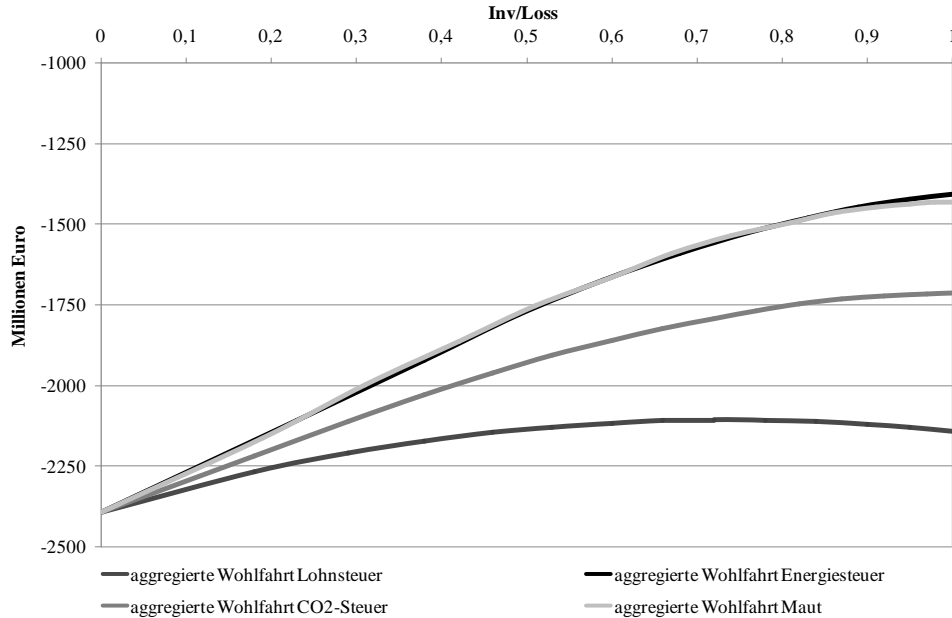


absolut marginal steigt. Die Erneuerung der Infrastruktur verbessert weiterhin die Mobilität und Zugänglichkeit zu den räumlich differenzierten Güter- und Produktionsstandorten und vereinfacht somit die Vielfältigkeit im Konsum. Neben den HH profitieren auch die nicht-städtischen Landbesitzer von den höheren Mieteinnahmen und den nur geringfügig gestiegenen Güterpreisen. Durch die veränderte Zusammensetzung des Güterbündels der HH steigt der städtische Gesamtnutzen (vgl. Tabelle 3) wie auch der Nutzen der Landbesitzer.

Durch die höhere Arbeits- und Konsumnachfrage wie auch den höheren Bedarf an Vorprodukten nehmen, im Vergleich zum Schadensfall, die gesamte Verkehrsnachfrage und die damit einhergehenden CO<sub>2</sub>-Emissionen zu. Zusätzlich führt die Verlagerung des Straßenverkehrs auf die lokalen, durch bevölkerungsreiche Gebiete verlaufenden, Straßen zu einer höheren Lärm- und Luftbelastung. Die Unfallkosten sind aufgrund des gleichmäßigeren und flüssigeren Straßenverkehrs hingegen rückläufig. Die gesamten externen Kosten nehmen dennoch zu. Da die Nutzengewinne der HH und nicht-städtischen Landbesitzer die negativen Umwelteffekte bei weitem übersteigen nimmt die aggregierte Wohlfahrt im Vergleich zum Schadensfall trotzdem zu. Wie in Tabelle 3 ersichtlich erleidet die Gesellschaft im Vergleich zum Benchmark, trotz wiederhergestellter Infrastrukturqualität, einen Wohlfahrtsverlust. Ursächlich hierfür ist u.a. die höhere Belastung der Einkommen durch die Finanzinstrumente. Besonders die verkehrsspezifischen Maßnahmen verteuern Pendel-, Einkaufs- und Wirtschaftsfahrten. Das veränderte Verkehrsverhalten führt zu höheren durchschnittlichen Fahrtzeiten, welche, im Vergleich zum Benchmark, das Zeitbudget zusätzlich belasten. Somit schränken die Finanzinstrumente im Vergleich zum Benchmark, in dem die Infrastruktur keinen Schaden aufweist, die Erreichbarkeit/Zugänglichkeit ebenfalls ein. Im Vergleich zum Schadensfall in dem die schlechte Infrastrukturqualität und unzureichende Straßenkapazität den Straßenverkehr erheblich behindert ist die Erhebung dieser Abgaben in Verbindung mit deren zweckgebundener Nutzung für den Erhalt der Straßenqualität und -kapazität für die Gesellschaft jedoch nutzenstiftend und dem Schadensfall vorzuziehen.

Da der mengenmäßige öffentliche Konsum fix ist, erhöhen die steigenden Güterpreise auf der einen Seite die öffentlichen Konsumausgaben. Das höhere Arbeits- und Mieteinkommen der HH sowie die höhere Güter- und Verkehrsnachfrage steigern jedoch auf der anderen Seite die öffentlichen Einnahmen aus Einkommens-, Mehrwert- und Energiebesteuerung. Die Mehreinnahmen übersteigen die Mehrausgaben (vgl. Tabelle 3) und können für die Deckung der Investitionskosten verwendet werden, wodurch die zusätzliche Belastung der HH durch die einzelnen Finanzinstrumente sinkt. Somit trägt der positive Budgetsaldo des öffentlichen Haushalts zu 38-58 % zur Wiederherstellung der Infrastrukturqualität bei.

Abbildung 2 zeigt die aggregierten Wohlfahrtseffekte der vier Finanzinstrumente zur Erneuerung der Infrastrukturqualität. Die horizontale Achse zeigt das Verhältnis zwischen den öffentlichen Investitionen in die Infrastrukturqualität und den Schadenskosten. Die vertikale Achse zeigt die aggregierte Wohlfahrt, d.h. den Nettonutzen der jeweiligen Maßnahme.

**Abbildung 2: Wohlfahrtseffekte öffentlicher Investitionen in die Infrastrukturqualität**

Für die Finanzinstrumente Maut, Energie- und CO<sub>2</sub>-Steuer ist es sinnvoll, die durch die Infrastrukturschäden entstandenen, gesellschaftlichen Kosten in voller Höhe in die Wiederherstellung der Infrastrukturqualität zu investieren, wie Abbildung 2 zeigt. Hierbei betrüge die nutzungsabhängige Maut<sup>13</sup> 0,12 €/km, die erweiterte, noch nicht mehrwertbesteuerte, Energiesteuer 1,42 €/1 Kraftstoff und die CO<sub>2</sub>-Steuer 0,38 €/kg CO<sub>2</sub>. Für die lohnsteuergestützte Finanzierung der Wiederherstellungskosten gilt, dass nur rund 70-80 % des entstan-

<sup>13</sup> Nach Mohring und Harwitz (1962) können die Kapitalkosten einer Straße mit optimaler Kapazität durch die Erhebung einer wohlfahrtsoptimalen Maut gedeckt werden. Mit einem umfangreichen Literaturüberblick zeigen Verhoef und Mohring (2007) dass dieses Theorem nicht nur theoretische Gültigkeit besitzt. Dennoch basiert es auf einer Vielzahl von Annahmen welche das vorliegende Gleichgewichtsmodell nicht erfüllt. Während Mohring und Harwitz (1962) konstante Skalenerträge für den Straßenbau annehmen, wird in dem vorliegenden Modell eine abnehmenden Grenzproduktivität für die öffentlichen Investitionen (vgl. de Bruin und Dellink, 2009; de Bruin et al., 2009; Dellink et al., 2010; Egenhofer et al., 2010; Gawel et al., 2012) in die Infrastrukturqualität und damit Kapazität angenommen. Mohring und Harwitz (1962) nehmen weiterhin eine optimale, kontinuierlich anpassungsfähige und Nutzungs- und Bereitstellungskosten minimierende Straßenkapazität an. In dem verwendeten Stadtmodell hingegen ist die Straßenkapazität im Benchmark zunächst Bestandteil der Kalibrierung und abhängig von der zonenspezifischen Landfläche (vgl. z.B. Nitzsche und Tscharaktschiew, 2013; Tscharaktschiew und Hirte, 2010). In den folgenden Untersuchungsfällen wird die Benchmark-Kapazität dagegen durch die Qualitätsfaktoren  $qf_i^1$  und  $qf_i^2$  beeinflusst. Diese werden jedoch nur durch das 'exogene' Verhältnis  $Inv/Loss$  bestimmt und nicht von stauabhängigen Kapazitätskosten, welches nach Mohring und Harwitz (1962) eine optimale Straßenkapazität herbeiführen kann. Des Weiteren sind modellspezifische Effekte (z.B. Steuerinteraktions- und Umverteilungseffekte) ursächlich, dass eine stauoptimale Maut zur vollständigen Deckung der Schadenskosten nicht geeignet ist (vgl. Hirte et al., 2014).

den gesellschaftlichen Schadens investiert werden sollten, da nach diesem Level ein Mehr an Infrastrukturinvestition die gesellschaftliche Wohlfahrt nicht weiter verbessert, sondern verschlechtert. Der Lohnsteuersatz betrüge 1,2 %.

Dass die erweiterte Energiesteuer als Finanzinstrument eine marginal höhere Wohlfahrtsverbesserung als die Maut herbeiführt, ist in der effizienteren Kraftstoffnutzung (vgl. Tabelle 2 und 3) begründet. Zum einen erleiden die Haushalte dadurch eine vergleichsweise geringere Belastung (vgl. Tabelle 3) und zum anderen werden weniger CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und andere luftverschmutzende Stoffe emittiert. Beide Instrumente sind der Erhebung einer CO<sub>2</sub>-Steuer, welche nicht nur den schadenverursachenden Pkw- und Lkw- sondern auch den öffentlichen Personenverkehr betrifft, und der Erhebung einer vollständig verursacherunspecifischen Lohnsteuer zur Infrastrukturfinanzierung vorzuziehen. Ursächlich hierfür ist, dass die entstehenden Investitionskosten/Abgabenlasten bei der nicht-verursachergerechten Kostenaufteilung durch die Vorteile der verbesserten Infrastrukturqualität nicht vollständig ausgeglichen werden können.

## 5. Zusammenfassung

Die Nutzung des räumlichen, für eine durchschnittliche deutsche Stadt kalibrierten, Gleichgewichtsmodells zur Untersuchung der Auswirkungen einer schadhafte Straßeninfrastruktur und der, durch Sonderabgaben finanzierten, Erneuerung dieser ermöglicht die Betrachtung ökonomischer und standortabhängiger wie auch verkehrlicher Anpassungsstrategien von Haushalten und Unternehmen. Somit können die Auswirkungen der Infrastrukturqualität auf das Verkehrsverhalten und zudem dessen Einfluss auf das Standort- und Konsumverhalten der ökonomischen Akteure untersucht werden. Neben dem Verkehrsverhalten beeinflussen die zusätzlichen Finanzinstrument zur Behebung der Schäden die Einkommen und Ausgaben der Haushalte und Unternehmen und somit deren Standortentscheidungen, welche wiederum das Verkehrsverhalten mitbestimmen, auch direkt. Damit ermöglicht dieser Ansatz die allumfassende Bewertung der, durch zusätzliche Abgaben finanzierten, Investitionen in den Erhalt der Straßenqualität und -kapazität.

Während die Mobilität und Wohlfahrt unter maroder Straßenqualität und Substanzverlusten leidet, verbessern Investitionen in das schadhafte Straßennetz Erreichbarkeit und Zugänglichkeit und beschleunigen den Verkehr. Neben verkürzten Reisezeiten und mehr verfügbarer Zeit für Freizeit profitieren die Haushalte von einer höheren Arbeitsnachfrage, einem höheren Mietekommen und einfacherem vielfältigem Konsum, wodurch der Nutzen der Haushalte steigt. Die abnehmende Grenzproduktivität wie auch die Finanzierungskosten der Infrastrukturinvestitionen und die negativen Umwelteffekte belasten jedoch die gesamtgesellschaftliche Wohlfahrt. Die Ergebnisse zeigen weiter, dass Investitionen in die Infrastrukturqualität nutzerfinanziert und die Kosten verursachergerecht verteilt sein sollten, um Wohlfahrtsverluste durch Investitionskosten zu minimieren. Hierbei sind die Maßnahmen Erhöhung der Energiesteuer und Einführung einer allgemein gültigen Maut den Maßnahmen Erhöhung der Lohnsteuer und Einführung einer CO<sub>2</sub>-Steuer vorzuziehen.

Die Kalibrierung des Modells für eine konkrete Stadt würde es ermöglichen, spezifische Besonderheiten zu beachten, und könnte Entscheidungsträger beim Verstehen von Konsequenzen bestimmter Maßnahmen unterstützen. Im Rahmen des BMBF-Projekts EMPACCA wird ein entsprechender Ansatz für die Stadt bzw. Metropolregion Hamburg vorbereitet.

## 6. Danksagung

Dieser Artikel wurde im Rahmen des Projektes "Evaluating Measures on Climate Protection and Adaptation to Climate Change in Agglomerations (EMPACCA)", welches Teil des BMBF-Förderschwerpunkts "Ökonomie des Klimawandels" ist, verfasst. Ich bedanke mich beim Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Unterstützung. Des Weiteren bedanke ich mich bei Prof. Georg Hirte, Dr. Stefan Tscharaktschiew und Tobias Weber sowie zwei anonymen Gutachtern.

## 7. Abstract

Insufficient investments in road network preservation impairs its functionality. Road wear and tear and the associated capacity overload and congestion affect beside traffic-related decisions also economic and spatial decisions of firms and households. To determine the social costs due to road damages as well as the impacts and welfare changes due to public investments in road infrastructure a spatial general equilibrium model, calibrated for an 'average' German metropolitan area, is used. The necessary public investments will either be financed by a wage tax (1); an energy tax (2) or a distance-related toll for private and commercial road traffic (3); or a CO<sub>2</sub> tax raised for travelling by automobile, commercial vehicles and public transport (4).

Comparing the welfare effects of the four financial instruments our results show that the instruments (2) and (3) are most appropriate for completely replacing the road damages. Instrument (4) is suitable for a completely replacement, too, but induces less welfare improvement. In contrast, if public investments are financed by wage taxes only about 75 % of the social costs due to road damages should be reinvested. Hence, in order to reduce welfare losses due to funding costs the replacement investments should be user funded.

## 8. Quellen

Amt für Statistik Berlin-Brandenburg (2010), Statistischer Bericht: Flächenerhebung nach Art der tatsächlichen Nutzung in Berlin 2009, [www.statistik-berlin-brandenburg.de/statistiken/inhalt-statistiken.asp](http://www.statistik-berlin-brandenburg.de/statistiken/inhalt-statistiken.asp).

- Anas, A., Liu, Y. (2007), A regional economy, land use, and transportation model (RELU-TRAN): formulation, algorithm design, and testing, *Journal of Regional Science*, 47, 415–455.
- Anas, A., Xu, R. (1999), Congestion, land use, and job dispersion: a general equilibrium model, *Journal of Urban Economics*, 45, 451–473.
- de Borger, B., Van Dender, K. (2003), Transport tax reform, commuting, and endogenous values of time, *Journal of Urban Economics*, 53, 510–530.
- de Bruin, K.C., Dellink, R.B. (2009), How Harmful are Adaptation Restrictions, *FEEM Working Paper*, Nr. 58, 43 S.
- de Bruin, K.C., Dellink, R.B., Tol, R.S.J. (2009), AD-DICE: an implementation of adaptation in the DICE model, *Climatic Change*, 95, 63–81.
- BMVBS (2012), Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010, Keine Wirtschaft ohne Verkehr! Empirischer Einblick in die häufig unterschätzten Dimensionen des Wirtschaftsverkehrs.
- BMVBS (2010), Mobilität in Deutschland 2008 – Ergebnisbericht.
- BMVBS (2007), Aktualisierung der Wegekostenrechnung für die Bundesfernstraßen in Deutschland.
- BMVBS (2004), Mobilität in Deutschland 2002 – Ergebnisbericht.
- Ciscar, J.C., Nicholls, R., Pycroft, J. (2012), The Impacts of Passing Climate Change Tipping Points: A CGE assessment for Europe of rapid sea-level rise, Präsentiert auf der 15th Annual Conference on Global Economic Analysis, Geneva, Switzerland.
- Daehre, K.-H. (2012), Bericht der Kommission "Zukunft der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung", [www.muenchen.ihk.de/de/standortpolitik/Anhaenge/abschlussbericht-daehre-kommission.pdf](http://www.muenchen.ihk.de/de/standortpolitik/Anhaenge/abschlussbericht-daehre-kommission.pdf).
- Darwin, R.F., Tol, R.S.J. (2001), Estimates of the Economic Effects of Sea Level Rise, *Environmental and Resource Economics*, 19, 113–129.
- Dellink, R.B., De Bruin, K.C., Van Ierland, E.C. (2010), Incentives for international cooperation on adaptation and mitigation, In: Martens, P., Chang, C.T. (Eds.), *The Social and Behavioural Aspects of Climate Change: Linking Vulnerability, Adaptation and Mitigation*, Greenleaf Publishing Ltd, Sheffield, UK, 252–274.

destatis (2012), Pressemitteilung, Nr. 93 vom 15.03.2012.

destatis (2011), Statistisches Jahrbuch Deutschland 2011.

destatis (2010), STATmagazin, Umwelt, Trend zum spritsparenden Auto bremst Kraftstoffverbrauch.

destatis (2004), Datenreport 2004.

DStGB (2014), Verkehrspolitik.  
[www.dstgb.de/dstgb/Home/Schwerpunkte/Verkehrspolitik/](http://www.dstgb.de/dstgb/Home/Schwerpunkte/Verkehrspolitik/).

Egenhofer, C., Nuñez-Ferrer, J., Löschel, A., Sturm, B., Dannenberg, A., Osberghaus, D., Reif, C., Kremers, J., Behrens, A., Georgiev, A., Mortensen, J., Heller, P.S. (2010), *The fiscal Implications of Climate Change Adaptation, Final Report*, CEPS, ZEW.

Fatemi, A., Yang, L. (1998), Cumulative fatigue damage and life prediction theories: a survey of the state of the art for homogeneous materials, *International Journal of Fatigue*, 20, 9–34.

Gawel, E., Heuson, C., Lehmann, P. (2012), Efficient public adaptation to climate change – An investigation of drivers and barriers from a Public Choice perspective, *UFZ Discussion Paper*, 14, 1–28.

Goodwin, P.B. (1992), A review of new demand elasticities with special reference to short and long run effects of price changes, *Journal of Transport Economics and Policy*, 26, 155–163.

Goodwin, P.B., Dargay, J., Hanly, M. (2004), Elasticities of road traffic and fuel consumption with respect to price and income: a review, *Transport Reviews*, 24, 275–292.

Graham, D.J., Glaister, S. (2004), Road traffic demand elasticity estimates: a review, *Transport Reviews*, 24, 261–274.

Havranek, T., Irsova, Z., Janda, K. (2012), Demand for gasoline is more price-inelastic than commonly thought, *Energy Economics*, 34, 201–207.

Hirte, G., Nitzsche, E. (2013), Evaluating Policies to Achieve Emission Goals in Urban Road Transport, *Zeitschrift für Verkehrswissenschaften*, 84 (2), 112–137.

Hirte, G., Nitzsche, E., Tscharaktschiew, S. (2014), Optimal Adaptation in Cities: A CGE analysis of economic and spatial effects, Präsentiert auf dem 5th World Congress of Environmental and Resource Economists, Istanbul, Türkei, 47 S.

- Houba, H., Kremers, H. (2009), Environmental Damage and Price Taking Behaviour by Firms and Consumers, *DIW Discussion Paper*, 878, 1–29.
- Hymel, K.M., Small, K.A., Van Dender, K. (2010), Induced demand and rebound effects in road transport, *Transportation Research Part B: Methodological*, 44, 1220–1241.
- IAB (2011), IAB-Kurzbericht, Nr. 19/2011.
- Knoll, E. (Hrsg.) (2007), Der Elsner 2008, *Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen. Elsner*, Wiesbaden.
- Nitzsche, E., Tscharaktschiew, S. (2013), Efficiency of speed limits in cities: A spatial computable general equilibrium assessment, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 56, 23–48.
- Mohring, H. and M. Harwitz (1962), *Highway Benefits: An Analytical Framework*, Evanston, Illinois: Northwestern University Press.
- Reidenbach, M., Bracher, T., Grabow, B., Schneider, S., Seidel-Schulze, A. (2008), *Investitionsrückstand und Investitionsbedarf der Kommunen. Ausmaß, Ursachen, Folgen, Strategien*, Difu - Stadt Forschung Praxis, Bd. 4.
- Siedentop, S. (2007), *Auswirkungen der Beschäftigungssuburbanisierung auf den Berufsverkehr – Führt die Suburbanisierung der Arbeitsplätze zu weniger Verkehr? Informationen zur Raumentwicklung*, Heft 2/3 2007, The Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development (BBSR).
- Small, K.A., Verhoef, E.T. (2007), *The Economics of Urban Transportation*, Routledge, Abingdon.
- Statistische Ämter der Länder (2010), Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder.
- Statistisches Amt München (2010), Die Gliederung des Stadtgebietes nach Bodennutzungsarten in ha, [www.muenchen.de/rathaus/Stadtinfos/Statistik/Geografie/archiv](http://www.muenchen.de/rathaus/Stadtinfos/Statistik/Geografie/archiv).
- Statistikamt Nord (2012), Bodenflächen in Hamburg und Schleswig-Holstein am 31.12.2011 nach Art der tatsächlichen Nutzung, [www.statistik-nord.de/daten/bevoelkerung-und-gebiet/gebietsgliederung-hamburg/](http://www.statistik-nord.de/daten/bevoelkerung-und-gebiet/gebietsgliederung-hamburg/).
- Steiner, V., Cludius, J. (2010), Ökosteuer hat zu geringerer Umweltbelastung des Verkehrs beigetragen, *DIW Wochenbericht*, 13–14.

Stephan, G., Schenker, O. (2011), Buying Greenhouse Gas Insurance: International Trade and the Adaptation to Climate Change and Variability, *NCCR TRADE Working Paper*, 37.

Tscharaktschiew, S., Hirte, G. (2010), The drawbacks and opportunities of carbon charges in metropolitan areas – A spatial general equilibrium approach, *Ecological Economics*, 70, 339–357.

Verhoef, E.T., Mohring, H. (2007), Self-Financing Roads, *Tinbergen Institute Discussion Paper*, TI 2007-068/3.



# Bewertung der Angebotsmerkmale des Personenfernverkehrs vor dem Hintergrund der Liberalisierung des Fernbusmarktes

VON FRANCISCO J. BAHAMONDE-BIRKE, UWE KUNERT, HEIKE LINK, JUAN DE DIOS ORTÚZAR, BERLIN

## 1. Einleitung

Zum Schutz der Eisenbahnen war der Markt des Personenfernverkehrs in Deutschland über Jahrzehnte einschneidend reguliert, so dass konkurrierende Angebote durch Linien-Fernbusse weitgehend ausgeschlossen waren (Maertens, 2012). Mit der Liberalisierung im Jahre 2013 traten mehrere neue Anbieter auf den Markt und eröffneten zahlreiche Busverbindungen zwischen deutschen Ballungsräumen und Städten (Gertsen et al., 2013).

Zur Jahresmitte 2014 entwickelt sich der Verkehr mit Linien-Fernbussen weiterhin expandierend. Erste Analysen des Marktes zeigen eine Verdreifachung der Anzahl der Städteverbindungen sowie der Bedienungshäufigkeiten (IGES/bdo, 2013). Die Beförderungsleistungen mit Fernbussen werden nach der Marktöffnung bislang nur unzureichend erfasst, Schätzungen belaufen sich auf 9 Mill. Beförderungen im Jahr 2013 (ITP et al., 2014)<sup>2</sup>.

Die neuen Fernbusbetreiber bieten auf vergleichbaren Relationen ihre Leistungen zu niedrigeren Preisen als die Eisenbahnen an. Zusätzlich treten die Anbieter mit Produktdifferenzierungen auf dem Markt auf: So wird der Fernbus als ein besonders umweltfreundliches Beförderungsmittel beworben, für das der Fahrgast überdies CO<sub>2</sub>-Kompensationen erwerben kann. Mehrere Busgesellschaften bieten Snacks oder kostenlosen Internetzugang an. Einige der Anbieter führen nach jeder Fahrt Befragungen zur Ermittlung der Kundenzufriedenheit durch. Andererseits ist die Unfallgefährdung in der Eisenbahn deutlich geringer als im Reisebus (Statistisches Bundesamt, 2013) und auch die Zuverlässigkeit dürfte zu den Vorteilen des Bahnverkehrs zählen, da für Busse durch die generellen Bedingungen des Straßenverkehrs häufiger mit Verspätungen zu rechnen ist.

Unter diesen Marktbedingungen ist es von besonderem Interesse, in wie weit die Wahlentscheidungen der Konsumenten zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln durch deren objek-

---

### *Anschrift der Verfasser:*

Francisco J. Bahamonde-Birke  
DIW Berlin  
Energie, Verkehr, Umwelt  
Mohrenstraße 58  
10117 Berlin  
bahamondebirke@gmail.com

Dr. Heike Link  
DIW Berlin  
Energie, Verkehr, Umwelt  
Mohrenstraße 58  
10117 Berlin  
hlink@diw.de

Dr. Uwe Kunert  
DIW Berlin  
Energie, Verkehr, Umwelt  
Mohrenstraße 58  
10117 Berlin  
ukunert@diw.de

Prof. Dr. Juan De Dios Ortúzar  
DIW Berlin und  
Pontificia UC Chile  
Mohrenstraße 58  
10117 Berlin

<sup>2</sup> Zum Vergleich: 2013 wurden im Fernverkehr der Eisenbahnen 131 Mill. Fahrgäste befördert (BMVI, 2014).

tive Eigenschaften wie Fahrpreis und –zeit beeinflusst werden, und welche Rolle daneben auch die Wahrnehmungen und Einstellungen zu jeder Alternative spielen (van Acker et al., 2011; Alvarez-Daziano und Bolduc, 2013). Dieser Frage gehen wir mit Hilfe eines Hybrid-Discrete-Choice-Modellansatzes nach, dessen theoretischen Hintergrund der folgende Abschnitt beschreibt. Anschließend stellen wir das experimentelle Design zur Erhebung der Befragungsdaten vor, deren Nutzung in einem zweistufigen Modell der vierte Abschnitt schildert. Schließlich werden aus den Ergebnissen der Modellierung Schlussfolgerungen gezogen.

## 2. Theoretischer Hintergrund des Hybrid-Discrete-Choice-Ansatzes

Unter der Annahme rational entscheidender Personen wird ein Individuum  $q$  aus den zur Verfügung stehenden Alternativen  $A(q)$  diejenige Alternative  $i$  auswählen, die ihren wahrgenommenen Nutzen maximiert. Entsprechend der Random Utility Theory (Thurstone, 1927; McFadden, 1974) kann der Nutzen als die Summe von repräsentativen Komponenten  $V_{iq}$  und einem Fehlerterm  $\varepsilon_{iq}$  formuliert werden, woraus sich die folgende Darstellung ergibt (Ortúzar und Willumsen, 2011):

$$U_{iq} = V_{iq} + \varepsilon_{iq} \quad (1)$$

Die repräsentative Nutzenkomponente ( $V_{iq}$ ) berücksichtigt in diesem Ansatz die Merkmale der Wahlalternativen und der Individuen, die durch einen Beobachter quantifiziert werden können, der Fehlerterm bildet die unbekanntene Elemente der Entscheidungssituation ab.

Mit dem Hybrid-Discrete-Choice-Modellansatz (HDC, Ben-Akiva et al., 2002) werden auch nicht-messbare Attribute der Wahlsituation als messbare Variablen unter den systematischen Nutzenkomponenten einbezogen. Dazu werden immaterielle Konstrukte – sogenannte latente Variable ( $\eta_{liq}$ ) – formuliert. Diese Variablen sollen Wahrnehmungen und/oder Einstellungen der Individuen repräsentieren, die nicht direkt beobachtbar sind und daher als Funktion messbarer Variablen ausgedrückt werden müssen. Ein gebräuchlicher Ansatz zur Konstruktion der latenten Variablen (LV) nutzt die Multiple Indicators Multiple Causes (MIMIC) Struktur (Zellner, 1970; Bollen, 1989). Dabei werden die latenten Variablen mit Merkmalen der Individuen und der Wahlalternativen ( $s_{iqr}$ ) durch sogenannte Strukturgleichungen erklärt. Gleichzeitig werden von den Befragten erhobene Indikatoren zu Einstellungen und/oder Wahrnehmungen ( $y_{ziq}$ ) durch Messgleichungen erklärt (vgl. Abbildung 1). Die folgenden Gleichungen beschreiben diesen Ansatz,

$$\eta_{liq} = \sum_r \alpha_{tri} s_{riq} + v_{liq} \quad (2)$$

$$y_{ziq} = \sum_l \gamma_{lzi} \eta_{liq} + s_{ziq} \quad (3)$$

wobei die Indices  $i, q, r, l$  und  $z$  die Wahlalternativen, die Individuen, die exogenen Variablen, die latenten Variablen und die Indikatoren angeben. Die Fehlerterme  $v_{liq}$  und  $\zeta_{ziq}$  können jede beliebige Verteilung aufweisen, werden aber gewöhnlich als normalverteilt angenommen. Die unbekannt Parameter  $\alpha_{lri}$  und  $\gamma_{lzi}$  sind gemeinsam zu schätzen.

Wenn wir von einer linearen Spezifikation von  $V_{iq}$  ausgehen, kann die Nutzenfunktion (4) als Taylorreihe erster Ordnung einer komplexen Funktion mehrerer Variablen aufgefasst werden, die in der Umgebung des Schätzbereiches immer gültig ist. Wenn weiterhin angenommen werden kann, dass auch die Merkmale der Individuen und der Alternativen linear wirken, können die geschätzten Parameter  $\theta_{ik}$  und  $\beta_{il}$  (die sich auf die messbaren bzw. auf die latenten Merkmale beziehen) direkt als Grenznutzen interpretiert werden:

$$U_{iq} = \sum_k \theta_{ki} x_{kqi} + \sum_l \beta_{li} \eta_{liq} + \varepsilon_{iq} \quad (4)$$

Unter der Annahme, dass die Fehlerterme  $\varepsilon_{iq}$  in (1) unabhängig und identisch einer Extremwertverteilung (Typ 1) mit der gleichen Varianz  $\sigma^2$  folgen, entsprechen die Differenzen zwischen den Nutzen der verschiedenen Alternativen einer Logistischen Verteilung mit dem Mittelwert Null und dem Skalenfaktor  $\lambda$ . Dies führt zu dem bekannten Multinomial Logit (MNL) Modell (Domencich und McFadden, 1975); wobei in diesem Fall die Wahrscheinlichkeit, Alternative  $i$  zu wählen durch

$$P_{iq} = \frac{e^{\lambda V_{iq}}}{\sum_j e^{\lambda V_{jq}}} \quad (5)$$

gegeben ist und sich  $\lambda$  invers zur Standardabweichung des Fehlerterms ergibt:

$$\lambda = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} \quad (6)$$

Da der Skalenfaktor jedoch nicht geschätzt werden kann, wird er üblicherweise auf Eins normalisiert (Walker, 2002).

Die Schätzung beider Teile des Modells sollte simultan erfolgen, da die sequentielle Schätzung keine erwartungstreuen Parameter garantiert (Train et al., 1987; Ben-Akiva et al., 2002)<sup>3</sup>. Empirische Ergebnisse belegen jedoch, dass die sequentielle Schätzung keine großen Verzerrungen bezüglich der Relationen zwischen den geschätzten Parametern und daher auch der Grenzzraten der Substitution ergibt (Raveau et al., 2010; Bahamonde-Birke et al., 2010). Gleichwohl zeigen Bahamonde-Birke und Ortúzar (2014a), dass alle Schätzer

<sup>3</sup> Bei der sequentiellen Schätzung wird zuerst das MIMIC-Modell als ein isoliertes System geschätzt, daran anschließend werden die im MIMIC-Modell geschätzten Erwartungswerte der LV direkt in die Nutzenfunktion einbezogen.

eine signifikante Unterschätzung der Größe aufweisen können und schlagen den folgenden Korrekturterm vor,

$$\lambda_{HDC} = \frac{\lambda_{DC}}{\sqrt{1 + \frac{6\lambda_{DC}^2 \cdot \sum_l \beta_l^2 \sigma_l^2}{\pi^2}}} \quad (7)$$

wobei  $\sum_l \beta_l^2 \sigma_l^2$  die durch die latenten Variablen in das Modell eingebrachte Varianz angibt. Solange das Verhältnis zwischen dieser Varianz und der des Modells hinreichend klein ist, sind die Ergebnisse unter Einbeziehung des Korrekturterms akzeptabel. Anderenfalls muss die sequentielle Schätzung verworfen werden.

### 3. Experimentelles Design

Zum Jahresanfang 2014 – also ein Jahr nach der Liberalisierung des Fernbusverkehrs – wurden Studenten und Angestellte der Technischen Universität Berlin zum Personenfernverkehr befragt und um die Teilnahme an einem Stated-Choice-Experiment gebeten. In dem Experiment wurden die Teilnehmer aufgefordert, sich zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln zu entscheiden (Regionalzüge, Fernverkehrszüge der Deutschen Bahn AG, Fernlinienbus), deren Angebotsmerkmale in der Befragung variiert wurden. Dabei bot Berlin als Befragungsort den Vorteil, dass Verbindungen mit Fernbuslinien bereits vor 2013 in nennenswerter Zahl angeboten wurden. Zudem ist Berlin eine der drei deutschen Städte, die über einen zentralen Busbahnhof mit akzeptabler Qualität verfügen (neben Hamburg und München; Maertens, 2012). Folglich konnte davon ausgegangen werden, dass die Bevölkerung eher als in anderen Regionen mit dem Angebot der Fernbusbetreiber vertraut ist.

Die Datenerhebung wurde im Januar 2014 über das Internet durchgeführt (CAWI: Computer Assisted Web Interviewing) und richtete sich an etwa 28 000 Studenten und 2 500 Angestellte. Nach der Datenbereinigung verblieben 1 425 Antworter, die verwertbare Angaben zu den vier Abschnitten der Befragung gemacht hatten (vgl. Tabelle im Anhang): Im ersten Abschnitt waren die Befragten aufgefordert, die wesentlichen Merkmale ihrer letzten Fahrt mit den Regional- oder Fernzügen der DB anzugeben (Tarif, Reisezeit, Anzahl Umstiege, etc.). Nachfolgend gaben die Teilnehmer den Grad der Übereinstimmung mit einigen Aussagen zur generellen Qualität des Bahnregional- bzw. Fernverkehrs an, wobei von der gleichen Anzahl von Umsteigevorgängen wie bei den beschriebenen Reisen ausgegangen werden sollte:

Ich konnte mich während dieser Reisen entspannen ( $y_{11}$ )	Entspannung
Ich fühlte mich sicher gegen Diebstähle bzw. Verluste von Waren ( $y_{12}$ )	Sicherheit
Das Reisen mit schwerem Gepäck wäre (war) unproblematisch gewesen ( $y_{13}$ )	Gepäck
Die Abfahrtszeit dieser Reisen war zuverlässig ( $y_{14}$ )	Abfahrt
Die Ankunftszeit dieser Reisen war zuverlässig ( $y_{15}$ )	Ankunft
Ich konnte (hätte) die Zeit während dieser Reise produktiv ausnutzen (können) ( $y_{16}$ )	Produktivität
Der Bahnhof war leicht erreichbar und gut zugänglich ( $y_{17}$ )	Bahnhof
Der Erwerb der Fahrtickets war unkompliziert ( $y_{18}$ )	Tickets

Diese Bewertungen gaben die Befragten zudem unter der Annahme einer Direktverbindung (ohne Umsteigen) für das Fernbusangebot an. Der Grad der Zustimmung wurde auf einer Skala von „starker Widerspruch“ (1) bis „starke Zustimmung“ (10) erfasst.

Im zweiten Abschnitt der Erhebung wurden mobilitätsrelevante Informationen erfragt (z.B. Besitz von Pkw und BahnCard) sowie Indikatoren zur Messung der Einstellung der Befragten hinsichtlich gegenwärtig in Deutschland diskutierter umwelt- und verkehrspolitischer Fragen. Auch hierzu gaben die Teilnehmer ihre Zustimmung auf einer Skala an:

Ich bin einverstanden mit der Abschaltung der Atomkraftwerke ( $y_{21}$ )	Atomausstieg
Die Erhaltung der Natur ist mir wichtiger als das Wachstum der Wirtschaft ( $y_{22}$ )	Umwelt
Ich bin bereit, eine 25% höhere Stromrechnung zu bezahlen, um die CO <sub>2</sub> -Emissionen der Kohlekraftwerke zu vermindern ( $y_{23}$ )	Stromaufpreis
Es sollte eine Pkw-Maut auf Autobahnen zur Kompensierung der CO <sub>2</sub> -Emissionen der Fahrzeuge eingeführt werden ( $y_{24}$ )	Maut
Fahrzeuge mit hohen Motorleistungen sollten kräftiger besteuert werden ( $y_{25}$ )	PKWSteuern
Es sollte mehr in die Entwicklung der Hochgeschwindigkeitszüge investiert werden ( $y_{26}$ )	HGZüge
Es müssten neue Autobahnen bzw. neue Spuren bei existierenden Autobahnen gebaut werden ( $y_{27}$ )	Autobahnen
Es müssten neue Schnellfahrstrecken (Eisenbahnverkehr) gebaut werden ( $y_{28}$ )	HGBahnstrecken
Auf den Autobahnen sollten allgemeine Geschwindigkeitsgrenzen eingeführt werden ( $y_{29}$ )	Geschwindigkeitsgrenzen

Im dritten Abschnitt der Befragung wurden den Befragungsteilnehmern im Rahmen eines Stated-Choice-Experimentes (vergleich z.B. Ortúzar und Willumsen, 2011) zwölf Entscheidungssituationen präsentiert: Sechs basieren auf der zuvor angegebenen Reise mit einem Regionalzug, weitere sechs auf den Angaben zur Reise mit einem Fernzug. Davon ausgehend werden für die Reisealternative jeweils die Merkmale Reisezeit, Fahrpreis, Anzahl Umstiege, Verkehrsmittel (Regionalzug (RE), Fernzug (FVZ) und Fernlinienbus (LB))

sowie Verkehrssicherheit (charakterisiert durch die Anzahl Schwerverletzter und Getöteter im Gesamtnetz pro Jahr) variiert.

Die den Teilnehmern präsentierten Ausprägungen der Attribute wurden, basierend auf Rose et al. (2008), zur Maximierung der D-Efficiency des experimentellen Designs optimiert. Die Ausprägungen der Attribute konnten jedoch nicht während des Experimentes individuell festgelegt werden. Daher wurden sie – orientiert an den mittleren Werten der Attribute aus der Probebefragung – a priori gesetzt. Diese mittleren Werte wurden ebenso wie die Anfangswerte zur Berechnung des D-Errors aus einer Modellschätzung mit den Daten des Pretests (48 Individuen) abgeleitet. Im letzten Teil der Befragung wurden schließlich einige sozio-ökonomische Daten erfasst.

## 4. Modellschätzung

### 4.1 Modellstruktur

Vor der Schätzung des HDC-Modells war zunächst die Struktur des MIMIC-Modells festzulegen. Zur Eingrenzung der potentiellen Zusammenhänge zwischen den Indikatoren wurden die erhobenen Indikatoren mittels Faktorenanalyse untersucht, um die latenten Variablen korrekt zu spezifizieren. Dadurch war es möglich, drei Komponenten zu identifizieren, die 68 % der Varianz der Wahrnehmungsindikatoren erklären ( $y_{11}$  bis  $y_{18}$ ). Für die gemessenen Indikatoren zu Einstellungen ( $y_{21}$  bis  $y_{29}$ ) konnten mit demselben Verfahren zwei latente Variable gefunden werden, die 54 % der Varianz erklären. Die rotierte Komponentenmatrix für beide Gruppen von Indikatoren zeigt die Tabelle 1. Auf Basis dieser Ergebnisse wurden fünf latente Variable mit den in der Tabelle hervorgehobenen Zusammenhängen definiert. Hierbei steht die erste LV "Komfort" mit vier Indikatoren der Bequemlichkeit bzw. Annehmlichkeit in Beziehung. Die zweite LV wurde "Stressfrei" genannt, da sie in Beziehung zu stressrelevanten Indikatoren steht. Für die dritte aus den Wahrnehmungsindikatoren abgeleitete LV lag die Bezeichnung „Zuverlässigkeit“ nahe.

**Tabelle 1: Rotierte Komponentenmatrix der Wahrnehmungs- und Einstellungsindikatoren**

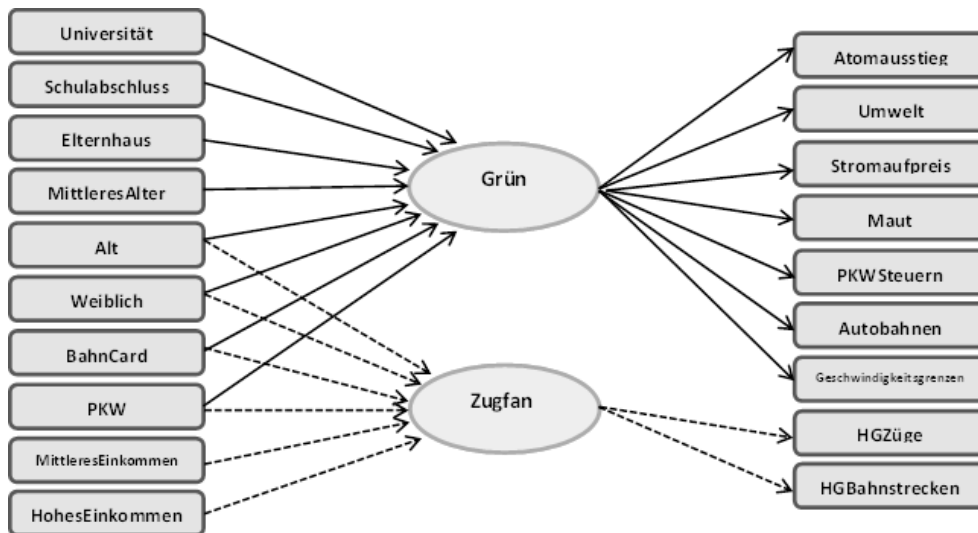
Indikator	Komfort	Stressfrei	Zuverlässigkeit	Indikator	Grün	Zugfan
Entspannung	0.538	0.568	0.206	Atomausstieg	0.676	-0.024
Sicherheit	0.124	0.787	0.086	Umwelt	0.735	-0.086
Gepäck	0.057	0.805	0.174	Stromaufpreis	0.702	0.045
Abfahrt	0.103	0.217	0.894	Maut	0.653	0.238
Ankunft	0.270	0.111	0.870	Pkw-Steuern	0.677	0.189
Produktivität	0.640	0.422	0.133	HGZüge	0.113	0.856
Bahnhof	0.804	0.056	0.153	Autobahnen	-0.558	0.362
Tickets	0.712	0.045	0.119	HGBahnen	0.053	0.891
				Geschwindigkeitsgrenzen	0.604	0.107

Aus den Indikatoren zu den Einstellungen ließ sich die LV “Grün” ableiten, die auch eine Abneigung gegen den Autoverkehr umfasst ( $y_{24}$ ,  $y_{25}$ ,  $y_{27}$  und  $y_{29}$ ). Schließlich wurde eine hohe Wertschätzung für die Verbesserung des Angebotes im Hochgeschwindigkeitsverkehr der Bahn als LV “Zugfan” zusammengefasst.

#### 4.2 MIMIC Modelle

Eine simultane Schätzung des HDC-Modells war nicht möglich, da die Struktur der erhobenen Daten zu komplex war: Für einige Probanden, die keine Angaben zu den Wahrnehmungen gemacht hatten, mussten die Werte der latenten Variablen auf der Basis des geschätzten MIMIC-Modells imputiert werden. Zudem wurden den einzelnen Befragten mehrere Auswahl-situationen präsentiert, so dass die Modellschätzung den Panelcharakter der in Daten berücksichtigen musste. Aus diesen Gründen wurden die Parameter sequentiell geschätzt. Jedoch kann diesem Fall gezeigt werden (Bahamonde-Birke und Ortúzar, 2014b), dass der Fehler dieses second-best-Verfahrens begrenzt bleibt. Folglich wurden zunächst die MIMIC-Modelle geschätzt und die daraus gewonnenen LV als Komponenten des Discrete-Choice-Modells genutzt.

Mit dem ersten MIMIC-Modell werden die latenten Einstellungs-Variablen aus den Merkmalen der Personen erklärt. Nach dem Test mehrerer Spezifikationen ergab sich das in Abbildung 1 gezeigte Erklärungsmuster mit zwei Strukturgleichungen: Hier wird eine LV (z.B. Grün) von einigen (z.B. acht) sozio-demographischen Variablen erklärt; gleichzeitig erklärt die LV einige (z.B. sieben) Indikatoren der Einstellungen.

**Abbildung 1: Struktur des MIMIC-Modells der Indikatoren zu Einstellungen**

Hierbei deuten die Ausprägungen “Universität” und “Schulabschluss” die Qualifikation berufstätiger Personen an, die gegenüber der Referenzkategorie “Studenten” im Modell signifikant sind. Das Merkmal Lebensmittelpunkt im “Elternhaus” ist nur für Studenten relevant und “BahnCard” sowie “Pkw” zeigen den Besitz des jeweiligen Mobilitätswerkzeuges an. Die weiteren Variablen sind mit den Angaben der Tabelle im Anhang selbsterklärend.

Tabelle 2 präsentiert die für diese Modellstruktur geschätzten Parameter: Wie zu erwarten war, unterstützen Personen mit der Einstellung “Grün” stärker die Erhebung von umweltbezogenen Abgaben und den Atomausstieg und lehnen eine auto-orientierte Verkehrspolitik (wie z.B. Verzicht auf Mauterhebung und Geschwindigkeitsbegrenzungen) stärker ab als andere Personen. Weiterhin ergibt sich für Personen mit BahnCard mehrheitlich eine positivere Einstellung zu Umweltfragen als für Pkw-Besitzer. Berufstätige (im Unterschied zu Studenten) und ältere Personen zeigen ein höheres Umweltbewusstsein. Dieses Ergebnis mag überraschen, aber dabei muss bedacht werden, dass die Stichprobe Studenten und jüngere Personen an einer technischen Universität umfasst, die andere Einstellungen zu Umweltfragen haben könnten als andere Personen dieser Altersgruppen. Schließlich zeigt Tabelle 2 für Frauen ein höheres Umweltbewusstsein an.



**Tabelle 2: MIMIC Modell - Einstellungen**

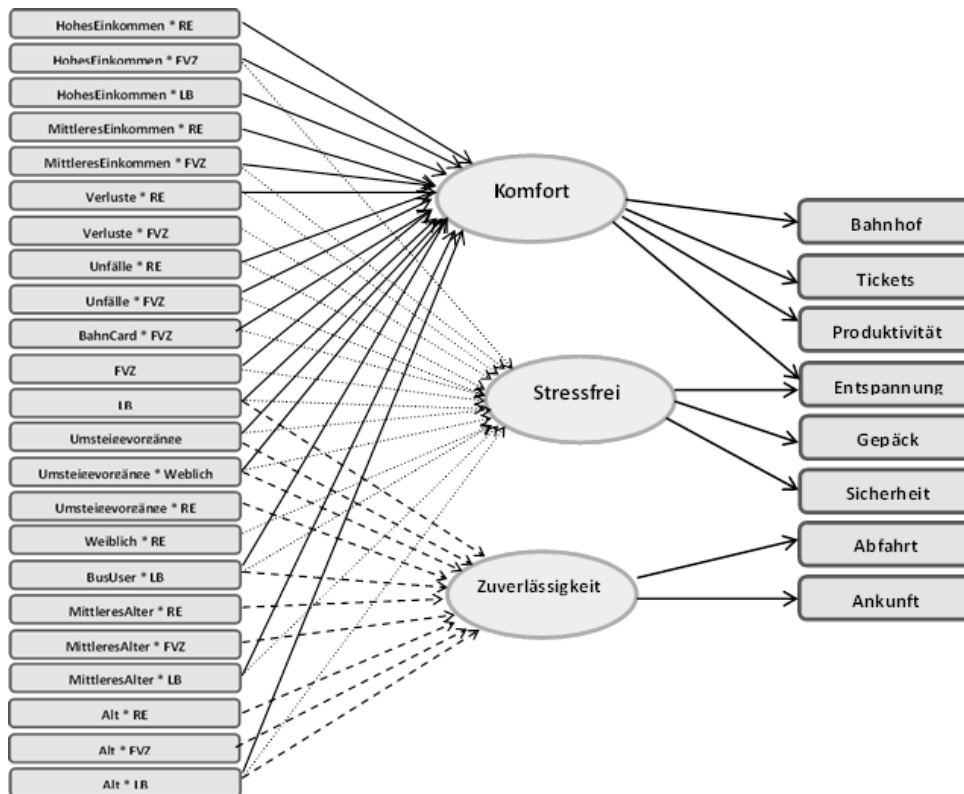
Erklärende Variable	Schätzwert	t-test	Einstellungsindikator	Schätzwert	t-test
Grüne Einstellung			Grüne Einstellung		
Universität	0.222	2.741	Atomausstieg	1.457	39.378
Schule	0.323	2.084	Umwelt	1.221	35.912
Elternhaus	-0.183	-2.691	Stromaufpreis	1.672	41.800
Mittleres Alter	0.254	4.536	Maut	2.147	44.729
Alt	0.582	2.328	Pkw-Steuern	1.653	41.325
Weiblich	0.332	5.825	Autobahnen	-1.047	-32.719
BahnCard	0.306	5.186	Geschwindigkeitsgrenzen	2.256	46.041
Pkw	-0.547	-8.967			
Zugfan			Zugfan		
Alt	0.427	1.655 <sup>3</sup>	HGZüge	2.116	44.083
Weiblich	-0.3	-5.172	HGBahnstrecken	2.097	43.688
BahnCard	0.346	5.672			
Pkw	-0.107	-1.726 <sup>4</sup>			
Mittleres Einkommen	0.099	1.737 <sup>3</sup>			
Hohes Einkommen	0.166	1.711 <sup>3</sup>			

Die Parameter für die LV "Zugfan" geben für Befragte, die älter sind oder ein höheres Einkommen haben, eine stärkere Präferenz für den Schienenverkehr an. Dies entspricht unseren Erwartungen, da ältere Personen mit alternativen Angeboten weniger vertraut sein dürften und mit höherem Einkommen eine geringere Bereitschaft zur Nutzung (tatsächlich oder vermeintlich) weniger komfortabler Verkehrsmittel wie den Fernbussen einher gehen dürfte. Besitzer der BahnCard und Männer zeigen eine positivere Einstellung zum Schienenverkehr als die jeweilige Referenzgruppe.

Ein zweites MIMIC-Modell wurde mit den Indikatoren zu den Wahrnehmungen geschätzt. Hierbei sind als erklärende Größen nicht nur die Merkmale der Personen, sondern auch die der alternativen Verkehrsmittel zu berücksichtigen. Zusätzlich sind Interaktionen zwischen diesen beiden Typen von Variablen zu testen, da die Merkmale der Verkehrsmittel von unterschiedlichen Personengruppen durchaus verschieden bewertet werden könnten ("systematic taste variations" vgl. Ortúzar und Willumsen, 2011). Die Struktur des geschätzten Modells ist in Abbildung 2 dargestellt.

<sup>4</sup> Da die Vorzeichen der Parameter a priori bekannt waren, wurde ein einseitiger Test vorgenommen ( $\alpha_{5\%} = 1.645$ ).

Abbildung 2: Struktur des MIMIC-Modells der Indikatoren zu Wahrnehmungen



Auf der erklärenden Seite geben hier “Verluste” und “Unfälle” an, dass die Befragten oder deren Angehörige Gepäckverluste oder Unfälle im Zugverkehr erlitten haben. Die Anzahl der Umsteigevorgänge wird als diskrete Variable (1 bis 4) berücksichtigt und als “BusUser” werden Personen definiert, die in den vergangenen drei Jahren mindestens eine Reise mit dem Fernbus unternommen haben. Tabelle 3 präsentiert die Schätzergebnisse.

Erwartungsgemäß sind alle Variablen, die die LV zu Wahrnehmungen erklären können, Merkmale der spezifischen Alternative. Diese Erklärung erfolgt entweder direkt oder modifiziert durch die “systematic taste variations”. Die Modelle hätten auch ohne Berücksichtigung der “systematic taste variations” sinnvoll interpretierbare und signifikante Schätzergebnisse, würden aber einen schlechtere Anpassung aufweisen.

**Tabelle 3: MIMIC Modell - Wahrnehmungen**

Erklärende Variable	Schätzwert	t-test	Wahrnehmungsindikator	Schätzwert	t-test
Komfort			Komfort		
Hohes Eink. * RE	0.197	1.841 <sup>5</sup>	Bahnhof	1.339	51.500
Hohes Eink. * FVZ	0.297	2.517	Ticket(s)	1.112	46.333
Hohes Eink. * LB	-0.29	-2.458	Produktivität	1.901	59.406
Mittleres Eink. * RE	0.121	2.123	Entspannung	1.333	51.269
Mittleres Eink. * FVZ	0.107	1.726 <sup>5</sup>			
Verluste * RE	-0.225	-2.419			
Unfälle * RE	-0.279	-3.402			
Unfälle * FVZ	-0.209	-2.155			
BahnCard * FVZ	0.239	4.193			
FVZ	0.481	10.689			
LB	-0.857	-18.234			
Umsteigevorgänge	-0.11	-4.400			
Umsteigev. * Weiblich	-0.056	-1.612 <sup>5</sup>			
BusUser * LB	0.288	5.647			
Mittleres Alter * LB	-0.254	-4.164			
Alt * LB	-1.113	-4.184			
Stressfrei			Stressfrei		
Hohes Eink. * FVZ	0.408	3.400	Entspannung	0.69	28.750
Mittleres Eink. * FVZ	0.137	2.210	Gepäck	2.089	59.686
Verluste * RE	-0.541	-5.755	Sicherheit	1.459	52.107
Verluste * FVZ	-0.368	-3.439			
Unfälle * RE	-0.154	-1.855 <sup>5</sup>			
Unfälle * FVZ	-0.221	-2.255			
BahnCard * FVZ	0.241	4.155			
FVZ	0.222	4.933			
LB	0.378	8.217			
Umsteigevorgänge	-0.067	-2.680			
Umsteigev.. * Weiblich	-0.145	-4.143			
Weiblich * RE	-0.232	-4.000			
BusUser * LB	0.185	3.558			
Mittleres Alter * LB	-0.13	-2.097			
Alt * LB	-0.879	-3.268			
Zuverlässigkeit			Zuverlässigkeit		
LB	-0.447	-9.933	Abfahrt	2.091	59.743
Umsteigevorgänge	-0.07	-2.917	Ankunft	2.271	61.378
Umsteigev.. * Weiblich	-0.076	-2.235			
Umsteigevorgänge* RE	-0.05	-2.632			
BusUser * LB	0.22	4.314			
Mittleres Alter * RE	0.15	2.679			
Mittleres Alter * FVZ	0.117	1.918 <sup>5</sup>			
Alt * RE	0.442	1.674 <sup>5</sup>			
Alt * FVZ	0.637	2.413			
Alt * LB	-0.853	-3.231			

Generell weisen die Parameter für Personen mit höherem Einkommen oder höherem Alter eine negativere Wahrnehmung des Busangebotes und eine bessere Wahrnehmung der Fern-

<sup>5</sup> Da die Vorzeichen der Parameter a priori bekannt waren, wurde ein einseitiger Test vorgenommen ( $\alpha_{5\%} = 1.645$ ).

züge aus. Diese Bewertungen könnten durch etablierte Vorurteile gegenüber neuen Wahlalternativen beziehungsweise durch eine Überbewertung der gewählten Alternative gestützt sein. Entsprechend bewerten die Personen, die bereits Nutzer von Fernbussen sind, diese positiver. Bemerkenswert ist, dass BahnCard-Inhaber positiv gegenüber Fernverkehrszügen eingestellt sind, nicht jedoch gegenüber Regionalzügen.

Wie zu erwarten war, beeinflusst ein erlittener Gepäckverlust oder Unfall die Wahrnehmung des Zugverkehrs negativ. Daneben werden der Komfort, die Zuverlässigkeit und der Stress mit einer zunehmenden Anzahl an Umsteigevorgängen negativer beurteilt. Insbesondere für Frauen ist das Umsteigen mit Stress und Komforteinbuße verbunden. Fernbusse werden zwar als ein weniger komfortables und zuverlässiges Verkehrsmittel beurteilt, gleichzeitig jedoch als stressfreier im Vergleich zu Zügen. Im Vergleich zu Regionalzügen wird das Reisen mit Fernverkehrszügen als komfortabler und stressfreier bewertet, dabei aber gleichermaßen zuverlässig. Da Fernverkehrszüge mit modernerem Wagenmaterial verkehren, überrascht dies nicht.

#### 4.3 Discrete-Choice-Modell

Die Discrete-Choice-Modellierung schätzt die Wirkung der vorstehend abgeleiteten latenten Variablen und gleichzeitig die der sozioökonomischen Merkmale der Personen sowie der Merkmale der Verkehrsmittel (Preise, Reisezeit, Umstiege, Sicherheitsniveau) auf die Wahlentscheidung. Zusätzlich wird eine Variable „Trägheit“ eingeführt, die den Wert Eins annimmt, wenn eine befragte Person bei der ursprünglichen Wahlentscheidung bleibt (revealed preference option), obwohl eine vorteilhaftere Alternative angeboten wurde. Insgesamt konnten 9 712 Beobachtungen von 1 073 Personen in der Schätzung genutzt werden (nicht jede Person nahm an allen zwölf Stufen des Experimentes teil). Die Korrelationen zwischen den mehrfachen Antworten der einzelnen Befragten (Panel-Effekt) wurden berücksichtigt, erwiesen sich aber nicht als signifikant.

Da die Schätzungen sequentiell (Software BIOGEME, Bierlaire, 2003) durchgeführt wurden, war eine Korrektur der geschätzten Parameter entsprechend des Verfahrens von Bahamonde-Birke und Ortúzar (2014b) vorzunehmen. Dabei kann gezeigt werden, dass das mittlere Verhältnis zwischen der durch die latenten Variablen eingebrachten Variabilität und der eigenen Variabilität des Modells annähernd 30 % beträgt. Somit konnte eine Relation zwischen den geschätzten und den wahren Parametern von 90 % abgeleitet werden. Tabelle 4 weist die korrigierten Parameter aus.

**Tabelle 4: Diskretes Auswahlmodell**

Variable	Schätzwert	Standardabweichung	t-test
Trägheit	0.371	0.0358	10.373
LB	-1.377	0.243	-5.662
RE	-0.333	0.100	-3.341
Fahrtdauer	-0.0178	0.000844	-21.053
Fahrtdauer * LV Grün	0.00264	0.00139	1.904 <sup>6</sup>
Ln(Preis) * s. nied. Eink.	-5.819	0.209	-27.872
Ln(Preis) * Nied. Eink.	-5.453	0.234	-23.270
Ln(Preis) * Mitt. Eink.	-4.842	0.385	-12.565
Ln(Preis) * Hohes Eink.	-2.743	0.534	-5.135
Sicherheitsniveau	-0.00298	0.00109	-2.743
Umsteigevorgänge	-0.438	0.033	-13.221
LV Komfort	0.224	0.123	1.820 <sup>6</sup>
FVZ * LV Zugfan	0.937	0.164	5.703

Alle Parameter des Modells weisen die theoretisch zu erwartenden Vorzeichen auf. So verringern eine steigende Reisezeit, die Anzahl der Umstiege und die Wahrscheinlichkeit, einen Unfall zu erleiden, den Nutzen einer Alternative. Der signifikante Trägheitsparameter indiziert die Tendenz der Personen, bei ihrer ursprünglichen Wahl des Verkehrsmittels zu bleiben. Der negative Einfluss des Preises ist für Personen mit geringerem Einkommen größer. Entscheidend ist zudem, dass der Preis logarithmisch wahrgenommen wird, womit vom Betrag gleiche Veränderungen bei niedrigerem Ausgangspreis stärker wirken (die Linearität von Preis und Reisezeit wurden mit Box-Cox Transformationen getestet).

Für zwei der fünf latenten Variablen („Zuverlässigkeit“ und „Stressfrei“) lässt sich keine signifikante Wirkung auf die Nutzenfunktion nachweisen. Möglicherweise werden diese Komponenten von den Individuen als Teile der intrinsischen Merkmale der Alternativen internalisiert und daher in den Modalparametern (auch: alternative specific constant) mit abgebildet, denn tatsächlich werden bei einer Modellierung ohne die Modalparameter diese latenten Variablen signifikant. Für die verbleibende latente Variable zu den Wahrnehmungen ergibt sich wie zu erwarten ein positiver Effekt auf den Nutzen eines Verkehrsmittels.

Beide latente Variablen zu den Einstellungen erweisen sich als signifikant, wirken aber in unterschiedlicher Weise in der Nutzenfunktion: Die Einstellung „Grün“ interagiert mit der Reisezeit und ähnelt somit einer „systematic taste variation“. Demnach sind ökologisch orientierte Personen eher bereit, längere Reisezeiten in Kauf zu nehmen. Dieser Befund ist nachvollziehbar, da kürzere Reisezeiten höhere Geschwindigkeiten erfordern und folglich höhere Emissionen und weitere Umweltwirkungen nach sich ziehen. Interessanter Weise ist

<sup>6</sup> Da die Vorzeichen der Parameter a priori bekannt waren, wurde ein einseitiger Test vorgenommen ( $\alpha_{5\%}=1.645$ ).

mit der Einstellung „Grün“ keine Bevorzugung des Fernbusses verbunden, obwohl das Marketing der Anbieter die ökologischen Vorteile betont. Wie erwartet, ist schließlich mit der Einstellung „Zugfan“ eine Präferenz für Fernzüge verbunden, jedoch ergibt sich keine Präferenz für Regionalzüge gegenüber Fernbussen.

## 5. Schlussfolgerungen

Die vorgestellten Analysen belegen, dass die Einstellungen und Wahrnehmungen der Personen ihre Entscheidungen zur Verkehrsmittelwahl im Fernverkehr beeinflussen. Folglich sollten diese psychologischen Aspekte von Entscheidungen bei Untersuchungen des Verkehrsmarktes – auch des Marktes der Fernbusse – berücksichtigt werden. Marketingstrategien der Anbieter von Verkehrsdienstleistungen, welche Produktdifferenzierungen entlang der angesprochenen Dimensionen anstreben, können also durchaus Erfolg versprechend sein. Gleichwohl zeigt sich in unserer Stichprobe keine wirksame Positionierung der Fernbusse als umweltfreundliche Verkehrsmittel.

Die Anbieter der neuen Fernbusverbindungen sehen sich einer Bevölkerung gegenüber, die mit diesen Dienstleistungen nicht vertraut ist, zudem ändern die Menschen nur ungern gewohnte Verhaltensweisen. Andererseits sind jüngere Menschen offener gegenüber neuen Alternativen und bieten daher ein interessantes Marktpotenzial. Aus der Modellierung geht hervor, dass die Flexibilität der Busse, direkte Verbindungen ohne Umsteigen anzubieten, die subjektive Wahrnehmung des Komforts und der Zuverlässigkeit und damit den Nutzen einer Alternative positiv beeinflusst.

Ein wichtiger Befund dieser Studie zeigt, dass Personen mit einem höheren Umweltbewusstsein weniger sensibel für längere Reisezeiten sind. Dies ist vor dem Hintergrund verständlich, dass schnellere Transportmittel im Allgemeinen einen höheren Umweltverbrauch bedingen.

Für die mit einem Verkehrsmittel verbundenen Wahrnehmungen der Zuverlässigkeit und Stressfreiheit ließ sich keine Wirkung auf die Nutzenfunktion nachweisen. Es bleibt zu untersuchen, ob diese Aspekte in der generellen Charakterisierung eines Verkehrsmittels durch die Personen integriert und damit in der Modellierung ein Bestandteil des Modalparameters sind. Hingegen war es möglich, eine Gruppe mit der Einstellung „Zugfan“ zu identifizieren, die den Fernzug (nicht jedoch Regionalzüge) auch gegenüber angebotenen Alternativen mit besseren Eigenschaften favorisieren. Schließlich konnte belegt werden, dass die Fahrpreise logarithmisch wahrgenommen werden und dass damit die Wahrnehmung einer Preisänderung vom Basispreis abhängt.

## Danksagung

Diese Forschung wurde unterstützt durch Becas Chile (Chilean Council for Scientific and Technological Research, CONYCI) und der Alexander von Humboldt Stiftung.

## Abstract

In January 2013 the interurban passenger transport market in Germany was liberalized and several coach carriers emerged offering an alternative to the Deutsche Bahn, a state owned rail monopoly. The coach carriers have attempted to position themselves not just through lower prices but also through product differentiation, for example marketing their services as the most ecological way to travel. Hence, it is important to consider attitudes and perceptions when analyzing this market.

One year after liberalization we conducted a stated-choice experiment among students and employees at the Technical University of Berlin, where participants had to choose between different interurban public transport alternatives (regional and high-speed trains or interurban coaches). Additionally, the experiment gathered perception and attitudinal indicators used to construct latent variables. Our results show that attitudes and perceptions indeed affect the way individuals choose between different transport modes and, therefore, they must be taken into account when analyzing the interurban passenger market in Germany.

## Quellen

- van Acker, V., Mokhtarian, P.L. und Witlox, F. (2011), Going soft: on how subjective variables explain modal choices for leisure travel, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, 11, 115-147.
- Alvarez-Daziano, R. und Bolduc, D. (2013), Incorporating pro-environmental preferences towards green automobile technologies through a Bayesian hybrid choice model, *Transportmetrica*, 9A, 74-106.
- Bahamonde-Birke, F.J., Raveau, S., Yáñez, M.F. und Ortúzar, J. de D. (2010), The role of tangible attributes in hybrid discrete choice models, European Transport Conference 2010, Glasgow, 11-13, October, 2010.
- Bahamonde-Birke, F.J. und Ortúzar, J. de D. (2014a), On the variability of hybrid discrete choice models, *Transportmetrica*, 10, 74-88.
- Bahamonde-Birke, F.J. und Ortúzar, J. de D. (2014b), Is sequential estimation a suitable second best for estimation of hybrid choice models?, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2429, 51-58.
- Ben-Akiva, M.E., Walker, J.L., Bernardino, A.T., Gopinath, D.A., Morikawa, T. und Polydoropoulou, A. (2002), Integration of choice and latent variable models, in: H.S. Mahmassani (Hrsg.), *In Perpetual Motion: Travel Behaviour Research Opportunities and Challenges*, Pergamon, Amsterdam.

- Bierlaire, M. (2003), BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models, Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference, Ascona, Switzerland.
- BMVI (2014), Verkehr in Zahlen 2014-2015, DVV Media Group, Hamburg, im Erscheinen.
- Bollen, K.A. (1989), *Structural Equations with Latent Variables*, John Wiley and Sons, Chichester.
- Domencich, T. und McFadden, D. (1975), *Urban Travel Demand – A Behavioural Analysis*, North Holland, Amsterdam.
- Gertsen, J., Strößenreuther, H. und Warnecke, C. (2013), Fernlinienbusmarkt mit 500% Plus, *Internationales Verkehrswesen*, 65, 60-62.
- IGES/bdo (2013), Ein Jahr Marktöffnung: Angebot an Städte-Fernbuslinien Verdoppelt, Presseinformation, Berlin.
- ITP et al. (2014), Gleitende Mittelfristprognose für den Güter- und Personenverkehr. München, Juli 2014.
- Maertens, S. (2012), Buslinienfernverkehr in Deutschland — effiziente Ausgestaltung einer Liberalisierung, *Wirtschaftsdienst*, 92, 554-562 .
- McFadden, D. (1974), Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour, in: Zarembka, P. (Hrsg.), *Frontiers in Econometrics*, 105-142, Academic Press New York.
- Ortúzar, J. de D. und Willumsen, L.G. (2011), *Modelling Transport*, Fourth Edition, John Wiley and Sons, Chichester.
- Raveau, S., Alvarez-Daziano, R., Yáñez, M.F., Bolduc, D. und Ortúzar, J. de D. (2010), Sequential and simultaneous estimation of hybrid discrete choice models: some new findings, *Transportation Research Record*, 2156, 131-139.
- Rose, J.M., Bliemer, M.C., Hensher, D.A. und Collins, A.T. (2008), Designing efficient stated choice experiments in the presence of reference alternatives, *Transportation Research Part B: Methodological*, 42(4), 395-406.
- Statistisches Bundesamt (2013), Verkehr auf einen Blick, Wiesbaden.
- Thurstone, L.L. (1927), A law of comparative judgment, *Psychological Review*, 34, 273-286.



Train, K.E., McFadden, D.L. und Goett, A.A. (1987), Consumer attitudes and voluntary rate schedules for public utilities, *Review of Economics and Statistics*, 64, 383-91.

Walker, J.L. (2002), The mixed logit (or logit kernel) model: dispelling misconceptions of identification, *Transportation Research Record*, 1805, 86-98.

Zellner, A. (1970), Estimation of regression relationships containing unobservable variables, *International Economic Review*, 11, 441-454.

### Anhang

Variable	Beschreibung	Häufigkeit
Jung	18-25 Jahre	847
Mittleres Alter	26-50 Jahre	561
Alt	Älter als 51 Jahre	17
Total		1,425
Sehr geringes Einkommen	< 700 € p.m. (N.I)	881
Geringes Einkommen	700€ - 1.500€ p.m.	395
Mittleres Einkommen	1.500 – 2.500 p.m.	107
Hohes Einkommen	> 2.500 € p.m. (N.I)	42
Total		1,425
Männlich		897
Weiblich		528
Total		1,425
Schulabschluss	Berufstätige Personen mit dem entsprechenden Abschluss	45
Universität		186
Student	Student	1,171
Anderes	Anderes	23
Total		1,425
BahnCard	BahnCard Besitz	435
Pkw	Pkw Besitz	413
BusUser	Erfahrung mit Busreisen	1,014
Elternhaus	Im Elternhaus lebend	281

# Ein Überblick zu methodischen Fragen der Wegekostenrechnung

VON HEIKE LINK, BERLIN

## 1. Einleitung

Seit nunmehr fast einem halben Jahrhundert beschäftigen sich sowohl die verkehrspolitische als auch die verkehrswissenschaftliche Diskussion mit der Wegekostenproblematik. So wurden bereits in den sechziger Jahren erste methodische und empirische Studien auf europäischer und nationaler Ebene erarbeitet (z. B. Kommission der Europäischen Gemeinschaft, 1969; AG Wegekosten, 1969; Eidgenössisches Statistisches Amt, 1968). Seitdem sind in Deutschland und in anderen europäischen Ländern, in den USA und in Australien Wegekosten- bzw. Wegeausgabenrechnungen in zum Teil regelmäßigen Abständen erstellt worden. Auf europäischer Ebene hat die Wegekosten-Thematik mit der Vorlage der EU-Weißbücher zu Infrastrukturbenutzungsgebühren und zur europäischen Verkehrspolitik (Europäische Kommission, 1998, 2001) und der EU-Richtlinie zur Erhebung von Autobahnbenutzungsgebühren für Lkw seit dem Ende der Neunziger Jahre zu verschiedenen europäischen Forschungsprojekte geführt. Auf nationaler Ebene erforderte die Einführung von entfernungsabhängigen Straßennutzungsgebühren für schwere Nutzfahrzeuge insbesondere in der Schweiz, Österreich und Deutschland neue nationale Wegekostenstudien. In Deutschland existieren mittlerweile drei verschiedene Wegekostenstudien, die auf unterschiedlichen methodischen und empirischen Grundlagen basieren und eine beträchtliche Bandbreite an quantitativen Ergebnissen aufweisen.

Der folgende Beitrag nimmt diese Situation zum Anlass, zunächst die quantitativen Ergebnisse der vorliegenden deutschen Wegekostenstudien (Link et al., 2009, Protrans und IWW, 2007 und Alfen et al., 2014) darzustellen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die für einen systematischen Vergleich erforderliche Analyse der verwendeten empirischen Basis nicht möglich ist. Von daher muss offen bleiben, in welchem Umfang die jeweilige empirische Basis einerseits und Unterschiede in der verwendeten Methodik andererseits für die unterschiedlichen Ergebnisse verantwortlich sind. Aufbauend auf dem quantitativen Vergleich der existierenden Wegekostenstudien analysiert der Beitrag für ausgewählte methodische Aspekte die in den Studien

---

*Anschrift der Verfasserin:*

Dr. Heike Link  
DIW Berlin  
Energie, Verkehr, Umwelt  
Mohrenstraße 58  
10117 Berlin  
hlink@diw.de

verwendeten methodischen Ansätze und ordnet diese in den Kontext der internationalen Forschung ein. Der Beitrag konzentriert sich dabei auf die Kapitalstockberechnung, die Kapitalverzinsung und die Kostenallokation.

## 2. Methodische und quantitative Einordnung der deutschen Wegekostenstudien

Dem folgenden Überblick und den anschließenden methodischen Kapiteln sei an dieser Stelle vorausgeschickt, dass es die „richtige“ Methodik für Wegerechnungen nicht gibt. Ob eine Berechnungsmethode sinnvoll und adäquat ist, kann vielmehr nur anhand des Erkenntnisziels bzw. den Vorgaben eines Regelwerkes wie beispielsweise der EU-Wegekostenrichtlinie bewertet werden.<sup>1</sup> Mit diesen Zielen korrespondiert die Wahl der verwendeten Rechengrößen und die Akzeptanz oder Nicht-Akzeptanz einer Betriebsfiktion bzw. Art der Betriebsfiktion, aus der sich die Bewertungsmaßstäbe für den Kapitalstock und die Verzinsung des Kapitals sowie die Strategien der Einnahmengenerierung (Steuern, Gebühren, Preise und Preisdifferenzierung) ergeben. Bei den verwendeten Rechengrößen finden sich in der Wegekostenliteratur die Begriffspaare Kosten versus Ausgaben und Vollkosten versus Grenzkosten<sup>2</sup>, die sich hinsichtlich der Verteilung der monetären Größen auf Rechnungsperioden sowie der Variabilität der Kosten unterscheiden. Alle drei Rechnungsgrößen (Ausgaben, Vollkosten, Grenzkosten) können sowohl als vergangenheitsbezogene Größen für ein gewähltes Basisjahr als auch als Plan-/Prognosegrößen erstellt werden, wobei für Letztere die Erstellung von Prognosepfaden zur Verkehrsentwicklung und zur Quantität und Qualität der Infrastruktur erforderlich ist.

Alle drei für Deutschland vorliegenden Studien sind Vollkostenrechnungen. Während sich Link et al. (2009) auf ein in der Vergangenheit liegendes Berichtsjahr bezieht, sind sowohl Protrans und IWW (2007) und Alfen et al. (2014) Plankostenrechnungen, in denen zunächst eine Ist-Analyse für ein Berichtsjahr durchgeführt und anschließend die für dieses Berichtsjahr (2007 bzw. 2013) ermittelten Wegekosten für eine fünfjährige Mautperiode (2008-2012 bzw. 2013-2017) prognostiziert werden. Die drei deutschen Wegekostenstudien unterscheiden sich außerdem im Hinblick auf die gewählte Betriebsfiktion. Sowohl Link et al. (2009) als auch Alfen et al. (2014) unterstellen die Betriebsfiktion einer öffentlichen Verwaltung und begründen dies damit, dass das Straßennetz in Deutschland vom Staat bereit gestellt, unterhalten und betrieben wird und auch in absehbarer Zeit keine substantielle Veränderung dieses Status zu erwarten ist. Hingegen gehen Protrans und

---

<sup>1</sup> Zu den am häufigsten verfolgten Zielen von Wegerechnungen gehören die Analyse der Kostendeckung und Eigenwirtschaftlichkeit bzw. Subventionierung von Verkehrswegen, die Analyse von intermodalen Wettbewerbsverzerrungen aufgrund unterschiedlicher Wegekostenanlastung bei den Verkehrsträgern, haushaltswirtschaftliche/fiskalpolitische Analysen (Deckung der Wegeausgaben durch Wegeabgaben) und, seit Einführung von entfernungsabhängigen Autobahngebühren, die Ermittlung von Preisen für die Infrastrukturmutzung ( Link et al., 2009).

<sup>2</sup> Eine Erläuterung und ausführliche Diskussion der Eignung dieser Größen für die jeweiligen Erkenntnisziele findet sich ebenfalls in Link et al. (2009).

IWW (2007) davon aus, dass die Bereitstellung, Unterhaltung und Betrieb des Straßennetzes in der betrachteten Mautperiode (2007-2012) unternehmerisch erfolgt und unterstellen ein öffentliches Unternehmen. Auf eine Erläuterung und Diskussion möglicher Betriebsfiktionen wird in diesem Aufsatz verzichtet; der interessierte Leser sei auf Link et al. (2009) und Prognos und IWW (2002) verwiesen.

Die in Tab. 1 zusammengestellten Ergebnisse der drei deutschen Wegekostenstudien sind aufgrund ihres unterschiedlichen Erstellungszeitraums und der unterschiedlichen Zielstellung nicht direkt vergleichbar. So beziehen sich die Werte aus Protrans und IWW (2007) auf das letzte Prognose-Jahr der Studie und basieren auf der Ist-Analyse des Basisjahres 2007. Die Werte aus Alfen et al. (2014) beziehen sich auf das Jahr 2013, für das als Basisjahr die entsprechenden Daten und Analysen durchgeführt worden. Die Werte aus Link et al. (2009) liegen zeitlich am weitesten zurück und beziehen sich auf das Basisjahr 2007.

Die aktuelle Wegekostenstudie Alfen et al. (2014) errechnet für die mautpflichtigen Fahrzeuge (Nutzfahrzeuge des Güterverkehrs über 12 t zulässigem Gesamtgewicht) bei den Autobahnen mit 0,12 € die niedrigsten Wegekosten je Fahrzeugkilometer, liegt bei den Bundesstraßen aber mit 0,27 € je Fahrzeugkilometer zwischen denen der beiden anderen Studien. Der Schwerverkehrsanteil liegt bei den Autobahnen mit 50% zwischen den beiden anderen Studien, bei den Bundesstraßen gibt es hingegen kaum Unterschiede zwischen den Studien, so dass die Wahl der Allokationsmethodik lediglich eine (Teil) Erklärung bietet. Eine weitere Ursache liegt in der Ermittlung der Kapitalkosten und führt damit zur Problematik der Kapitalstockermittlung und Kapitalverzinsung. So weisen Alfen et al. (2014) für die Autobahnen die niedrigsten Werte für Brutto- und Nettoanlagevermögen, bezogen auf den Netzkilometer, aus. Diese Relation gilt allerdings nicht für die Bundesstraßen. Hier liegen die Ergebnisse von Alfen et al. (2014) für Brutto- und Nettoanlagevermögen generell über denen aus Link et al. (2009), im Vergleich zu Protrans und IWW (2007) ergeben sich niedrigere Werte für das Nettoanlagevermögen und höhere Werte für das Bruttoanlagevermögen.

Abschließend sei angemerkt, dass die zum Teil beträchtliche Bandbreite der Ergebnisse auch durch Unterschiede in den verwendeten empirischen Grundlagen sowie durch reale Entwicklungen (z. B. Veränderungen in der Struktur der Fahrleistungen) bedingt sein können, die in diesem Beitrag nicht analysiert werden können. Dennoch deuten die in Tab. 1 dargestellten Größen auf den starken Einfluss unterschiedlicher methodischer Ansätze bei den einzelnen Schritten der Wegekostenrechnung hin, insbesondere bei der Ermittlung des Kapitalstocks, der Kapitalverzinsung und der Allokation der Wegekosten. Aus diesem Grunde sollen diese drei Schritte in den folgenden Abschnitten ausführlicher diskutiert werden.

**Tabelle 1: Ausgewählte Ergebnisse der deutschen Wegekostenstudien**

	Jahr	Prograns und IWW (2007)	Alfen et al. (2014)	Link et al. (2009)*	Prograns und IWW (2007)	Alfen et al. (2014)	Link et al. (2009)*
		2012	2013	2007	2012	2013	2007
		Bundesautobahnen			Bundesstraßen		
Bruttoanlagevermögen je Netz-km	Mill. €	14.17	13.11	10.84	5.32	5.06	2.44
Nettoanlagevermögen je Netz-km	Mill. €	9.23	8.41	7.74	2.86	3.23	1.72
Wegekosten je Netz-km	Mill. €	0.99	0.47	0.49	0.29	0.18	0.11
Wegekosten je Fz-km mautpflichtiger Fahrzeuge	€/Fz-km	0.18	0.12	0.13	0.32	0.27	0.21
Anteil mautpflichtiger Fahrzeuge an den Wegekosten	%	44	50	57	28	28	31
Anteil Kapitalkosten an Wegekosten	%	78	60	69	81	58	67
Anteil Zinskosten an Kapitalkosten	%	66	50	54	67	51	53
Quellen: Eigene Zusammenstellung und Berechnungen.							

### 3. Bewertung des Kapitalstocks und Ermittlung der Abschreibungen

Die Bereitstellung von Verkehrsinfrastruktur verursacht beim Staat Kapitalkosten in Form von Abschreibungen und Zinsen. Um diese Kosten zu quantifizieren, ist zunächst der Vermögensbestand zu ermitteln und in monetären Größen auszudrücken, um daraus die Abschreibungen abzuleiten und den nicht abgeschriebenen Bestand zu verzinsen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass aufgrund der staatlichen Bereitstellung keine Gewinnerzielung beabsichtigt ist und folglich das Prinzip der Erfolgsneutralität gilt: Damit muss der Barwert der Einzahlungen dem Barwert der Auszahlungen entsprechen, d.h. die Summe aus dem Barwert der Abschreibungen und dem Barwert der Zinsen auf das nicht abgeschriebene Kapital muss den Anschaffungskosten entsprechen (vergleiche hierzu Knieps et al., 2001).

Grundsätzlich existieren zwei Methoden zur Bestimmung des Anlagevermögens für die Verkehrsinfrastruktur: Die Methode der direkten Bestandsbewertung (synthetische Methode) und der makroökonomische Ansatz des Perpetual-Inventory Konzepts.

Bei der direkten Bestandsbewertung wird disaggregiert für jeden Netzabschnitt der physische Bestand (Länge und Anzahl der Fahrstreifen, Alter, Charakteristika des

Abschnittes wie Anzahl der Spuren, Existenz eines Randstreifens, Bauweise etc.) inventarisiert und anschließend mit geeigneten Einheitskostensätzen monetär bewertet. Dabei werden in den auf der direkten Bestandsbewertung basierenden Studien (Prograns und IWW, 2007, Alfen et al., 2014) folgende Vermögensaggregate unterschieden: Grundstücke<sup>4</sup>, Erdbau, Frostschutzschicht, Tragschicht, Binder-/Deckschicht, Ausstattung, Brücken, Tunnel, Knoten, Meistereien, Rastanlagen. Um dem Kriterium der Erfolgsneutralität zu genügen, wird die Tagesgebrauchtwertabschreibung  $a_t$  verwendet (vgl. Schweitzer und Küpper, 2011), die sich aus der Differenz der Tagesgebrauchtwerte zu Beginn und Ende einer Periode ergibt. Die Tagesgebrauchtwerte werden durch Multiplikation der Tagesneupreise  $A_t$  (d.h. der Wiederbeschaffungswerte, die über geeignete Einheitskostensätze ausgedrückt werden), mit dem Verhältnis aus Rest- und Gesamtnutzungsdauer  $T$  ermittelt. Unter Annahme eines linearen Verschleißes ergibt sich die Tagesgebrauchtwertabschreibung aus

$$a_t = A_{t-1} \frac{T-t+1}{T} - A_t \frac{T-t}{T}. \quad (1)$$

Prograns und IWW (2007) und Alfen et al. (2014) interpretieren die Tagesneupreise als Bruttoanlagevermögen (BV) und die Tagesgebrauchtwerte als Nettoanlagevermögen (NV), so dass sich nach entsprechendem Umstellen von Gleichung (1) folgende Beziehungen ergeben (vgl. Alfen et al., 2014):

<sup>4</sup> Die Ermittlung von Vermögenswerten für Grundstücke ist in der Wegekostenrechnung erforderlich, um die auf die Grundstücke entfallenden Zinskosten quantifizieren zu können. Das Grundvermögen wird jedoch nicht abgeschrieben.

$$NV_t = BV_t \frac{T-1}{T} \quad (2)$$

$$NV_{t-1} = BV_{t-1} \frac{T-t+1}{T} \quad (3)$$

Daraus folgt, dass bei der Tagesgebrauchwertabschreibung in jeder Periode  $1/T$  Anteile der Tagesneupreise abgeschrieben werden. Während Alfen et al. (2014) die oben skizzierte lineare Abschreibung verwenden, nutzen Prograns und IWW (2007) außerdem für einige Anlagenteile eine stochastische Abschreibung in Form einer Weibull-Verteilung, wobei allerdings die empirische und ökonomische Spezifikation nicht dokumentiert ist.

Das Brutto-Anlagevermögen des Bundesfernstraßennetzes ergibt sich bei der direkten Bestandsbewertung als Summe der Tagesneuwerte aller Netzabschnitte und entspricht dem Betrag, der im jeweiligen Rechnungsjahr für eine vergleichbare, auf neuestem Stand der Technik gebaute Neubaustrecke aufgewendet werden würde (Prognos und IWW, 2002, S. 43). Die den Wegennutzern angelasteten Abschreibungen beziehen sich folglich auf ein solches neuwertiges Netz. Im Ergebnis dieser Bewertung liegt das Anlagevermögen zwangsläufig am oberen Rand möglicher Bewertungen, da mit diesem Vorgehen auch Anlagenteile, die zwar noch existent, aber technisch und wirtschaftlich obsolet sind, mit Wiederbeschaffungspreisen bewertet werden, selbst wenn eine solche Wiederbeschaffung ökonomisch nicht sinnvoll ist.

Beim Perpetual-InVENTORY Konzept werden für homogene Klassen von Anlagegütern, ausgehend von einem Ausgangsbestand des Anlagevermögens (der z. B. im Rahmen einer direkten Bestandsbewertung ermittelt wurde), die jährlichen Investitionen als Vermögenszugänge kumuliert und mittels einer geeigneten Abgangs- und Abschreibungsrechnung die Vermögensabgänge  $A_t$  bzw. Abschreibungen  $D_t$  subtrahiert:

$$BV_{t+1} = BV_t + I_t - A_t \quad (4)$$

$$NV_{t+1} = NV_t + I_t - D_t \quad (5)$$

Für die Bestimmung der Vermögensabgänge wird eine stochastische Abgangsfunktion verwendet, die die Wahrscheinlichkeitsverteilung für das Ausscheiden einzelner Anlagen eines Investitionsaggregates innerhalb des Nutzungsdauerintervalls angibt. Als Funktionstyp verwenden Link et al. (2009) ein Polynom dritten Grades, das auch der jährlichen Anlagevermögensrechnung in "Verkehr in Zahlen" (BMVI, 2013) zugrunde liegt. Der unter Berücksichtigung der so ermittelten physischen Vermögensabgänge vorhandene Vermögensbestand (Bruttoanlagevermögen) wird linear abgeschrieben. Durch die Kombination der rechts-steilen Abgangsfunktion in Form eines Polynom dritten Grades und der linearen Abschreibungsrechnung ergibt sich ein degressiver Verlauf der kumulierten Abschreibungsbeträge. Die Bewertung der Investitionen und damit des Anlagevermögens erfolgt im Perpetual-Inventory-Konzept typischerweise zu konstanten Preisen eines Stichjahres, um Preisentwicklungen sektor- bzw. anlagenspezifisch zu

berücksichtigen. Das in Link et al. (2009) verwendete, mit der jährlichen Anlagevermögensrechnung aus BMVI (2013) korrespondierende Modell unterscheidet vier Vermögensaggregate: Erdbau, Kunstbauten (Brücken, Tunnel), Fahrbahnen und Ausrüstungen.

Der entscheidende Unterschied zwischen den beiden Verfahren liegt darin, dass die direkte Bestandsbewertung zunächst von physischen Größen ausgeht und diese mit Einheitskostensätzen bewertet, während das Perpetual-Inventory-Konzept von Anfang an mit monetären Größen arbeitet. Die direkte Bestandsbewertung scheint aufgrund des disaggregierten Vorgehens das präzisere Verfahren zu sein, wenn es gelingt, die korrekten Einheitskostensätze hinreichend differenziert für die verschiedenen Charakteristika der Netzabschnitte zu ermitteln. In dieser Voraussetzung liegt jedoch auch die Schwäche des Verfahrens begründet, da sich bereits geringfügige Fehler in den Einheitskostensätzen über die hohe Zahl der Netzabschnitte zu großen Differenzen im Vermögensbestand summieren können. Das Perpetual-Inventory-Modell hingegen erscheint zunächst als das gröbere Verfahren. Die entscheidenden Parameter und potentiellen Fehlerquellen liegen in der Güte der Investitionsdaten sowie in der korrekten Abbildung des Abgangs- und Abschreibungsgeschehens. Letzteres gilt allerdings auch für das Verfahren der direkten Bestandsbewertung. Der Vorteil des Perpetual-Inventory-Konzepts liegt im wesentlichen

geringeren Datenbedarf, der einfachen Fortschreibung von Vermögensbeständen, der Anwendbarkeit auf andere Verkehrsträger, und insbesondere in der Robustheit und geringeren Fehleranfälligkeit, da sich im aggregierten Ansatz Fehler ausgleichen können. Zudem ist es mit den Vermögenswerten der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung kompatibel. In nahezu allen europäischen Ländern volkswirtschaftliche Infrastrukturkostenrechnungen auf diesem Konzept basieren<sup>5</sup>.

Abbildung 1 vergleicht die in den deutschen Wegekostenstudien ermittelten Vermögenswerte für die Bundesfernstraßen, wobei für eine bessere Vergleichbarkeit anstelle der Vermögenswerte für 2007 aus Link et al. (2009) die ebenfalls auf dem Perpetual-Inventory-Konzept basierenden offiziellen Vermögenswerte für 2012 aus BMVI (2013) verwendet und auf die Preisbasis 2012 umbasiert wurden. Auch wenn die Basisjahre der Studien nicht unmittelbar vergleichbar sind (das Jahr 2013 in Alfen et al., 2014, das Jahr 2012 in Protrans und IWW, 2007 und das Jahr 2012 aus BMVI, 2013), lassen sich dennoch einige interessante Aussagen ableiten. Erwartungsgemäß liegen die Vermögenswerte aus der direkten Bestandsbewertung über denen des Perpetual-Inventory-Konzepts. Neben dem grundsätzlich anderen Vorgehen dürften die in den Einheitskostensätzen enthaltenen Planungskosten eine Ursache für die höheren Werte aus der direkten Bestandsbewertung sein. So folgen Link et al. (2009) und die Anlagevermögensrechnung in BMVI (2013) der VGR-Konvention und berücksichtigen

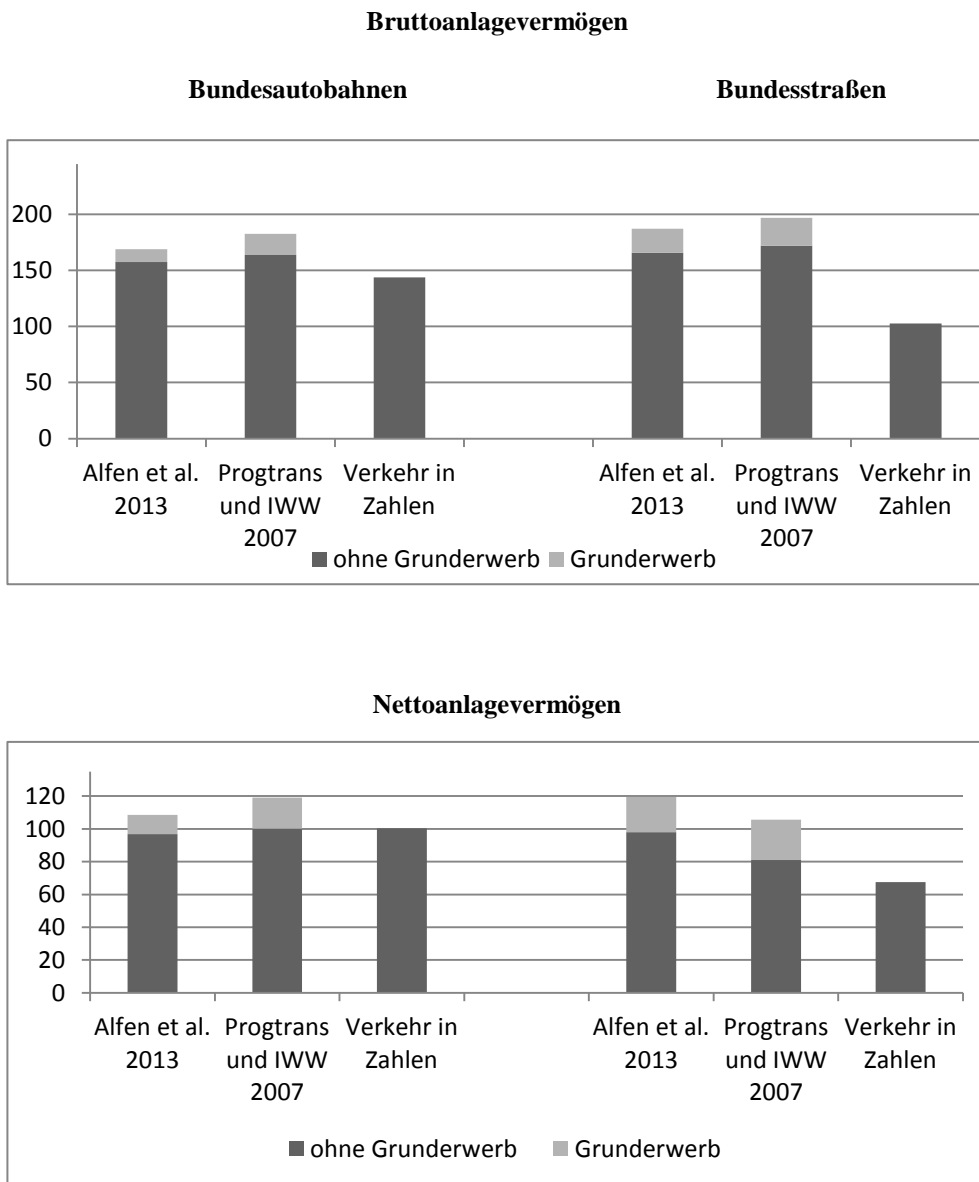
---

<sup>5</sup> Allerdings unterscheiden sich die Berechnungen hinsichtlich der Kompliziertheit der Abschreibungsfunktionen sowie hinsichtlich der Anzahl der betrachteten Vermögensaggregate. Eine methodische Ausnahme bildet die österreichische Wegekostenrechnung, die auf der direkten Bestandsbewertung basiert.



lediglich die vom Bund an die Länder gezahlte Planungskosten-Pauschale von 3 % der Investitionssumme. Im Vergleich dazu berücksichtigen Prograns und IWW (2007) pauschal 17 % Planungskosten, und Alfen et al. (2014) setzen jeweils 18 % bzw. 10% Planungskosten für Erst- bzw. Ersatzmaßnahmen an. Auffällig ist allerdings die starke Diskrepanz des mit dem Perpetual-Inventory-Konzepts ermittelten Vermögenswertes für die Bundesstraßen, der lediglich der Hälfte des im Rahmen der direkten Bestandsbewertung ermittelten Wertes entspricht.

Die im Rahmen der direkten Bestandsbewertung in Alfen et al. (2014) ermittelten Werte für das Bruttoanlagevermögen der Bundesautobahnen sind knapp 10 % niedriger als in Prograns und IWW (2007). Innerhalb der Vermögensaggregate besteht die größte Diskrepanz beim Grundstückswert, der in Prograns und IWW (2007) um ein Drittel höher als der Wert aus Alfen et al. (2014) ist. Bei den Bundesstraßen hingegen liegt der Wert des Bruttoanlagevermögens aus Alfen et al. (2007) lediglich um 5 % unter dem entsprechenden Wert aus Prograns und IWW (2007), der Wert des Nettoanlagevermögens jedoch um mehr als 10 % über dem Wert aus Prograns und IWW (2007).

**Abbildung 1: Anlagevermögen der Bundesfernstraßen in Mrd. Euro<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Die Angaben beziehen sich auf 2013 in Alfen et al. (2014), 2012 in Prograns und IWW(2007) sowie 2012 in BMVI (2013), letzteres umbasiert auf Preisbasis 2012.

## 4. Verzinsung des eingesetzten Kapitals

Mehr als die Hälfte der gesamten Kapitalkosten entfallen auf die Zinsen. Ihr Anteil schwankt zudem in den deutschen Wegekostenstudien in einer Bandbreite von 50 % bis 67 % (Tab. 1). Die Vorgehensweise zur Verzinsung des Kapitals ist deshalb einer der zentralen methodischen Punkte einer Wegekostenrechnung.

In der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur zur Verzinsung öffentlicher Investitionen existieren zwei grundsätzliche Herangehensweisen. Zum einen die Quantifizierung der sozialen Opportunitätskostenrate  $r$ , und zum anderen das Konzept der sozialen Zeitpräferenzrate  $s$ . Beide Ansätze leiten sich aus volkswirtschaftlichen Erklärungsmodellen her, die die Entscheidung der Wirtschaftsakteure zwischen Konsumieren und Investieren intertemporal abbilden. Die soziale Opportunitätskostenrate ergibt sich aus der Investitionsseite des Modells und drückt aus, welche Rate of Return erzielt werden könnte, würde „heute“ auf eine Einheit Konsum verzichtet werden. Die soziale Zeitpräferenzrate hingegen spiegelt die Konsumseite des Modells wider und ist die Rate, mit der die Konsumenten den heutigen Konsum gegen den zukünftigen Konsum abwägen. Beide Größen sind quantitativ nur im Optimum der Volkswirtschaft identisch, wenn die Allokation der Konsummenge optimal zwischen „heute“ und „morgen“ erfolgt (für eine ausführlichere Darstellung vgl. Pearce und Nash, 1981). In der Realität ist jedoch typischerweise die Allokation zwischen heutigem und zukünftigem Konsum und damit zwischen Konsum und Investition aufgrund der Existenz von Steuern, externen Effekten, unvollständiger Information, Risikoprämien bei privaten Investitionen etc. nicht optimal (vgl. Baumol, 1969), so dass die Annahme  $r = s$  nicht erfüllt ist. Damit stellt sich das Problem, mit welcher Größe bei der Verzinsung öffentlicher Investitionen gearbeitet werden sollte - ein Problem nicht nur in Wegekostenrechnungen, sondern insbesondere auch in Kosten-Nutzen-Analysen. Im folgenden werden die methodischen und empirischen Grundlagen beider Ansätze diskutiert.

### 4.1 Opportunitätskostenansatz

Der Opportunitätskostenansatz geht davon aus, dass bei konstantem öffentlichen Konsum die Generierung von Ressourcen für die Realisierung eines öffentlichen Projektes den privaten Konsum und/oder private Investitionen verdrängen. Die Ableitung eines Zinssatzes zur Diskontierung öffentlicher Investitionen mittels des Opportunitätskostenansatzes ist daher von Art und Verhältnis der angenommenen Verdrängung (private Konsum oder private Investitionen) abhängig. Neben der Annahme zur Art der Verdrängung basiert der Opportunitätskostenansatz auf der Annahme idealer Märkte mit vollkommener Konkurrenz, in denen keine externen Effekte oder Unsicherheit vorliegen und keinerlei verzerrende Steuern und Abgaben erhoben werden.

Unter der Annahme, dass eine öffentliche Investition den privaten Konsum verdrängt, würden die Opportunitätskosten eines öffentlichen Projektes dem Wert des verdrängten

Sparens entsprechen. Dabei würde man den Zins zugrunde legen, den die privaten Haushalte für ihre Ersparnisse erhalten, vorzugsweise den Zinssatz von risikolosen Wertpapieren wie beispielsweise festverzinsliche Wertpapiere des Bundes. Und der Annahme, dass eine öffentliche Investition ein privates Investitionsprojekt verdrängt, würden die Opportunitätskosten des öffentlichen Projektes dem Wert der marginalen privaten Investitionen entsprechen. Für die Verzinsung eines öffentlichen Projektes müsste in diesem Fall die risikofreie Markttrendite der marginalen privaten Investition herangezogen werden, die allerdings nicht aus Aktienmarktrenditen abgeleitet werden sollte.<sup>6</sup>

Theoretisch würde sich unter den restriktiven Annahmen der Wohlfahrtsökonomie aus der Quantifizierung der verdrängten privaten Investitionen und des verdrängten privaten Sparens der gleiche Zinssatz ergeben. Aufgrund staatlicher Eingriffe (Erhebung von Steuern sowohl auf individueller als auch auf Unternehmensebene) existiert jedoch eine Differenz zwischen den Diskontierungssätzen. Beckers et al. (2009) schlagen deshalb vor, für die Ermittlung des Diskontierungssatzes von einer gemischten Verdrängung auszugehen und eine gewichtete Summe der beiden Diskontierungsraten zu verwenden. Unter der Annahme fehlender Investitionsrisiken und Unsicherheit leiten Beckers et al. (2009) aus der Gleichung

$$i(1 - t_s) = r(1 - t_u)i(1 - t_d) \quad (6)$$

unter Verwendung eines Gewichtungsfaktors  $\lambda$  für den verdrängten Konsum den gesuchten Diskontierungssatz wie folgt her

$$d = \left( \frac{\lambda(1-t_u)(1-t_d)+1-\lambda}{(1-t_u)(1-t_d)} \right) i(1 - t_s), \quad (7)$$

wobei  $i$  der Zins für risikolose Anlagen und  $r$  die Rendite der marginalen Privatinvestition sind, und  $t_s$ ,  $t_d$  und  $t_u$  für die Besteuerung des Zinseinkommens, der Dividenden und des Unternehmensgewinns stehen.

#### 4.2 Quantifizierung der sozialen Zeitpräferenzrate

Das Konzept der sozialen Zeitpräferenzrate basiert auf einer utilitaristischen sozialen Wohlfahrtsfunktion und bildet die gesellschaftlichen Präferenzen mittels der Substitutionsrate zwischen heutigen und zukünftigen Konsum ab. Unter den Annahmen einer streng konkaven und iso-elastischen<sup>7</sup> Nutzenfunktion, einer konstanten

<sup>6</sup> Aktienrenditen spiegeln nicht die marginalen, sondern die durchschnittlichen Investitionserträge wider. Zudem führt die Informationsasymmetrie zwischen Investoren und Managements börsennotierter Unternehmen zu beträchtlichen Transaktionskosten und zu Risikoprämien. Darüber hinaus können Aktienmarktrenditen aufgrund von möglichen oligopolistischen Marktstrukturen einen Gewinnaufschlag enthalten, dem keine Opportunitätskosten gegenüberstehen (vergleiche hierzu ausführlicher Beckers et al., 2009).

<sup>7</sup> Bei einer iso-elastischen Nutzenfunktion variiert die Elastizität des Grenznutzens nicht mit dem Konsumniveau.

Wachstumsrate des Konsums und der kardinalen Messbarkeit des Nutzens ist die soziale Zeitpräferenzrate definiert durch die so genannte Ramsey-Formel (Ramsey, 1928) als

$$s = p + \mu g \quad (8)$$

wobei  $p$  die „pure“ Zeitpräferenzrate,  $\mu$  die Elastizität des Grenznutzens des Einkommens (bzw. des Konsums) und  $g$  das Pro-Kopf Wachstum des Konsums darstellen. Für die Bestimmung eines Wertes für die soziale Zeitpräferenzrate ist die Quantifizierung der in Gleichung (3) enthaltenen Parameter  $p$ ,  $\mu$  und  $g$  erforderlich.

#### 4.2.1 Quantifizierung der reinen Zeitpräferenzrate

Die Quantifizierung der reinen Zeitpräferenzrate  $p$  kann entweder empirisch aus Sterbetafeln oder über normative Setzungen erfolgen. Die Schätzung aus Sterbetafeln basiert auf der Annahme, dass die Individuen die nächste Zeitperiode mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit nicht erleben werden und deshalb eine bestimmte Menge Konsum heute derselben Menge an Konsum in einem Jahr vorziehen. Damit kann die jährliche Sterblichkeitsrate als Approximation der reinen Zeitpräferenzrate dienen. Hierbei stellen sich allerdings zahlreiche praktische und ethische Fragen. So wird beispielsweise diskutiert, ob mit diesem Vorgehen ein zu niedriger Wert ermittelt wird, da das aus Sterbetafeln abgeleitete Todesrisiko andere Risiken wie Naturkatastrophen, Kriege oder Seuchen nicht enthält. Ebenso ist an der Ableitung der Zeitpräferenzrate aus Sterbetafeln zu kritisieren, dass altruistisches Verhalten (z. B. die Sorge der Individuen für ihre Nachkommen und für nahe stehende Personen, aber auch für die Gesellschaft insgesamt) nicht berücksichtigt wird.

Die normative Festsetzung eines Wertes für die reine Zeitpräferenzrate erfordert ein Werturteil über die angemessene Gewichtung des Wohlergehens der verschiedenen Generationen und stellt eine schwierige ethische Frage dar. Der Wissenschaftler Frank Ramsey, auf den die so genannte Ramsey-Gleichung zurückgeht, argumentierte seinerzeit, dass alle Generationen identisch gewichtet werden sollten. Eine Begründung für die geringere Gewichtung des Nutzens künftiger Generationen ist die Unsicherheit hinsichtlich ihrer weiteren Existenz (Untergangsrisiko). Im Rahmen der klimapolitischen Debatte wurde deshalb im so genannten Stern-Bericht (Stern, 2006) ein Wert von 0,1 für die jährliche reine Zeitpräferenz gewählt und damit implizit angenommen, dass die Menschheit innerhalb der nächsten 100 Jahre mit einer Wahrscheinlichkeit von 10% nicht mehr existieren wird.

#### 4.2.2 Quantifizierung der zukünftigen Wachstumsrate des Konsums

Zur Quantifizierung des Parameters  $g$  ist eine Prognose der langfristigen Wachstumsrate des realen Pro-Kopf-Konsums erforderlich, die aus historischen Daten über die durchschnittliche reale Konsumententwicklung aus den volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) abgeleitet werden kann. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen,

dass das Konsumwachstum in der Ramsey-Gleichung auch Veränderungen in der Freizeit sowie bei öffentlichen Gütern wie der Umweltqualität und der persönlichen Sicherheit beinhaltet und somit der Konsum in einem breiteren Sinne als in der VGR berücksichtigt werden müsste. Anzumerken ist außerdem, dass Forschungsinstitute zwar regelmäßig kurzfristige Wachstumsprognosen erstellen, zur Langfristprognose der Wachstumsrate des Konsums jedoch verlässliche Instrumente fehlen.

#### 4.2.3 Elastizität des Grenznutzens des Konsums

Der am schwierigsten zu bestimmende Parameter der sozialen Zeitpräferenzrate ist die Elastizität des Grenznutzens des Konsums  $\mu$ . Zu den möglichen Ansätzen gehören (1) der Steuerprogressionsansatz, (2) der Ansatz der intertemporalen Konsumententscheidungen, und (3) der Lebenszufriedenheitsansatz.

##### **Steuerprogressionsansatz**

Der Steuerprogressionsansatz basiert auf der Überlegung, dass in demokratisch verfassten Staaten mit freien Wahlen das Einkommenssteuersystem die gesellschaftlichen Präferenzen hinsichtlich der Steuerbelastung und -gerechtigkeit widerspiegelt. So beruht das Einkommenssteuersystem in den meisten modernen Staaten auf dem Leistungsfähigkeitsprinzip, d.h. die zu zahlende Steuer soll für jedes Einkommen zum gleichen Nutzenverlust führen (sogenannter „equal sacrifice“-Ansatz). Das Prinzip des equal sacrifice impliziert, dass für jedes Einkommen  $Y$  die Gleichung

$$U(Y) - U(Y - T(Y)) = k \quad (9)$$

gilt, wobei  $U$  der Nutzen,  $T$  die Einkommenssteuerfunktion und  $k$  eine Konstante sind. Unter der Annahme einer iso-elastischen Nutzenfunktion  $U(Y) = (Y^{1-\mu} - 1)/(1 - \mu)$  ist die Elastizität des Grenznutzens des Konsums konstant und kann anhand des durchschnittlichen und des marginalen Steuersatzes für ein beliebiges Einkommen über die Gleichung

$$\mu = \frac{\ln\left(1 - \frac{\partial T(Y)}{\partial Y}\right)}{\ln\left(1 - \frac{\partial T(Y)}{Y}\right)} \quad (10)$$

bestimmt werden. Dies kann zum einen direkt durch das Einsetzen eines bestimmten Einkommensniveaus (meist des Durchschnittseinkommens) und der zugehörigen Steuersätze erfolgen, zum anderen kann aus Gleichung (10) eine lineare Regressionsgleichung abgeleitet und mittels der verschiedenen Steuersätze für verschiedene Einkommensniveaus geschätzt werden. Unterschiede in den vorliegenden Schätzungen ergeben sich aus der Berücksichtigung von Sozialversicherungsabgaben, der Bereinigung um Steuerfreibeträge und aus der Gewichtung der Schätzungen mit der Anzahl der

Steuerpflichtigen in der jeweiligen Steuerkategorie. Die meisten Studien nutzen als Datenbasis die Steuersätze nur eines Beobachtungsjahres. Eine Ausnahme ist Groom und Maddison (2013), die für den Regressionsansatz einen Beobachtungszeitraum von zehn Jahren und für den direkten Ansatz einen Zeitraum von fast 60 Jahren verwenden. Sie argumentieren, dass für die Analyse eines längeren Zeitraums zum einen die Veränderungen des Einkommenssteuersystems im Zeitverlauf sprechen, und zum anderen insbesondere für öffentliche Investitionen mit langer Lebensdauer ein langfristiger Ansatz zur Steuergerechtigkeit eher adäquat ist.

Die in Tabelle 2 zusammengefassten Studien des Steuerprogressionsansatzes zeigen eine relativ geringe Bandbreite für den gesuchten Parameter  $\mu$ , der zwischen 1,3 und 1,7 liegt. Interessant ist außerdem, dass Groom und Maddison (2013) einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Schätzungen für den gesuchten Parameter  $\mu$  bei einer Abweichung von  $\pm 20\%$  des Durchschnittseinkommens nachweisen und damit die dem Ansatz zu Grunde liegende Annahme der Unabhängigkeit der Elastizität des Grenznutzens des Konsums vom Einkommensniveau (iso-elastische Nutzenfunktion) in Frage stellen.

**Tabelle 2: Studien zur Elastizität des Grenznutzens des Konsums**

Studie	Land	Zeitraum	Ergebnis
<i>Steuerprogressionsansatz</i>			
Evans und Sezer (2004)	Australien	2001/02	1.72
	Frankreich		1.28
	Deutschland		1.42
	Japan		1.37
	UK		1.47
	USA		1.43
Cowell und Gardiner (1999)	UK	1998/9	1.43
		1999/0	1.41
Rapp Trans (2005)	Schweiz	2003	1.45
Evans (2008)	UK	2002/03	1.58*
Groom und Maddison (2013)	UK	1948-2010	1.57
<i>Ansatz intertemporaler Konsumententscheidungen</i>			
Kula (1987)	UK	1954-1976	0.70
	USA	1954-1976	1.89
	Kanada	1954-1976	1.56
Scott (1989)	UK	1951-1973	1.50
Selvanathan und Selvanathan (1993)	UK	1965-1981	2.58
	USA		2.53
	Kanada		1.80
	Schweiz		1.80
	Deutschland		1.62
	Frankreich		1.89
	Niederlande		1.21
Patterson und Pesaran (1992)	UK	1955-1989 (Quartalsdaten)	2,56
Blundell et al. (1994)	UK	1970 – 1986	0,90
Van Dahlen (1995)	UK	1830 – 1990	2,28
Berloffa (1997)	UK	1970 – 1986	2,76
Evans und Sezer (2002)	UK	1967-1997	1.64
Rapp Trans (2005)	Schweiz	1983-2003	1.50
Evans (2004)	UK	1965-2001	1.60
Groom und Maddison (2013)	UK	1975-2011 (Quartalsdaten)	1.52 – 1.57
		1964 - 2010 (Jahresdaten)	1.10 – 1.55
*Ungewichteter Wert, ohne National Insurance Contributions. Der Wert für einen Single-Vollzeitschäftigen mit durchschnittlichem Einkommen liegt lt. Evans (2008) bei 1.06. Quelle: Eigene Zusammenstellung.			

***Ansatz der intertemporalen Konsumententscheidungen***

Während der Steuerprogressionsansatz das Ziel verfolgt, gesellschaftliche Präferenzen und Entscheidungen über das Steuersystem zu quantifizieren, basiert der Ansatz der intertemporalen Konsumententscheidungen auf Beobachtungen zum Sparverhalten privater Haushalte. Im Rahmen eines Lebenszyklusmodells wird angenommen, dass ein



privater Haushalt seinen Nutzen aus Konsumieren und Sparen unter Berücksichtigung des Zinssatzes für private Spareinlagen über mehrere Perioden maximiert.

Die meisten Studien zu intertemporalen Konsumentscheidungen leiten den gesuchten Parameter  $\mu$  aus der so genannten Euler-Gleichung ab. Ausgangspunkt ist dabei die Annahme einer additiv-separablen intertemporalen Wohlfahrtsfunktion, die unter der Nebenbedingung einer intertemporalen Einkommensrestriktion maximiert wird und zu folgender ökonomischen Spezifikation führt:

$$\Delta \ln(C_t) = a + br_t + v_t \quad (11)$$

In Gleichung (11) repräsentieren  $a$  die intertemporale Substitutionselastizität (die der Inverse der gesuchten Elastizität des Grenznutzens des Konsums  $\mu$  entspricht),  $r$  den Zinssatz für Spareinlagen,  $C$  den Konsum und  $v$  den Stör-Term.

Die verfügbaren Schätzungen basieren entweder auf aggregierten Makrodaten zu Einkommen und Konsum aus der VGR oder auf Mikrodaten auf Haushaltsebene aus Zensus- oder Panel-Befragungen; die methodische Basis bilden Kointegrationsmodelle sowie Modelle mit Instrumentenvariablen. Die Unterschiede der aus den Euler-Gleichungen resultierenden Schätzungen für den Parameter  $\mu$  resultieren aus der Definition der Konsumvariable, die sich hinsichtlich der Berücksichtigung dauerhafter Güter, demographischer Veränderungen und sich im Zeitverlauf ändernder Konsumbedürfnisse der Haushalte unterscheiden. So berücksichtigen einige Studien neben den Konsumausgaben im engeren Sinne auch Freizeitausgaben, längerlebige Güter (semi-durable goods, z. B. in Groom und Maddison, 2013) oder neben dem privaten auch den öffentlichen Konsum (siehe hierzu z.B. Van Dahlen, 1995). Die als Referenzstudie geltende Arbeit von Blundell et al. (1994) zeigt, dass Analysen, die nur eine aggregierte Konsumvariable enthalten und demographische Variablen ignorieren, zu verzerrten Ergebnissen führen. Dementsprechend beziehen spätere Studien (beispielsweise Attanasio und Browning, 1995; Berloff, 1997) Haushaltscharakteristika und demographische Faktoren explizit in die Schätzung ein.

Groom und Maddison (2013) zeigen innerhalb eines Überblicks über Studien zur Euler-Gleichung für Großbritannien, dass die Verwendung von Mikro-Daten zu höheren Schätzungsergebnissen für die intertemporale Substitutionselastizität führen als die Nutzung von Makrodaten, wenngleich die Differenz nicht statistisch signifikant ist. Außerdem zeigen mit Ausnahme von Patterson und Pesaran (1992) alle Studien, dass die Euler-Gleichung strukturell instabil ist. Interessant ist außerdem das Ergebnis von Blundell et al. (1994), dass die Elastizität des Grenznutzens des Konsums nicht konstant ist, ein Ergebnis, das mit den aus dem Steuerprogressionsansatz resultierenden Schätzungen in Groom und Maddison (2013) korrespondiert.

Ein weiterer Ansatz, der ebenfalls auf der Annahme der additiven Separabilität der Nutzenfunktion beruht, ist die so genannte Frisch-Formel (Frisch, 1959)

$$\mu = \frac{K_i(1 - w_i)K_i}{\varepsilon_{ii}} \quad (12)$$

in der  $K_i$  die Einkommenselastizität und  $\varepsilon_{ii}$  die kompensierte Eigenelastizität der Nachfrage nach Gut  $i$  sowie  $w_i$  den entsprechenden Anteil der Ausgaben für Gut  $i$  am Einkommen des Haushalts repräsentieren. Die Frisch-Formel wird unter der Annahme, dass diese Gütergruppen additiv separabel sind, auf die Ausgaben der Haushalte für Nahrungsmittel und die restlichen Ausgaben angewendet. Es ist allerdings anzumerken, dass es für diese Annahme so gut wie keinen empirischen oder ökonometrischen Beleg gibt.

Die vorliegenden Studien zur Schätzung der Elastizität des Grenznutzens des Konsums mittels des Ansatzes der intertemporalen Konsumententscheidungen weisen im Vergleich zum Steuerprogressionsansatz eine höhere Bandbreite der Schätzergebnisse auf (Tab. 2).

#### ***Lebenszufriedenheitsansatz.***

Eine dritte Methode zur Ermittlung der Elastizität des Grenznutzens des Konsums basiert auf Befragungen von Individuen oder Haushalten zur subjektiven Lebenszufriedenheit. Mit diesem aus der sogenannten Happiness-Forschung stammenden Ansatz wird angenommen, dass die Lebenszufriedenheit mit dem Nutzen des Konsums korrespondiert und dass die Befragungsteilnehmer in der Lage sind, ihren Nutzen bzw. ihre subjektive Lebenszufriedenheit  $H_i$  auf einer diskreten Skala anzugeben:

$$H_i = g(U_i) \quad (13)$$

Dabei beschreibt die Funktion  $g$  die Transformation des Nutzens  $U_i$  von Individuum  $i$  in die angegebene Lebenszufriedenheit  $H_i$ . Unter der Annahme einer ordinalen Beziehung zwischen  $H$  und  $U$  kann für die Schätzung ein ordinales Regressionsmodell angewendet und der gesuchte Schätzwert für die Elastizität des Grenznutzens des Konsums abgeleitet werden. Layard et al. (2008) ist bislang die einzige Studie, die diesen Ansatz auf sechs internationale Haushaltsbefragungen zu Lebenszufriedenheit anwendet. Die Schätzergebnisse für die gesuchte Elastizität liegen für alle sechs Haushaltsbefragungen relativ nahe beieinander, sie variiert jedoch zwischen verschiedenen Untergruppen der Bevölkerung (Geschlecht, Alter, Bildungsstand oder Familienstand). Layard et al. (2008) schätzen, basierend auf Daten des sozio-ökonomischen Panel (SOEP) für Deutschland in Abhängigkeit vom verwendeten Modelltyp einen Wert für  $\mu$  von 1,15 bzw. 1,26.

#### 4.2.4 Diskontierungssätze für Deutschland

Für Deutschland sind zur Ableitung des Diskontierungssatzes kaum originäre ökonometrische Studien verfügbar (Tabelle 3). Lediglich drei Studien (Evans und Sezer, 2004; Selvanathan und Selvanathan, 1993 und Layard et al., 2008) schätzen für deutsche Daten jeweils mit dem Steuerprogressionsansatz, dem Ansatz der intertemporalen Konsumententscheidungen und dem Lebenszufriedenheitsansatz Werte für die Elastizität das

Grenznutzens des Konsums, wobei die Schätzwerte von 1,26-1,62 reichen. Kotz et al. (1987) leiten unter der Annahme einer optimalen Allokation zwischen Investitionen und Konsum mittels eines intertemporalen Modells für  $r = s$  eine Größenordnung von 2 % bis 3 % ab. Der obere Schätzwert von 3 % aus Kotz et al. (1987) war bislang der maßgebliche Zinssatz für die Bewertungsmethodik der BVWP. Beckers et al. (2009) ermitteln durch Einsetzen plausibler Werte für die relevanten Parameter (Steuersätze, Wachstumsrate des Konsums, Elastizität des Grenznutzens des Konsums etc.) mit dem Opportunitätskostenansatz einen Wert von 2 % und mit dem Ansatz der sozialen Zeitpräferenzrate einen Wert von 1,97 %. Link et al. (2009) folgen der Konvention der deutschen Wegekosten-Enquete und legen, basierend auf dem Opportunitätskostenansatz einen realen Zinssatz von 2,5 % zugrunde. Dieser wurde aus dem langjährigen Durchschnitt der Renditen für Anleihen der öffentlichen Hand, vermindert um die durchschnittliche jährliche Preissteigerungsrate für Verkehrswegeinvestitionen, errechnet. Die Wegekostenstudie von Alfen et al. (2014) präferiert ebenfalls den Opportunitätskostenansatz und leitet aus einer Prognose der durchschnittlichen Umlaufrendite von Bundesanleihen mittlerer Laufzeit einen realen Zinssatz von 1,1 % ab.

**Tabelle 3: Diskontierungssätze für Deutschland**

Studie	Methode	Daten und Annahmen	Ergebnis
Evans und Sezer (2004)	Steuerprogression	OECD-Daten	$\mu = 1,4$
Selvanathan und Selvanathan (1993)	Intertemporale Konsumentscheidungen	OECD-Daten	$\mu = 1,62$
Layard et al. (2008)	Lebenszufriedenheitsansatz	SOEP-Daten	$\mu = 1,26$ (0,9 - 1,63)
Kotz et al. (1987)	Intertemporale Wohlfahrtsfunktion	Optimale Allokation zwischen Konsum und Investitionen	$2,0 < r < 3,0$ $r = p = 3,0$
Prograns und IWW (2007)	Opportunitätskostenansatz	Keine Angabe	$r = 5,5$ (nominal)
Beckers et al. (2009)	Opportunitätskostenansatz Einsetzen plausibler Werte	$t_s, t_d = 0;$ $0,25 < t_u < 0,35$ $1,3 < i < 3,5 ;$ $0,6 < \lambda < 0,8$	$1,4 < r < 3,0$ $r = 2,0$
Beckers et al. (2009)	Soziale Zeitpräferenzrate Einsetzen plausibler Werte	$1,0 < g < 2,0 ;$ $1,0 < \eta < 1,5$ $\delta = 0,1$	$1,1 < p < 3,1$ $p = 1,97$
Link et al. (2009)	Opportunitätskostenansatz	langjähriger historischer Durchschnitt der Renditen für Anleihen der öffentlichen Hand	$r = 2,5$
Alfen et al. (2014)	Opportunitätskostenansatz	Prognose der durchschnittlichen Umlaufrendite von Bundesanleihen mittlerer Laufzeit	$r = 1,1$
Quelle: Eigene Zusammenstellung.			

Grundsätzlich stellt sich insbesondere bei Nutzung des Opportunitätskostenansatzes die Frage, inwieweit der Altersaufbau der Verkehrsinfrastruktur bei der Bestimmung des

Zinssatzes zu berücksichtigen wäre<sup>8</sup>. So stammen z.B. rund 40% des Anlagevermögens der Bundesfernstraßen aus Investitionsentscheidungen, die vor 1982 getroffen wurden (vgl. BMVI, 2013), d.h. die zugehörigen Opportunitätskosten sind vor 30 Jahren angefallen. Ein adäquates Vorgehen wäre deshalb die Ableitung eines gewichteten Diskontierungssatz aus den zu den damaligen Investitionszeitpunkten geltenden Zinssätzen. Ein solches Vorgehen nutzt jedoch bislang keine der deutschen Wegekostenstudien.

## 5. Kostenallokation

Die Verkehrswege erfüllen sowohl verkehrliche als auch verkehrsfremde Funktionen und werden von verschiedenen Nutzergruppen mit unterschiedlichen Ansprüchen an die Wegequalität, mit unterschiedlich starker Nutzung und kostenwirksamen Verschleiß in Anspruch genommen. Die Zuordnung der Wegekosten zu den Nutzerkategorien ist aufgrund des hohen Fixkostenanteils, der Abhängigkeit des Verhältnisses zwischen fixen und variablen Kosten von der Länge der betrachteten Zeitperiode, sowie des hohen Gemeinkostenanteils sowohl bei den fixen als auch den variablen Kosten kompliziert. Deshalb stellt die Wahl geeigneter Kostenallokationsverfahren für Wegekostenrechnungen ein besonderes methodisches Problem mit beträchtlichen quantitativen Auswirkungen dar. So zeigen die in Link et al. (1999) durchgeführten Sensitivitätsanalysen, dass die verschiedenen international gebräuchlichen Allokationsverfahren zu großen Streuungen in den Anteilen einzelner Fahrzeugkategorien an den Gesamtkosten führen. Der verwendete Kostenschlüssel kann daher als einer der sensibelsten Parameter einer Wegekostenrechnung bezeichnet werden.

### 5.1 Konzepte zur Allokation von Wegekosten

Grundsätzlich lassen sich folgende Möglichkeiten der Kostenallokation unterscheiden, die auch in Mischformen angewendet werden:

#### ***Unterscheidung zwischen fixen und variablen Kosten.***

In der Wegekostenliteratur finden sich häufig die Begriffspaare Kapazitätskosten-Grenzkosten der Benutzung auf der einen Seite, und fixe und variable Kosten auf der anderen Seite. Sie sind dann identisch, wenn ein linearer Kostenverlauf vorliegt und die variablen Kosten den Grenzkosten entsprechen. Die Unterscheidung zwischen variablen und fixen Kosten basiert zumeist auf Expertenschätzungen, die für mehr oder weniger differenzierte Kosten- und Bauwerksarten vorgenommen werden. Die Unterscheidung zwischen Grenzkosten und Kapazitätskosten basiert auf Regressionsanalysen bzw. ökonomischen Kostenfunktionsstudien.

---

<sup>8</sup> Auch bei der Quantifizierung der Parameter der sozialen Zeitpräferenzrate stellt sich die Frage nach dem adäquaten Beobachtungszeitraum (vergleiche hierzu die Diskussion in Groom und Maddison, 2013).

### ***Incremental Cost Approach***

Der Begriff der incremental costs stammt aus der Regulierungspraxis und hat seine theoretische Fundierung in den Arbeiten von Faulhaber und Baumol/Willig (z.B. Faulhaber 1975, Baumol and Willig, 1982)<sup>9</sup>.

Das Gesamtkonzept ist aufgrund der anderen Motivation nicht direkt auf eine Wegekostenrechnung übertragbar, die Idee fand aber Eingang in die Arbeiten zum Konzept der "minimalen" Straße in der Schweiz. Hierbei werden zunächst die Kosten für den Bau einer Straße ausschließlich für Pkw berechnet und anschließend analysiert, welche gewichts-, dimensions- und kapazitätsbedingten Mehrkosten für größere und schwerere Fahrzeuge entstehen würden. Bei der in den USA verwendeten, stärker differenzierten Incremental-Costs-Methode werden die Kosten einer bestimmten Straße in einzelne Differenzbeträge (increments) zerlegt, die jeweils beim Übergang von den technischen Anforderungen einer Fahrzeugkategorie zu der nächst schwereren entstehen (FHCA, 1982).

Die Bestimmung der incremental costs ist ein Unterfangen, dessen empirische Kompliziertheit für die nur geringe Verbreitung ursächlich sein dürfte. Scazziga (1984) und INFRAS et al. (2013) werten hierzu für ausgewählte Strecken Projektabrechnungen aus, um die gewichtsbedingte Kostendifferenz zwischen aktuellen Straßenprojekten und fiktiven Projekten nur für Pkw zu bestimmen. Letztendlich kommt auch das Incremental-Costs-Verfahren nicht ohne Experteneinschätzungen aus, da die Kostendifferenz zwischen tatsächlichem und fiktivem Straßenprojekt mittels ingenieurwissenschaftlichen Know-Hows bestimmt werden muss. Problematisch ist zudem die fehlende statistische Repräsentativität und Verallgemeinerungsfähigkeit der Ergebnisse (vgl. hierzu auch TRL et al., 1996).

### ***Unterscheidung zwischen gewichtsabhängigen und nicht-gewichtsabhängigen Kosten.***

Bei dieser Unterscheidung wird zunächst ein Schwerverkehrsanteil bestimmt, der in den meisten Fällen auf Expertenschätzungen basiert, oder - wie in der Schweiz - dem Konzept der minimalen Straße folgend einen Incremental Cost Approach verwendet. Es ist zu berücksichtigen, dass sowohl die gewichtsabhängigen als auch die gewichtsunabhängigen Kosten jeweils sowohl fixe als auch variable Kosten enthalten können.

---

<sup>9</sup> In diesen Arbeiten wurden die incremental costs als untere und die stand-alone-costs als obere Grenze des wohlfahrtsoptimalen Preises festgelegt, den A an B zu zahlen hat, ohne dass es zur Quersubventionierung von A zu B oder umgekehrt kommt. Sowohl die stand alone costs als auch die incremental costs enthalten zudem einen marktüblichen Gewinn.

### *Spieltheoretische Ansätze*

Diese Ansätze lösen sich in gewisser Weise vom Prinzip der Kostenverursachung und berücksichtigen Fairness- und Gerechtigkeitsaspekte bei der Allokation von Ressourcen. Sie quantifizieren eine Verhandlungslösung der beteiligten Akteure (Fahrzeugarten) bei kooperativem Verhalten. Derartige Lösungen sind beispielsweise der Shapley-Wert oder der Mertens-Wert (vgl. hierzu Shapley, 1953 und Mertens, 1988). Spieltheoretische Lösungen werden in Wegekostenrechnungen selten angewendet, da der empirische und mathematische Aufwand für eine empirisch solide und theoretisch adäquate Umsetzung sehr hoch ist. Starke Vereinfachungen des Konzepts führen zum Incremental-Costs-Ansatz.

#### 5.2 Überblick über international verwendete Allokationsverfahren

Auf die Fülle der international verfügbaren Studien kann im Rahmen dieses Aufsatzes nur überblicksartig eingegangen werden. Ein umfassender Überblick über international gebräuchliche Allokationsverfahren und ihre quantitativen Implikationen findet sich in Link et al. (1999) sowie in Link et al. (2008). Zusammenfassend lassen sich für die in der EU und in der Schweiz gebräuchlichen Verfahren folgende Grundsätze ableiten:

- Nahezu alle in den EU-Ländern und in der Schweiz üblichen Allokationsverfahren unterscheiden zwischen fixen und variablen Kosten, deren Verhältnis mehr oder weniger pragmatisch auf der Grundlage von Expertenschätzungen bestimmt wurde<sup>10</sup>. Einige Studien differenzieren außerdem bzw. stattdessen nach gewichtsabhängigen Kosten.
- Die in der Schweiz und in zweien der drei deutschen Wegekostenstudien verwendeten Allokationsverfahren unterscheiden zwischen verursachten und veranlassten Kosten.
- Je nach Verfahren werden die fixen und variablen Kosten weiter differenziert und mittels verschiedener Allokationsfaktoren zugeordnet. Dabei ist insbesondere auf die Schwierigkeiten bei der Wahl geeigneter Faktoren zur Zuordnung der fixen Kosten hinzuweisen. Gebräuchliche Faktoren sind z.B. Fahrzeugkilometer sowie Äquivalenzfaktoren, die die Fahrzeugkilometer pro Fahrzeugkategorie mit der Fahrzeuglänge oder mit den Geschwindigkeitsunterschieden zwischen den Fahrzeugen gewichten.
- Zur Allokation der variablen Kosten wird typischerweise zunächst ein gewichtsabhängiger Teil (wiederum basierend auf Expertenschätzungen) bestimmt und mit Hilfe der AASHO-Faktoren, in einigen Ländern auch unter Verwendung

---

<sup>10</sup> Eine Ausnahme bildet Österreich, wo zur Bestimmung der Kostenanteile Regressionsanalysen durchgeführt wurden (Herry et al. 1993).

- des maximal zulässigen bzw. des durchschnittlichen Gesamtgewichts oder der Bruttotonnenkilometer zugeordnet.
- Die nicht-gewichtsabhängigen variablen Kosten werden häufig über Fahrleistungen oder aber mittels der für die Fixkostenaufteilung benutzten Faktoren verteilt.

### ***Quantifizierung des Anteils variabler Kosten und der Grenzkosten***

Bereits der Schritt einer quantitativen Analyse der Anteile fixer und variabler Kosten (bzw. der Grenz- und Kapazitätskosten) an den Gesamtkosten ist empirisch ausgesprochen kompliziert. Eine theoretisch und empirisch befriedigende Lösung ist die ökonometrische Schätzung von Kostenfunktionen, aus denen die variablen Kosten und die Grenzkosten mathematisch abgeleitet werden können. Da diese Ansätze jedoch methodisch sehr anspruchsvoll und insbesondere datenseitig sehr aufwendig sind, basiert der verwendete Anteil der variablen Kosten in den meisten international gebräuchlichen Verfahren mehr oder weniger pragmatisch auf Expertenschätzungen. Gleiches gilt für die in einigen Studien verwendeten Anteile der gewichtsabhängigen Kosten. Die sich aus den verschiedenen Allokationsverfahren ergebenden Anteile variabler bzw. gewichtsabhängiger Kosten variieren zwischen 15 % und 58 % (variable Kosten) bzw. zwischen 33 % und 46 % (gewichtsabhängige Kosten).

Während der letzten Jahre sind im Rahmen europäischer Forschungsprojekte Studien zur ökonometrischen Schätzung des Zusammenhangs zwischen Infrastrukturkosten und Verkehrsbelastung entstanden. Sie lassen sich methodisch in zwei Ansätze einordnen:

- Analyse des funktionalen Zusammenhangs zwischen den getätigten Ausgaben für Unterhaltung, Erneuerung und Betrieb einerseits und der Verkehrsbelastung sowie anderen Faktoren (Klima, Bauweise, regionale Faktoren) andererseits.
- Duration Approach. Basierend auf Längsschnittdaten zum Straßenzustand wird der Zusammenhang zwischen Straßenzustand, Verkehrsbelastung sowie weiteren Einflüssen (Klima) analysiert und die aufgrund höherer Verkehrsbelastung eingetretene Lebensdauerverkürzung der Straßenoberfläche quantifiziert.



**Tabelle 4: Kostenelastizität (Anteil der Grenzkosten an den Durchschnittskosten in ökonometrischen Studien zu den Wegekosten des Straßenverkehrs)**

Studie	Land	Straßentyp	Datenbasis	Modell	Laufende Unterhaltung	Erneuerung	Betrieb
Schreyer et al. (2002)	Schweiz	Autobahnen u. Kantonstraßen	Querschnittsdaten für 4 Jahre, n = 316	Loglinear	0,45	0,71	
Link (2006)	Deutschland	Autobahnen	Querschnittsdaten für 20 Jahre, n = 221	Translog, Mehrgleichungsmodell		0,87	
Link (2009)	Deutschland	Autobahnen	Querschnittsdaten für 2 Jahre, n = 530	Box-Cox-Modell	GV 0,17 Pkw 0,67		
Link (2014)	Bundesland Hessen	Bundesstraßen	Querschnittsdaten für 3 Jahre, n = 362	Box-Cox-Mehrgleichungsmodell	GV 0,15 Pkw 0,25		
Haraldsson (2006)	Schweden	Alle Straßen	Panel für 5 Jahre mit 145 Abschnitten u. n = 725	Translog	GV* 0,58		0
Haraldsson (2007)	Schweden	Befestigte Straßen	Querschnittsdaten für 55 Jahre u. n = 142331	Duration Approach		0,04 -0,05	
Jonsson und Haraldsson (2008)	Schweden	Alle Straßen	Querschnittsdaten für 4 Jahre u. n = 429	Panel, loglinear	Alle Kfz 0,39 GV 0,27 Pkw 0,50		
Lindberg (2002)	Schweden	Alle Straßen	Querschnittsdaten für 639 Abschnitte u. 15 Jahre	Duration Approach		0,8	
Bak et al. (2006)	Polen	Nationalstraßen	Querschnittsdaten für 3 Jahre u. n = 792	Loglinear	0,12	0,57	
Bak et al. (2009)	Polen	Nationalstraßen	Querschnittsdaten für 6 Jahre u. n = 900	Loglinear	0,3		

GV = Güterverkehr.- \*) Studie basiert auf der Annahme, dass alle Kosten der Unterhaltung dem Schwerverkehr zugeordnet werden.  
Quelle: Eigene Zusammenstellung.

Die verfügbaren Studien beziehen sich auf verschiedene EU-Länder mit unterschiedlich gut ausgebauten und unterhaltenen Straßennetzen, unterschiedlicher Verkehrsbelastung und analysieren verschiedene Kategorien der Infrastrukturkosten mit z. T. verschiedenen Kostenfunktionstypen. Dennoch lassen sich folgende Grundaussagen ableiten (vgl. Tabelle 4):

- Alle Studien haben nichtlineare Grenzkostenkurven ermittelt. Angesichts von eher schwach ausgeprägten Nichtlinearitäten erscheint es aber vertretbar, die Begriffe Grenz- und variable Kosten gleich zu setzen.
- Die durchschnittliche Kostenelastizität, d.h. der Anteil der Grenz- bzw. variablen Kosten an den Durchschnittskosten nimmt mit der Lebensdauer der Maßnahmen ab. So ist der Grenzkostenanteil für die Erneuerung höher als für die laufende Unterhaltung, während die Ausgaben für den laufenden Betrieb nahezu vollständig den Charakter von Fixkosten tragen.
- Der Grenzkostenanteil für die Erneuerung variiert zwischen 30 % und 80 %.<sup>11</sup> Für die laufende Unterhaltung liegt die Bandbreite zwischen 27 % und 69 %, wenn man den Wert aus Bak et al. (2006) als Ausreißer ansieht (niedriges Ausgabeniveau aufgrund vernachlässigter Unterhaltung).

#### *Allokationsfaktoren für variable, gewichtsabhängige und Grenzkosten*

Die Verteilung dieser Kostenanteile auf die einzelnen Fahrzeugkategorien erfolgt durch Gewichtung der Fahrleistungen mit Äquivalenzziffern (vgl. Tabelle 5), unter denen die AASHO-Faktoren die wichtigsten und wohl am stärksten diskutierten sind. Sie basieren auf dem von 1958 bis 1960 im US-Bundesstaat Illinois durchgeführten AASHO-Road-Test<sup>12</sup>, in dem die Auswirkungen von Achslasten unterschiedlicher Höhe und Anordnung auf verschiedene Arten von Straßendecken und Tragschichten sowie auf Brücken bestimmt wurden. Anhand der gesammelten empirischen Daten wurden Äquivalenzziffern gebildet, die den Zusammenhang zwischen der tatsächlichen Achslast eines Kraftfahrzeuges und den Grenzkosten der Unterhaltung der Fahrbahnbefestigung und der Erneuerung der Fahrbahndecken quantifizieren. Der AASHO-Road-Test führte zu dem Ergebnis, dass die Straßenschäden durch Kraftfahrzeuge mit der vierten Potenz der tatsächlichen Achslast ansteigen.

---

<sup>11</sup> Der untere Wert von 30 % aus Bak et al. (2009) ist dadurch begründet, dass in dieser Studie die Summe aus Erneuerungs- und Unterhaltungsausgaben analysiert wurde, d.h. durch den Einschluss der laufenden Unterhaltung mit generell niedrigerem Grenzkostenanteil dürfte der Wert nach unten verzerrt sein.

<sup>12</sup> Zur Beschreibung des AASHO-Road-Tests vgl.: Highway Research Board (1961), Kucera (1964) und Smith et al. (2004).

Die Ergebnisse des AASHO-Road-Tests und ihre Übertragbarkeit auf deutsche Verhältnisse sind seit Publikation der Testergebnisse Gegenstand heftiger Kritik<sup>13</sup>, auf die in diesem Beitrag nicht eingegangen werden kann. Grundsätzlich wird jedoch in der Fachdiskussion die Abhängigkeit der Straßenschädigung von der effektiven Achslast akzeptiert. So zeigen ingenieurwissenschaftliche Untersuchungen in Deutschland, dass der Exponent je nach Straßentyp und Verkehrsbelastung/Fahrzeugmix zwischen 2,5 und 6 liegt, und bestätigen damit die Ergebnisse des AASHO-Road-Test im Durchschnitt (Vgl. hierzu Eisenmann, 1996 sowie Wechsler, 1998). Alle vorliegenden nationalen Wegekostenstudien wenden die Ergebnisse des AASHO-Road Test an, jedoch mit z. T. variierenden Exponenten. So wurde in der Schweiz beispielsweise bis zum Jahre 2000 ein Achslastfaktor mit dem Exponenten von 2,5 verwendet, in neueren Studien für die Schweiz wird nunmehr ein so genannter coefficient agressivite genutzt. In den Niederlanden wird für einen Teil der variablen Erhaltungs- und Betriebskosten ein Exponent von 2 angesetzt (vgl. Vermeulen, 2004).

Unbestritten ist, dass in Anbetracht der inzwischen eingetretenen technischen Veränderungen sowohl im Straßenbau als auch bei den Fahrzeugen (Verwendung von Einzelreifen bzw. breiten Reifen anstelle der Zwillingsbereifung, Luftfederungssysteme, lifted axles etc.) ein neuerlicher Feldversuch wie der AASHO-Road Test notwendig ist (vgl. Hofko et al. 2009).

### ***Kapazitätskostenallokation***

Da bei den Kapazitätskosten kein direkter Zusammenhang zu Art und Umfang des Verkehrs herstellbar ist, ist die Wahl des Kostenschlüssels schwierig und unsicher. Im allgemeinen versucht man, die Inanspruchnahme der Straßenkapazität durch die unterschiedlichen Fahrzeugkategorien zu messen und so geeignete Äquivalenzfaktoren (PCUs = Passenger car units) für die Gewichtung der Fahrleistungen zu bestimmen.

Gemessen am quantitativen Gewicht der Kapazitätskosten an den Gesamtkosten ist im Vergleich zur Diskussion um den AASHO-Road-Test relativ wenig Kritik an der Verteilung der Kapazitätskosten geübt worden. In Abhängigkeit vom zugrunde gelegten Konzept basieren die international üblichen PCUs auf Faktoren wie der durchschnittlichen Geschwindigkeit, der Verkehrsdichte und den durchschnittlichen Abständen zwischen den Fahrzeugen, sowie Verzögerungen, Kolonnenbildung und Fahrzeitbeeinflussung aufgrund der Fahrzeugcharakteristika. Der Einfluss schwererer Fahrzeuge auf den Verkehrsfluss wird über die Fahrzeuglänge, das Verhältnis zwischen Gewicht und Motorleistung, aber auch

---

<sup>13</sup> Kritikpunkte waren z.B. die Bauweise der Strecken (Unterdimensionierung), Zweifel an der Übertragbarkeit auf deutsche Straßenverhältnisse, die Anwendung der AASHO-Road-Faktoren sowohl auf die Unterhaltung der Fahrbahnbefestigung als auch auf die der Erneuerung der Fahrbahndecken, die Vernachlässigung neuer straßenschonender Fahrzeugkomponenten (Verbesserung bei Antrieb und Bremsen, Einzelradaufhängung, automatische Luftdrucküberwachung, verbesserte Dämpfung, Zwillingsbereifung), die Vernachlässigung der durch Pkw verursachten Straßenschäden, insbesondere im Innerortsbereich durch Anfahren und Bremsen an Kreuzungen.

infrastrukturseitig über die Existenz und die Länge von Steigungsstrecken und der Anzahl der Fahrspuren abgebildet (vgl. Al-Kaisy et al., 2002, Rodriguez und Benekohal, 2004).

Die international verwendeten Äquivalenzziffern für die Zuordnung der Kapazitätskosten liegen in einer Bandbreite von 2 bis 4 in Dänemark, von 2 bis 3,5 in Schweden, von 1,5-3,0 in Großbritannien und von 1,1 bis 1,4 in den Niederlanden (Vgl. hierzu Link et al., 2008).

### 5.3 Wegekostenallokation in den deutschen Wegekostenstudien

Link et al. (2009) nutzen das einfachste der in den deutschen Wegekostenstudien angewendeten Allokationsverfahren. Es basiert auf der Konvention der Wegekostenenquete (Arbeitsgruppe Wegekosten, 1969) und unterscheidet zwischen Kapazitätskosten und Grenzkosten. Die Anteile dieser beiden Kategorien an den Gesamtkosten wurden aus einer Analyse der verfügbaren ökonomischen Studien abgeleitet. Im Ergebnis liegt der Grenzkostenanteil bei 80 % der Erneuerungskosten und 50 % der Unterhaltungskosten, bezogen auf die gesamten Wegekosten liegt er bei 20%. Die übrigen 80% werden als Kapazitätskosten behandelt, bei den Bundesautobahnen sind es nach Abzug der Kosten für den Betrieb des Mautsystems 70 %. Die Kosten für den Betrieb des Mautsystems werden ausschließlich der Gruppe der mautpflichtigen Fahrzeuge zugeordnet und über die Fahrleistungen proportional auf die entsprechenden Fahrzeugkategorien verteilt. Die als Grenzkosten definierten Teile der Kosten für die laufende Unterhaltung und die Erneuerung werden durch Gewichtung der Fahrleistungen mit den Äquivalenzziffern des AASHO-Road-Tests zugeordnet. Zur Allokation der Kapazitätskosten werden Äquivalenzfaktoren verwendet, die im Rahmen von Basisstudien der Wegekostenenquete erarbeitet wurden und ausschließlich von der durchschnittlichen Fahrzeuggeschwindigkeit abhängen.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Dabei wurden die durchschnittlichen Geschwindigkeiten verschiedener Fahrzeugtypen an Strecken mit unterschiedlicher Steigung berücksichtigt und anschließend mit dem Anteil der Steigungsstrecken am deutschen Straßennetz insgesamt gewichtet. Die auf diese Weise bestimmten Äquivalenzziffern steigen mit sinkender Geschwindigkeit, d.h. die Kapazität der Straßen wird durch langsam fahrende Fahrzeuge beeinträchtigt.

**Tabelle 5: Kapazitätsäquivalenzziffern in den deutschen Wegekostenstudien**

Fahrzeugkategorie	Link et al. (2009)	Prograns und IWW (2007), Alfen et al. (2014)
Pkw	1,0	1,0
Busse	3,0	2,5
Motorräder	0,5	0,5
Nutzfahrzeuge des Güterverkehrs		
Unter 3,5 t	1,5	1,2
3,5 - 12 t	2,0 - 2,5	1,5
12 - 18 t	3,5	2,5
18 - 28 t	5,0	3,5
28 - 33 t	5,0	4,0
Mehr als 33 t	5,0	4,5
Sattelzüge	5,0	4,5
Übrige Fahrzeuge	5,0	2,0
<i>Quellen:</i> Link et al. (2009), Prograns und IWW (2007), Alfen et al. (2014).		

Die in den Wegekostenstudien von Prograns und IWW (2007) und von Alfen et al. (2014) verwendeten Allokationsverfahren folgen einer wesentlich stärker differenzierten Kategorisierung der Kosten. So werden 16 verschiedene Infrastrukturelemente unterschieden, die mit Ausnahme der Kosten für den Betrieb, die Polizei und das Mautsystem jeweils nach Neubau und Erhaltung differenziert werden. Die so differenzierten Kosten werden anteilig folgenden Allokationsprinzipien (vgl. Tab. 6) zugeordnet, wobei zwischen Verursachung und Veranlassung unterschieden wird:

- proportional über die Fahrleistungsanteile zu verteilende Kosten (Gemeinkosten),
- gewichtsabhängig verursachte Kosten (Verschleiß von Fahrbahnen),
- gewichtsabhängig veranlasste Kosten (z.B. gewichtsbedingte Dimensionierung der Dicke von Fahrbahnschichten),
- kapazitätsabhängig veranlasste Kosten (Breite und Geometrie von Straßen),
- emissionsabhängig veranlasste Kosten (z.B. Lärmschutz),
- systemspezifisch veranlasste Kosten (z.B. Mautsystem.)

Die Zuordnung der Kostenanteile eines jeden Infrastrukturelements, differenziert nach Neubau und Erhaltung, zu diesen Allokationsprinzipien basiert auf Expertenschätzungen bzw. ingenieurtechnischen Überlegungen (vgl. hierzu Alfen et al., 2014).

Für die hier genannten Kategorien gelten verschiedene Allokationsschlüssel. So werden die AASHO-Faktoren zur Allokation der Erhaltungskosten für die Trag-, Binder- und Deckschicht, für die Neubaukosten der Binderschicht und für 73 % der Neubaukosten der Tragschicht angewendet. Die gewichtsabhängig veranlassten Kosten werden über sogenannte Gewichts-Äquivalenzziffern ausschließlich den Fahrzeugen des Schwerverkehrs zugeordnet; die emissionsabhängig veranlassten Kosten werden über Lärm-Äquivalenzziffern verteilt. Die Bestimmung der Äquivalenzziffern zur Zuordnung der kapazitätsabhängig veranlassten Kosten (PCUs) basiert auf Überlegungen zum Raumbedarf der einzelnen Fahrzeuggruppen, insbesondere hinsichtlich der Fahrzeuglänge, der Beschleunigung, des notwendigen Sicherheitsabstands, der Geschwindigkeit und der Höhe und Breite des Fahrzeuges (Tab. 5).

Eine systematische konzeptionelle und quantitative Bewertung dieser in Deutschland verwendeten Allokationsverfahren kann im Rahmen dieses Beitrages nicht geleistet werden. Hinsichtlich des konzeptionellen Herangehens kann jedoch festgestellt werden, dass das in Link et al. (2009) angewendete Verfahren einerseits am stärksten auf wissenschaftlichen Grundlagenstudien basiert, andererseits aber auch am wenigsten differenziert vorgeht. Auch die Tatsache, dass die Grenzkosten, die 20 % der gesamten Wegekosten ausmachen, ausschließlich über die gewichtsabhängigen AASHO-Faktoren verteilt werden, ist kritisch zu hinterfragen. Das in Prograns und IWW (2007) und Alfen et al. (2014) genutzte Allokationsverfahren kann mit seiner Differenzierungstiefe stärker die Kostenverursachung und -veranlassung der Nutzergruppen abbilden. Allerdings kann die detaillierte Zuordnung der insgesamt fast 30 Kostenkategorien zu den Allokationsprinzipien nicht auf der Basis wissenschaftlicher Studien nachvollzogen werden, sondern wird lediglich argumentativ und teilweise auf Basis von Normenwerken des Straßenbaus diskutiert. Gleiches gilt für die Ableitung der Gewichts- und Kapazitäts-Äquivalenzziffern.

Aus Tab. 7 wird ersichtlich, dass das in Link et al. (2009) verwendete Allokationsverfahren 20 % der Gesamtkosten gewichtsabhängig über die AASHO-Faktoren zuordnet, während es in Prograns und IWW (2007) und Alfen et al. (2014) lediglich 3 % bzw. 16 % sind. Dies und die Anwendung höherer Äquivalenzziffern für die Allokation der Kapazitätskosten erklärt, dass der Kostenanteil des Schwerverkehrs in Link et al. (2009) am höchsten und in Prograns und IWW (2007) am niedrigsten ist. Auffällig und in diesem Beitrag nicht zu klären sind die großen Unterschiede in den Anteilen der systemspezifischen sowie der gewichtsabhängigen Kosten bei Prograns und IWW (2007) und Alfen et al. (2014) (17 % versus 2 % bzw. 3 % versus 16 %), die eigentlich die gleichen Allokationsprinzipien verwenden.

**Tabelle 7: Anteile der nach den verschiedenen Allokationsprinzipien zugeordneten Wegekosten in deutschen Wegekostenstudien (Autobahnen)**

	Link et al. (2009) <sup>1)</sup>	Prograns und IWW (2007) <sup>2)</sup>	Alfen et al. (2014) <sup>3)</sup>
Proportional zu verteilende Kosten	-	12 %	13 %
Systemspezifische Kosten	-	17 %	2 %
Kapazitätsabhängige Kosten	70 %	62 %	55 %
Gewichtsabhängige Kosten	20 %	3 %	16 %
Kosten des Mautsystems (proportional den Mautgebühren Fahrzeuge zugeordnet)	10 %	6 %	13 %
1) Berechnungen für die Bundesautobahnen 2007. -2) Berechnungen für die Bundesautobahnen 2012.- 3) Berechnungen für die Bundesautobahnen 2013. Quellen: eigene Berechnungen.			

## 6. Fazit

In Deutschland existieren mittlerweile drei verschiedenen Studien zu den Wegekosten des Straßenverkehrs, die zu beträchtlichen Unterschieden in den quantitativen Ergebnissen kommen. Im vorliegenden Beitrag wurde der Versuch unternommen, diese Unterschiede zu analysieren und durch einen Vergleich der verwendeten Berechnungsmethoden in den Teilbereichen Kapitalstockbewertung, Verzinsung und Wegekostenallokation zumindest teilweise zu erklären. Dabei wurden die in den jeweiligen Studien verwendeten methodischen Ansätze in den Kontext der internationalen Forschung und Praxis eingeordnet.

Generell ist festzustellen, dass es in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern wie beispielsweise der Schweiz nur wenige wissenschaftlich und empirisch fundierte Basisstudien zu wichtigen Variablen und Parametern der Wegekostenrechnung gibt, und dass solche wissenschaftlichen Grundlagenstudien auch nicht systematisch in Auftrag gegeben werden. Ein Lösungsansatz könnte darin bestehen, dem Vorbild der schweizerischen Wegekostenrechnung zu folgen und im Rahmen umfassender methodischer Grundlagenstudien eine Methodenkonvention für die Berechnung der Wegekosten zu erarbeiten, die empirischen Routinearbeiten auf der Basis dieser Methodenkonvention von einer offiziellen statistischen Institution (zum Beispiel dem

Statistischen Bundesamt) durchführen zu lassen, und die Methodenkonvention in regelmäßigen Abständen durch wissenschaftliche Einrichtungen zu prüfen und weiter zu entwickeln.

## Quellen

- Alfen, Aviso, IVM (2014), Berechnung der Wegekosten für das Bundesfernstraßennetz sowie der externen Kosten nach Maßgabe der Richtlinie 1999/62/EG für die Jahre 2013-2017, Gutachten im Auftrage des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur, Weimar, Leipzig, Aachen, Münster.
- Al-Kaisy, A. F., Hall, F. L., Reisman, E. S. (2002), Developing passenger car equivalents for heavy vehicles on freeways during queue discharge flow, *Transportation Research Part A*, Vol. 36, 725-742.
- Arbeitsgruppe Wegekosten (1969), Bericht über die Kosten der Wege des Eisenbahn-, Straßen- und Binnenschiffsverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland, *Schriftenreihe des Bundesministeriums für Verkehr*, Heft 34, Bad Godesberg.
- Attanasio, O., Browning, M. (1995), Consumption over the Life Cycle and over the Business Cycle, *American Economic Review*, 85(5), 1118-1137.
- Bak, M., Borkowski, P., Musiatowicz-Podbial, G., Link, H. (2006), Road infrastructure cost in Poland, Annex 1.2C to Deliverable D3, Marginal cost case studies for road and rail transport, GRACE (Generalisation of Research on Accounts and Cost Estimation), EU-Project funded by Sixth Framework Programme, ITS, University of Leeds, Leeds.
- Bak, M., Borkowski, P. (2009), Marginal cost of Road Maintenance and Renewal in Poland. Annex 2 to CATRIN (Cost Allocation of Transport Infrastructure cost) Deliverable D6 Road Cost Allocation for Europe: Recommendations and open questions, funded by the Sixth Framework Programme, VTI, Stockholm.
- Baumol, W. J. (1969), On the social rate of discount. *American Economic Review*, 59 (5), 930.
- Baumol, W. J., Willig, R. D. (1982), *Contestable Markets and the Theory of Industry Structure*, New York, Harcourt Brace Jovanovic.
- Beckers, T., Klatt, J. P., Corneo, G., Mühlenkamp, H. (2009), Zeitliche Homogenisierung und Berücksichtigung von Risiko im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen, Gutachten im Auftrage des Bundesrechnungshofes, Berlin, Speyer.



- Berloffo, G. (1997), Temporary and Permanent Changes in Consumption Growth, *The Economic Journal*, 107, 345-358.
- BMVI (2013). Verkehr in Zahlen, DVV Media Group, Hamburg.
- Blundell, R., Browning, M., Meghir, C. (1994), Consumer Demand and the Life-Cycle Allocation of Household Expenditures, *Review of Economic Studies*, 61 (1), 57–80.
- Bundesamt für Statistik (2009), Transportrechnung 2005, Bundesamt für Statistik (Hrsg.), Neuchâtel.
- Castiglia, C., Chiorino, M. A., Jürgensen, H., Vignoles, A. (o.J.), Technischer und ökonomischer Forschungsbeitrag zu dem Problem Straßenbau und Straßenverkehr - Analyse und Beurteilung des AASHO-Road-Tests, veröffentlicht durch *International Road Transport Union*, IRU Genf.
- Cowell, F. A., Gardiner, K. (1999), Welfare Weights, STICERD, London School of Economics.
- Eidgenössisches Statistisches Amt (Hrsg.) (1968), Schweizerische Straßenrechnung - Die Straßenkosten und ihre Deckung 1959 – 1965, *Statistische Quellenwerke der Schweiz*, Heft 424, Reihe Mm 2, Bern.
- Eisenmann, J. (1996), Auswirkungen einer zunehmenden Verkehrsbelastung durch Fahrzeuge des Schwerverkehrs auf die Straßenbeanspruchung, *Straße und Autobahn*, 2/1996.
- Europäische Kommission (1998), Faire Preise für die Infrastrukturbenutzung: Ein abgestuftes Konzept für einen Gemeinschaftsrahmen für Verkehrs-Infrastrukturgebühren in der EU, *Weißbuch*, KOM (1998) 466, Brüssel.
- Europäische Kommission (2001), Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellungen für die Zukunft, *Weißbuch*, KOM (2001) 370 endgültig, Brüssel.
- Europäische Union (2006), Richtlinie 2006/38/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Mai 2006 zur Änderung der Richtlinie 1999/62/EG über die Erhebung von Gebühren für die Benutzung bestimmter Verkehrswege durch schwere Nutzfahrzeuge, Brüssel.
- Evans, D. J. (2004), The Elevated Status of the Elasticity of Marginal Utility, *Applied Economics Letters*, 11, 443-447.

- Evans, D., Sezer, H. (2004), Social Discount Rates for Six Major Countries, *Applied Economics Letters*, 11, 557-560.
- Evans, D. J., Sezer, H. (2002), A Time Preference Measure of the Social Discount Rate for the UK, *Applied Economics*, 34, 1925-1934.
- Evans, D. J. (2008), The Marginal Social Valuation of Income for the UK, *Journal of Economic Studies*, 35(1), 26-43.
- Faulhaber, G. R. (1975), Cross-Subsidisation. Pricing in Public Enterprises. *American Economic Review*, 65, 966-977.
- FHCA (1982), Final Report on the Federal Highway Cost Allocation Study - Report on the Secretary of Transportation to the United States Congress, Washington D.C.
- Frisch, R. (1959), A complete scheme for computing all direct and cross demand elasticities in a model with many sectors, *Econometrica*, 27, 177-196.
- Groom, B., Madison, D. (2013), Non-identical Quadruplets: Four new estimates of the elasticity of marginal utility for the UK, *Centre for Climate Change Economics and Policy, Working Paper No. 141*.
- Haraldsson, M. (2006), Marginal cost for road maintenance and operation – a cost function approach, Annex 1.2BI to Deliverable D3, Marginal cost case studies, GRACE (Generalisation of Research on Accounts and Cost Estimation), EU-Project funded by Sixth Framework Programme, ITS, University of Leeds, Leeds.
- Haraldsson, M. (2006), The marginal cost for structural repair of roads - a duration analysis approach, Annex 1.2BII to Deliverable D3, Marginal cost case studies for road and rail transport, GRACE (Generalisation of Research on Accounts and Cost Estimation), EU-Project funded by Sixth Framework Programme, ITS, University of Leeds, Leeds.
- Haraldsson, M. (2007), Essays on Transport Economics, Economic Studies 104, Department of Economics, Uppsala University.
- Herry, M., Faller, P., Metelka, M., van der Bellen, A. (1993), Wegekostenrechnung für die Verkehrsträger Strasse in Österreich, Wien.
- Highway Research Board (1961), The AASHO-Road-Test - History and Description of Project, Special Report 61 A, Washington D.C.
- Hofko, B., Blab, R., Karlsson, R. (2008), CATRIN (Cost Allocation of TRansport INfrastructure cost), Deliverable D7 Outline of a New Empirical Road Damage Experiment, funded by Sixth Framework Programme, VTI, Stockholm.

- INFRAS, SNZ, ECOPLAN (2013), Aktualisierte Schätzung zum schwerverkehrsbedingten Anteil an den Straßenkosten, Synthesebericht, Zürich, Bern.
- Jonsson, L., Haraldsson, M. (2008), Marginal Costs of Road Maintenance in Sweden, Annex 1 to CATRIN (Cost Allocation of Transport Infrastructure cost) Deliverable D6 Road Cost Allocation for Europe: Recommendations and open questions, funded by the Sixth Framework Programme, VTI, Stockholm.
- Knieps, G., Küpper, H. U., Langen, R. (2001), Abschreibungen bei Preisänderungen im stationären und nicht stationären Märkten, *Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung*, 53,759-776.
- Kommission der Europäischen Gemeinschaften (1969), Bericht über die Musteruntersuchung gemäß Artikel 3 der Entscheidung des Rates Nr. 65/270 EWG vom 13. Mai 1965, SEK (69) 700 endg. Brüssel.
- Kotz, R., Müller, P., Rothengatter, W. (1987), Entwicklung eines Verfahrens für dynamische Investitionsplanung und Ermittlung des bei der Fortschreibung der BVWP anzuwendenden Zinssatzes, Gutachten im Auftrage des Bundesministeriums für Verkehr, Universität Ulm, Ulm.
- Kucera, K. (1964), Die theoretischen Grundlagen des AASHO-Road-Tests, *Straße und Autobahn*, Heft 7.
- Kula, E. (1987), Social Interest Rate for Public Sector Appraisal in the United Kingdom, the United States and Canada. *Project Appraisal*, 2 (3), 169-174.
- Layard, R., Nickell, S., Mayraz, G. (2008), The marginal utility of income, *Journal of Public Economics*, 92, 1846-1857.
- Lindberg, G. (2002), Infrastructure Cost Case Studies, Deliverable 10, Annex A2: Marginal cost of road maintenance for heavy goods vehicles on Swedish roads, UNITE (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency), IST, University of Leeds, Leeds.
- Link, H. (2006), An econometric analysis of motorway renewal costs in Germany, in: *Transportation Research Part A*, Vol. 40, 19-34.
- Link, H. (2009), Marginal costs of road maintenance in Germany, Annex 3 to Deliverable D6, Road Cost Allocation for Europe: Recommendations and open questions, CATRIN (Cost Allocation of Transport Infrastructure), EU-Project funded by Sixth Framework Programme. VTI, Stockholm.

- Link, H., Kalinowska, K., Kunert, U., Radke, S. (2009), Wegekosten und Wegekostendeckung des Straßen- und Schienenverkehrs in Deutschland im Jahre 2007, *Politikberatung kompakt*, 53, DIW Berlin.
- Link, H., Dodgson, J. S., Maibach, M., Herry, M. (1999), *The Costs of Road Infrastructure and Congestion in Europe*, Heidelberg-New York.
- Link, H. (2014), A cost function approach for measuring the marginal cost of road maintenance, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 48(19), 15-33.
- Link, H., Stuhlemmer, A., Haraldsson, M., Abrantes, P., Wheat, P., Iwnicki, S., Nash, C., Smith, A. (2008), Cost allocation Practices in the European Transport Sector, Deliverable D1, CATRIN (Cost Allocation of TRansport INfrastructure cost), funded by Sixth Framework Programme, VTI, Stockholm, March 2008.
- Mertens, J. F. (1988), The Shapley Value in the non-differentiable Case, *International Journal of Game Theory*, n17, 1-65.
- Patterson, K. D., Pesaran, B. (1992), The Intertemporal Elasticity of Substitution of Consumption in the United States and United Kingdom, *Review of Economics and Statistics*, XXIV(4), 573-584.
- Pearce, D. W., Nash, C. A. (1981), *The social appraisal of projects, A text in cost-benefit analysis*, Macmillan Press, London - Basingstoke.
- Prognos und IWW (2002), Wegekostenrechnung für das Bundesfernstraßennetz unter Berücksichtigung der Vorbereitung einer streckenbezogenen Autobahnnutzungsgebühr, FE-Nr. 96.693/2001, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Berlin.
- Prograns und IWW (2007), Aktualisierung der Wegekostenrechnung für die Bundesfernstraßen in Deutschland, Gutachten im Auftrage des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Berlin.
- Ramsey, F. P. (1928), A mathematical theory of saving, *Economic Journal*, 38, 548-559.
- Rapp Trans (2005), Diskontsatz in Kosten-Nutzen-Analysen im Verkehr, Forschungsprojekt VSS 2003/201 im Auftrag des schweizerischen Verbandes der Straßen- und Verkehrsfachleute (VSS) Zürich.
- Rodriguez-Seda, J. D., Benekohal, R. F. (2004), Development of delay based passenger car equivalencies methodology for urban buses, revised version of the original paper included in the proceedings of XIII PANAM conference, September 26-29.

- Scazziga, I. (1984), Ermittlung der gewichtsbedingten Mehrkosten in der Straßenrechnung, ISET-ETHZ.
- Scott, M. (1989), *A New View of Economic Growth*, Clarendon Press, Oxford, UK.
- Schweitzer, M., Küpper, H. U. (2011), *Systeme der Kosten- und Erlösrechnung*, München.
- Shapley, L. S. (1953), A value for n-person games, Contribution to the theory of games, Vol. II, 28 *Annals of Mathematical Studies*. H.W. Kahn, A. W. Tucker. Princeton, 307-317.
- Schreyer, C., Schmidt, N., Maibach, M. (2002), Deliverable 10: Infrastructure Cost Case Studies, Annex A1b: Road econometrics – Case study motorways Switzerland, UNITE (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency), ITS, University of Leeds, Leeds.
- Selvanathan, S., Selvanathan, E. A. (1993), A Cross-Country Analysis of Consumption Patterns, *Applied Economics*, 25, 1245-1259.
- Smith, K. D., Zimmermann, K. A., Finn, F. N. (2004), The AASHO Road Test: Living Legacy for Highway Pavements, in: *TR News*, No. 232, 14-24.
- Stern, N. (2006), The Economics of Climate Change: *The Stern Review*. Abgerufen im Internet am 14. 10. 2014 unter [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm).
- TRL/Sir Alexander Gib and Partners Ltd. (1996), Preliminary assessment of a revised methodology for the determination of road track costs, Crowthorne.
- Van Dalen, H. (1995), Intertemporal Substitution in War and Peace: Evidence from the United Kingdom, 1830-1990 *Journal of Macroeconomics*, 17(3), 447-469.
- Vermeulen, J. P. L., Boon, B. H., van Essen, H. P. et al. (2004), The price of transport – Overview of the social costs of transport, CE, Delft.
- Wechsler, M. (1998), Analyse des Schwerverkehr und Quantifizierung seiner Auswirkungen auf die Straßenbeanspruchung, *Straße und Autobahn*, 8/1998.

**Tab. 6: Zuordnung der Wegekosten zu den Allokationsschlüsseln in Prograss und IWW (2007) und Alfen et al. (2014)**

Infrastrukturelement	proportional	Kapazitäts- abhängig	gewicht- abhängig verursacht	gewicht- abhängig verursacht	gemächts- abhängig verursacht	10t- achlast- äquivalent	lärm- emissions- äquivalent	System Lkw		System Pkw	System leichte Lkw	Summe
								proportional	kapazitäts- abhängig			
Grunderwerb inkl. A+EMaßnahmen		100%			nach zZG	10t- achlast- äquivalent			proportional	proportional		100%
Erbau												100%
Frostschuttschicht												100%
Tragschicht				100%		73%						100%
Binder Schicht				100%		100%						100%
Deckschicht				100%								100%
Tunnel	45% 80%	50%						5% 20%				100%
Brücken		85%			15% 15%							100%
Ausstattung	33% 33%											100%
Lärmschutz							100% 100%					100%
Stützbauteile	33% 33%	67% 67%										100%
Autobahnmeisterei	33%	67%										100%
Rasstärkung	33%	60%								15%	5%	100%
Rasstärkung	20%	20%								60%	15%	100%
Betrieb (anteilig)	45%	55%										100%
Polizei	33%	67%										100%
Mauterhebung								100%				100%

---

## Buchrezension

*Bandelow, N.C., Kundolf, S. und Lindloff, K. (2014). Agenda Setting für eine nachhaltige EU-Verkehrspolitik. Akteurskonstellationen, Machtverhältnisse und Erfolgsstrategien | 176 S. | Broschiert. Berlin: edition sigma. ISBN 978-3-8360-8760-5*

Die Veröffentlichung enthält zentrale Ergebnisse eines politikwissenschaftlichen Forschungsprojekts, das im Auftrag der Hans-Böckler-Stiftung des DGB durchgeführt wurde. Dabei geht es zum einen um die Analyse verkehrspolitischer Abläufe und Entscheidungen auf der EU-Ebene, zum anderen um die Ableitung von Handlungsempfehlungen für Interessenvertreter.

Den Ausgangspunkt bildet die allgemein akzeptierte Nachhaltigkeitsdefinition im Sinne einer gleichberechtigten Berücksichtigung ökonomischer, ökologischer und sozialer Ziele. Dabei wird gleich zu Beginn festgestellt, dass soziale Ziele „unter anderem von den Gewerkschaften betont“ (S. 9) würden. Eine explizite Auseinandersetzung mit den verschiedenen Interpretationsmöglichkeiten der einzelnen Nachhaltigkeitsdimensionen und der daraus folgenden Möglichkeit von Zielkonflikten auf der Ebene von Unterzielen enthält die Studie jedoch leider nicht. Beispielsweise ließe sich auch das Interesse der Verbraucher an niedrigen Preisen für Verkehrsdienstleistungen als ein „soziales“ Ziel ansehen, das möglicherweise sogar im Konflikt zu den Interessen der (gewerkschaftlich organisierten) Beschäftigten in der Verkehrsbranche steht.

Methodisch folgen die Autoren dem politikwissenschaftlichen Multiple-Streams-Ansatz. Dieser hebt die Vielzahl von Einflussfaktoren hervor, die sich in die Kategorien „Problem-Strom“, „Policy-Strom“ und „Politics-Strom“ einteilen lassen. Zudem wird auf die zentrale Bedeutung der zeitlichen Dimension (Auftreten von „Gelegenheitsfenstern“) und die Rolle von „Policy Entrepreneuren“ hingewiesen. Dieser Ansatz wird auf drei Fallbeispiele angewendet, die jeweils auf einer Dokumentenanalyse sowie zahlreichen Interviews mit Einfluss- und Entscheidungsträgern basieren.

Fallstudie 1 thematisiert die Verschärfung der Grenzwerte für Kfz-Abgasemissionen (Euro 5 und Euro 6 Norm), die in Verbindung mit erleichterten Zugangsmöglichkeiten unabhängiger Werkstätten zu Reparatur- und Wartungsinformationen verabschiedet wurde. Somit bestand zum einen ein ökologisch-ökonomischer Gegensatz, zum anderen ein Interessenkonflikt zwischen verschiedenen Unternehmen (Automobilhersteller vs. unabhängige Werkstätten). Eine zentrale Rolle für das politische Agenda Setting im Bereich der Abgasnormen schreiben die Autoren den Aktivitäten von Umweltverbänden zu, die mit gezielten Kampagnen gegen (ältere) Diesel Pkw wesentlich dazu beigetragen hätten, Aufmerksamkeit zu erzeugen. Dass bei der formal insgesamt sorgfältig verfassten Studie teilweise von Fahrzeugen „mit besonderen sozialen Bedürfnissen“ (S. 134, 142) statt von Fahrzeugen „für besondere soziale Erfordernisse“ (VO 715/2007) die Rede ist, sei als Kuriosum am Rande erwähnt.

In Fallbeispiel 2 geht es um europäische Vorgaben für Arbeitszeiten des Fahrpersonals im Straßengüterverkehr, bei denen unterschiedliche Interessen von Arbeitnehmern und Arbeitgebern im Vordergrund standen. Als Besonderheit wird hier unter anderem das partielle Nebeneinander von zwei politischen Prozessen (Arbeitszeitregelung als Sozialvorschrift sowie Lenk- und Ruhezeitenregelung als verkehrspolitische Regulierung) betont.

Die dritte Fallstudie befasst sich mit den EU-Regelungen zur Vergabe von Leistungen des ÖPNVs mit Bussen und Bahnen (VO 1370/2007). Als Erfolg gewerkschaftlicher Einflussnahme wird gewertet, dass Gebietskörperschaften auch in Zukunft über die Möglichkeit verfügen, defizitäre ÖPNV-Leistungen selbst zu erbringen oder ohne Ausschreibung an einen „internen Betreiber“ zu vergeben. Ein Erfolgsfaktor im politischen Prozess sei hierbei die Interessenhomogenität von Kommunen und Arbeitnehmervertretern gewesen. Die Schlussfolgerung der Verfasser, die Beibehaltung kommunaler Monopolstrukturen sei auch ein Erfolg der Vertretung von „Verbraucherinteressen“ (S. 131) ist hingegen etwas überraschend, da bei der Zusammenstellung wichtiger Akteure keine Konsumentenverbände aufgeführt sind. Zudem werden die Vor- und Nachteile eines Ausschreibungswettbewerbs in der Literatur durchaus kontrovers diskutiert, sodass zumindest umstritten ist, ob das „Softening up“ des ursprünglichen Kommissionsentwurfs tatsächlich im Interesse der Verbraucher liegt. Auch die Auswirkungen auf das in der Studie allenfalls am Rande betrachtete ökologische Ziel einer Attraktivitätssteigerung des ÖPNV sind keineswegs eindeutig.

Die drei Fallstudien haben jeweils einen Umfang zwischen 20 und 30 Seiten, wobei zahlreiche anonymisierte Zitate aus den Experteninterviews enthalten sind. Angesichts der komplexen Materie und des langen Zeitraums der politischen Entscheidungsfindung, der zwischen drei und sieben Jahren lag, bleiben Randaspekte teilweise ausgeklammert. Beispielsweise spielte bei der Neuordnung des ÖPNV zwar die „Inhouse“-Direktvergabe an kommunale Unternehmen in der öffentlichen Diskussion eine zentrale Rolle. Die EU-Verordnung hat jedoch auch teils gravierende Folgen für mittelständische Omnibusunternehmen, die in Deutschland mit eigenen Konzessionen Linienverkehr betreiben. Dieser Themenbereich bleibt in der Analyse völlig unbeleuchtet.

Die betrachteten Entscheidungsprozesse sind sehr heterogen und zeichnen sich durch einen teils iterativen Verlauf sowie fallbezogene Zweckbündnisse einzelner Akteure aus. Übergreifend wird für alle drei Beispiele die Bedeutung des Europäischen Parlaments und hier insbesondere des jeweiligen Berichtstatters betont. Angesichts der Unterschiede zwischen den einzelnen Politikbereichen fallen die Handlungsempfehlungen für Interessenvertreter zwar plausibel, überwiegend jedoch auch relativ allgemein aus. So wird den Lobbyisten unter anderem nahegelegt, bei den politischen Akteuren regelmäßig präsent zu sein, und es wird auf die Bedeutung von Sprachkenntnissen hingewiesen. Hervorgehoben wird zudem die Bedeutung formaler Zuständigkeiten. Die Untersuchungsergebnisse belegen, dass politische Entscheidungen auch davon abhängen



können, ob verkehrs-, umwelt- oder beschäftigungspolitische Institutionen bzw. Gremien federführend sind.

In der Gesamtschau zeigen die Fallbeispiele, dass ökologische beziehungsweise gewerkschaftliche Interessen im verkehrspolitischen Entscheidungsprozess der EU gute Durchsetzungschancen haben können. Die anfängliche Vermutung der Autoren, dass „die soziale Dimension der Nachhaltigkeit keine gleichberechtigte Berücksichtigung findet“ (S. 9) wird somit zumindest für die untersuchten Themengebiete nicht bestätigt. Die Analyse von Entscheidungsprozessen, in denen keine „Erfolge gewerkschaftlicher ... Interessenvertretung“ (S. 157) zu konstatieren sind, wäre daher ein lohnender Gegenstand zukünftiger Forschungsprojekte.

Insgesamt bietet die politikwissenschaftliche Untersuchung hoch interessante Einblicke in die vielfältigen Determinanten der verkehrspolitischen Entscheidungsfindung auf der europäischen Ebene. Dadurch wird auch bei Vertretern anderer Disziplinen das Verständnis der verschlungenen Wege der EU-Politik erweitert. Die Veröffentlichung zeigt auf, unter welchen Rahmenbedingungen und mit welchen Strategien (gewerkschaftliche) Interessenvertreter erfolgreich gewesen sind. Die implizite Annahme, dass eine Verkehrspolitik, bei der sich Umweltverbände und Gewerkschaften im politischen Prozess mit ihren Vorstellungen ganz oder teilweise durchsetzen, automatisch auch eine „nachhaltige“ Politik darstellt, ist jedoch keineswegs zwingend und hätte in der Studie durchaus problematisiert werden können.

Prof. Dr. Frank Fichert  
Fachhochschule Worms

## Buchanzeige

*Michael Fritsch: Marktversagen und Wirtschaftspolitik, München, C.H. Beck/Vahlen, 9., vollständig überarbeitete Auflage, 2014, 39, 80 €.*

Dieses mittlerweile substantiell überarbeitete Standardlehrbuch erschien zum ersten Mal im Jahr 1993. Damals waren noch drei Koautoren beteiligt, zu denen auch der allen Verkehrsökonomien noch gut erinnerliche Professor Hans-Jürgen Ewers, Direktor des Instituts für Verkehrswissenschaften an der Universität Münster und später Professor an der TU Berlin, gehörte. Nach dem tragisch frühen Tod von Professor Ewers gaben Thomas Wein und Michael Fritsch das Werk zunächst in sukzessiven Auflagen gemeinsam heraus, bis es dann ab der 8. Auflage von Prof. Michael Fritsch, Universität Jena, in Alleinverantwortung übernommen wurde.

Das Buch richtet sich in erster Linie an Studierende der Wirtschaftswissenschaften, ist aber auch für Studierende der Verkehrswirtschaft oder des Verkehrsingenieurwesens, die mehr über die wirtschaftspolitische Seite ihres Fachs erfahren wollen, hervorragend geeignet. Im Grunde ist Verkehrspolitik ja nichts anderes als die Korrektur von Marktversagen. Insofern wäre zu wünschen, dass jeder, der mit Verkehrspolitik zu tun hat, mit der Theorie des Marktversagens vertraut ist.

Für den Nicht-Wirtschaftswissenschaftler sollte dabei vielleicht darauf hingewiesen werden, dass der Begriff des Marktversagens in gewisser Weise eine unglückliche Überspitzung darstellt. Der Begriff verleitet zu dem Missverständnis, als Versage der Markt in bestimmten Situationen, etwa beim Vorliegen eines natürlichen Monopols, total, sei also als Politikoption in einer solchen Konstellation völlig ungeeignet. Häufig geht es aber darum, dass der Markt lediglich ungenügend funktioniert, nicht um totales Versagen. In vielen Fällen kann das Funktionieren eines Marktes durch einen Staatseingriff, etwa durch das Erheben einer Steuer oder durch Regulierung verbessert werden. Es ist überwiegend Marktversagen von dieser Art, um das es sich im vorliegenden Buch dreht.

Hinsichtlich der Darstellungsweise verzichtet das Buch auf aufwändige Mathematik und beschränkt sich vorwiegend auf einfache Graphiken, die zum großen Teil aus den Einführungsveranstaltungen zur Mikroökonomie bekannt sind, aber auch ohne diese Vorkenntnisse verstanden werden können. Insofern kann das Buch auch Praktikern nachdrücklich empfohlen werden und ist laut Bericht der Autoren auch auf Weiterbildungsveranstaltungen schon erfolgreich verwendet worden.

Das Buch beginnt in Teil I mit einer grundlegenden Diskussion der ja gerade in der verkehrspolitischen Debatte so oft missverstandenen Funktionsweise des Marktes als Referenzsystem und den Voraussetzungen auf denen das idealisierte Standardmodell des vollkommenen Marktes beruht. In Teil II wendet sich die Darstellung dann ihrem eigentlichen Thema zu, nämlich den diversen Umständen, unter denen das Idealmodell versagt (im oben erläuterten Sinne). Behandelt werden die bekannten Tatbestände des

Marktversagens, wie das Vorliegen externer Effekte (mit einer ausführlichen Diskussion der Umweltpolitik), Unteilbarkeiten/Größenvorteile, Informationsmängel, Anpassungsmängel und als kurze Verbeugung vor den sogenannten Behavioural Economics auch Nichtrationalität. In Teil III wird der in der wirtschaftspolitischen Diskussion oft begangene Denkfehler aufgegriffen, dass die Ergebnisse der in der Realität oft nur unvollkommen funktionierenden Märkte mit denen eines perfekt funktionierenden Staates verglichen werden. Es wird vergessen, dass dem Marktversagen das Staatsversagen gegenübersteht und dass es womöglich besser sein kann, ein bestimmtes Marktversagen unkorrigiert zu lassen. Gordon Tullock hat hier die schöne Formel von den „sozialen Kosten der Vermeidung sozialer Kosten“ geprägt, die bei Staatseingriffen stets zu berücksichtigen seien. Teil III greift im Sinne dieser Erkenntnis die sogenannte ökonomische Theorie der Politik auf und stellt (in den Worten des Autors) die Frage, „... wie man gesellschaftspolitische Entscheidungsprozesse und die kollektive Bereitstellung von Gütern so organisieren kann, dass die Wahrscheinlichkeit für Staatsversagen, also von Fehlfunktionen im politisch-bürokratischen Bereich, möglichst gering ausfällt.“

Das Buch bewegt sich als Lehrbuch der Wirtschaftswissenschaft naturgemäß auf einem verhältnismäßig abstrakten Niveau und enthält kaum Bezug auf konkrete verkehrspolitische Fragestellungen (abgesehen vom Umweltproblem). Es ist dennoch eine empfehlenswerte Ergänzung zu den wenigen auf dem Markt vorhandenen mikroökonomisch fundierten Büchern der Verkehrspolitik und sollte deshalb auch im Bereich der Verkehrswirtschaft weite Verbreitung finden.

Prof. Dr. Bernhard Wieland  
Institut für Wirtschaft und Verkehr  
TU Dresden