

84. Jahrgang – Heft 3 – 2013

ZEITSCHRIFT FÜR VERKEHRSWISSENSCHAFT

INHALT DES HEFTES:

- In Memoriam: Professor Dr. jur. Dr. rer. pol. Dr. h.c. Christian Kirchner Seite 195
- Fördert ein leistungsfähiges Verkehrssystem die wirtschaftliche
Entwicklung? Ein Überblick Seite 196
Von Florian Allroggen, Münster
- Urban Freight Policy Acceptability: Eliciting Agent Specific Preferences via
Efficient Experimental Design Seite 237
Von Edoardo Marcucci, Valerio Gatta, Rom, Amanda Stathopoulos, Lausanne, Eva Valeri,
Trieste
- Verkehrssicherheit und Zahlungsbereitschaft – ein Überblick zum Stand der
Forschung Seite 260
Von, Francisco Bahamonde-Birke, Heike Link, Uwe Kunert, Berlin

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 70,00
zuzüglich MwSt und Versandkosten
Für Anzeigen gilt Preisliste Nr. 25 vom 1.1.2009
Erscheinungsweise: drei Hefte pro Jahr

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

Herausgeber

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

Schriftleitung

Prof. Dr. Bernhard Wieland (Technische Universität Dresden)
Prof. Dr. Thorsten Beckers (Technische Universität Berlin)
Dr. Christos Evangelinos (Technische Universität Dresden)
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)

Professor Dr. jur. Dr. rer. pol. Dr. h.c. Christian Kirchner**1944-2014**

Mit großer Betroffenheit haben wir vernommen, dass Prof. Dr. Dr. Christian Kirchner am 17. Januar völlig unerwartet verstorben ist. Professor Kirchner war Mitglied des Herausgeberbeirates der Zeitschrift für Verkehrswissenschaften, und wir haben es uns als große Ehre angerechnet, ihn für diese Aufgabe gewonnen zu haben. Niemand, der diesen vitalen und energiegeladenen Mann etwas näher kannte, hätte jemals mit einem so frühen Tod gerechnet.

Professor Kirchner war sowohl in der Rechtswissenschaft als auch in der Wirtschaftswissenschaft ein ausgewiesener Experte. Er hat beide Gebiete in Tübingen, Frankfurt und an der Harvard Law School studiert und darin akademische Abschlüsse erworben. Er stand in der Tradition des von Coase begründeten Gebietes der Law and Economics, also der ökonomischen Theorie des Rechts, und hat viel dazu beigetragen, dass sich dieser Ansatz auch in Deutschland verbreitet hat. Nicht zuletzt durch seine doppelte Ausrichtung war Prof. Kirchner neben seiner rein wissenschaftlichen Tätigkeit stets auch als Berater ein gefragter Mann. In der Welt des Verkehrs war er vielen vor allem durch sein jährlich stattfindendes Symposium zur Bahnregulierung bekannt, das er souverän und humorvoll zu leiten wusste.

Wir trauern um Prof. Kirchner und werden ihm ein ehrenvolles Andenken bewahren.

Die Herausgeber der Zeitschrift für Verkehrswissenschaften

Fördert ein leistungsfähiges Verkehrssystem die wirtschaftliche Entwicklung? Ein Überblick

VON FLORIAN ALLROGGEN, MÜNSTER

1. Einführung

Verkehr dient der Raumüberwindung und ist daher eine Voraussetzung für die Entstehung arbeitsteiliger Volkswirtschaften. Ein leistungsfähiges Verkehrssystem könnte daher über die Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte seines Baus und Betriebs hinaus eine Wachstumsdeterminante sein. Diese These wurde bereits aus verschiedenen Blickwinkeln analysiert. So liegen Studien vor, in denen der Einfluss des Verkehrssystems auf Handels- und Kapitalströme sowie auf das Standortwahlverhalten von Unternehmen identifiziert wird. Auch sind bereits mögliche Wachstums- und Beschäftigungseffekte von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen, von Verkehrsangeboten und von Staus untersucht worden.

In diesem Beitrag sollen die vorliegenden empirischen Analysen zum Einfluss des Verkehrssystems auf eine Volkswirtschaft vorgestellt und systematisiert werden. Dazu wird zunächst die potentielle Kausalkette zwischen Verkehr und wirtschaftlicher Aktivität beschrieben, sodass sich die Effekte von Infrastrukturmaßnahmen, Transportangebotsmaßnahmen und Staus in einem gemeinsamen theoretischen Modell analysieren lassen (*Kapitel 2*). Anschließend werden vorliegende empirische Analysen der volkswirtschaftlichen Impulse von Verkehrsinfrastruktur im Allgemeinen sowie von Straßenverkehr, Luftverkehr, Schienenverkehr und Schifffahrt im Speziellen vorgestellt. Dabei zeigt sich, dass die verkehrsträgerspezifischen Analysen verschiedenartig gestaltet sind. Diese Unterschiede werden mithilfe der spezifischen Eigenschaften der Verkehrsträger in *Kapitel 3* erklärt. Die Untersuchung schließt mit einem Fazit (*Kapitel 4*).

2. Die Kausalkette

Der Bau und Betrieb von Verkehrssystemen verursacht *Nachfrageeffekte*. Sie umfassen die Beschäftigungs- und Wertschöpfungseffekte, die im Verkehrssektor und in seiner Wert-

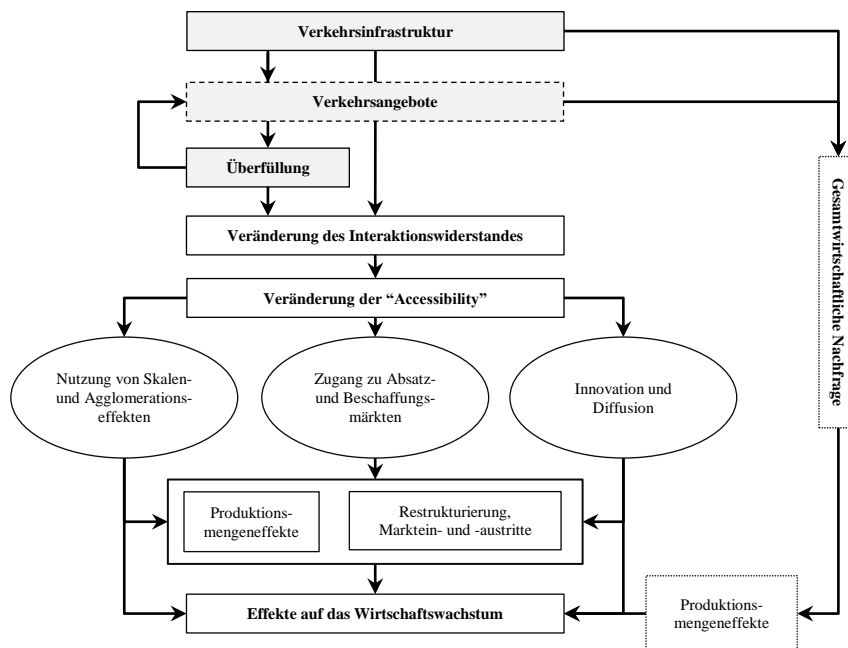
Anschrift des Verfassers:

Florian Allroggen
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
Institut für Verkehrswissenschaft
Am Stadtgraben 9
48143 Münster
e-mail: florian.allroggen@wiwi.uni-muenster.de

schöpfungskette einmalig (z. B. beim Straßenbau) oder über längere Zeiträume (z. B. beim regelmäßigen Flugbetrieb) entstehen (Rietveld, 1994). Im Folgenden werden diese Nachfrageeffekte nicht weiter betrachtet. Sie entstehen schließlich durch nahezu jede Produktionsaktivität und erfassen die spezifische Vorleistungsfunktion des Verkehrssektors nicht.

Ferner sinken durch den Aufbau eines leistungsfähigen Verkehrssystems die Interaktionskosten zwischen räumlich getrennten Wirtschaftssubjekten, sodass zusätzliche Interaktionspotentiale entstehen (Lakshmanan, 2011; Rietveld, 1994). Ein Verkehrssystem ermöglicht folglich Interaktion und erfüllt somit eine wirtschaftliche Vorleistungsfunktion. Verbesserungen des Verkehrssystems können daher die ökonomische Entwicklung fördern (Gulyani, 2001; Knowles, 2006; Lakshmanan, 2011). Diese Impulse werden als *Angebotseffekte* bezeichnet. Gemeinsam mit den Nachfrageeffekten werden sie in *Abbildung 1* skizziert und im Folgenden bei gegebener Transporttechnologie² beschrieben.

Abbildung 1: Die Kausalkette zwischen Verkehr und Wirtschaftswachstum



Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Lakshmanan (2011).

² Technologische Innovationen (z. B. die Fahrzeugentwicklung) werden ausgeklammert, da sie zwar gefördert, nicht aber herbeigeführt werden können. Der Bau von Infrastruktur oder die Schaffung zusätzlicher Verkehrsangebote befinden sich hingegen innerhalb der Technologiemenge.

2.1 Das Interaktionspotentialmodell

Gemäß *Abbildung 1* werden die Angebotseffekte eines Verkehrssystems dadurch ausgelöst, dass es die Widerstände für die Interaktion zwischen ökonomisch handelnden Akteuren verringert und Interaktionsmöglichkeiten schafft. Die verkehrsinduzierten Kosten von Interaktion weisen schließlich eine signifikante Höhe auf. So schätzen *Glaeser und Kohlhase* (2004), dass in den USA Transportkosten in Höhe von rund 6 % des Bruttoinlandsprodukts anfallen. Gemäß *Anderson und van Wincoop* (2004) sind die Transportkosten (inklusive Zeitkosten) im Außenhandel der USA sogar äquivalent zu einer ad-valorem Steuer in Höhe von etwa 21 %. Die Transportkosten³ zwischen zwei Regionen i und j beeinflussen folglich die Interaktionskosten, τ_{ij} , in signifikantem Umfang. Daher werden die Interaktionskosten als Funktion der Transportkosten, t_{ij} , und weiterer Interaktionswiderstände, Γ_{ij} , modelliert:

$$\tau_{ij} = \tau_{ij}(t_{ij}, \Gamma_{ij}). \quad (1)$$

Da steigende Transportkosten zu steigenden Interaktionskosten führen, sei $\frac{\partial \tau_{ij}}{\partial t_{ij}} > 0 \forall i, j$.

Transportkosten entstehen durch Transportvorgänge. Diese können die Interagierenden zum **selbst produzieren**⁴. In diesem Fall wählen die Interagierenden die Eigenschaften der Transportvorgänge gemäß ihrem Optimierungskalkül. Charakteristika des Verkehrssystems beschränken jedoch die Möglichkeiten zur Gestaltung des Transportvorgangs. Sie sind folglich als unmittelbare Determinanten der Transportkosten zu erfassen:

- Verkehrsinfrastruktur stellt eine physische Verbindung zwischen Regionen her oder dient als Zugangspunkt zum Verkehrssystem. Sie ist daher eine notwendige Bedingung für die Selbstproduktion von Verkehrsangeboten, sodass die Transportkosten unter anderem eine Funktion der Verkehrsinfrastruktur sind. Die Verkehrsinfrastruktur in allen N Region sei im Vektor $\mathbf{TI} = (TI_1, \dots, TI_N)$ dargestellt. Aufgrund der Verbindungswirkung von Verkehrsinfrastruktur sei $\frac{\partial t_{ij}}{\partial TI_K} \leq 0 \forall K \in [1; N]$.
- Verkehrsinfrastrukturüberlastung beeinflusst den Verkehrsfluss. Mit steigender Überlastung nehmen daher die Transportkosten aufgrund höherer Betriebs-, Zeit- und Unsicherheitskosten (*Stopher, 2004; Sweet, 2011*) zu. Daher wird der Überlastungsgrad der Verkehrsinfrastruktur, C_{ij} , als Determinante der Transportkosten erfasst. Es sei $\frac{\partial t_{ij}}{\partial C_{ij}} > 0 \forall i, j \in [1; N]$.
- Weitere Determinanten der Transportkosten zwischen den Regionen i und j werden im Vektor \mathbf{T}_{ij} abgebildet. Darunter fallen z. B. die Verfügbarkeit von Fahr-

³ Transportkosten enthalten im Folgenden Zeitkosten.

⁴ Die exklusive Beauftragung Dritter durch Interagierende wird unter die Selbstproduktion subsummiert.

zeugen oder die Regulierung der Selbstproduktion durch die Vergabe von Konzessionen.

Für den Umfang der selbst erstellten Transportleistungen, TD_{ij} , gilt folglich:

$$TD_{ij} = TD_{ij}(\mathbf{TI}, C_{ij}, \mathbf{T}_{ij}, \mathbf{\Omega}), \quad (2)$$

wobei $\mathbf{\Omega}$ weitere Determinanten des Umfangs der selbst produzierten Verkehrsleistungen abbilde.

Transportvorgänge können auch mithilfe von **Verkehrsangeboten** durchgeführt werden, die Dritte für die Interagierenden bereitstellen. Diese Transportangebote, TS_{ij} , folgen Fahr- bzw. Flugplänen, sodass die Interagierenden ihre Charakteristika nicht vollständig kontrollieren. Folglich sind die Eigenschaften dieser Verkehrsangebote als unmittelbare Determinanten der Transportkosten zu erfassen. Weil durch bessere Verkehrsangebote die Transportkosten auf einer Relation sinken, sei $\frac{\partial t_{ij}}{\partial TS_{ij}} < 0 \forall i, j \in [1; N]$. Zudem werden die Transportangebote Dritter vom Verkehrssystem beeinflusst:

- Dritte benötigen zur Bereitstellung von Verkehrsangeboten Verkehrsinfrastruktur. Die Verkehrsinfrastruktur ist daher eine Determinante der Verkehrsangebote.
- Aufgrund steigender Betriebs-, Zeit- und Unsicherheitskosten (Stopher, 2004; Sweet, 2011) beschränkt Verkehrsinfrastrukturüberlastung auch die Produktion von Verkehrsleistungen durch Dritte. Daher wird der Grad der Verkehrsinfrastrukturüberlastung ebenfalls als Einflussfaktor auf die Verkehrsangebote erfasst.
- Weitere Determinanten der Transportangebote zwischen den Regionen i und j , etwa die Regulierung des Produktionsprozesses, seien im Vektor \mathbf{Z}_{ij} abgebildet.

Für die Transportangebote, die Dritte den Interagierenden bereitstellen, gilt somit:

$$TS_{ij} = TS_{ij}(\mathbf{TI}, C_{ij}, \mathbf{Z}_{ij}). \quad (3)$$

Solange Dritte durch verbesserte Verkehrsinfrastruktur in einer Region K zusätzliche Verkehrsangebote schaffen, ist $\frac{\partial TS_{ij}}{\partial TI_K} > 0$. Werden hingegen Verkehrsangebote verlagert, ist $\frac{\partial TS_{ij}}{\partial TI_K} < 0$. Weil Verkehrsinfrastrukturüberlastung die Produktion von Verkehrsleistungen durch Dritte einschränkt, sei $\frac{\partial TS_{ij}}{\partial C_{ij}} < 0 \forall i, j \in [1; N]$.

Verkehrsinfrastrukturüberlastung entsteht, wenn dem Verkehrsaufkommen eine zu geringe Verkehrsinfrastrukturkapazität gegenübersteht. Der Grad der Verkehrsinfrastrukturüberlastung, C_{ij} , ist folglich im Interaktionspotentialmodell nicht exogen, sondern eine Funktion

der Verkehrsinfrastruktur und des Verkehrsaufkommens. Das Verkehrsaufkommen besteht aus selbst produziertem Verkehr und den Verkehrsangeboten Dritter. Der Vektor der Verkehrsangebote Dritter auf allen Relationen sei $\mathbf{TS} = (TS_{11}, \dots, TS_{NN})$ und $\mathbf{TD} = (TD_{11}, \dots, TD_{NN})$ sei der Vektor des selbst produzierten Verkehrs auf allen Relationen. Zudem sei $\mathbf{\Lambda}_{ij}$ ein Vektor weiterer Überlastungsdeterminanten zwischen i und j . Dann gilt:

$$C_{ij} = C_{ij}(\mathbf{TI}, \mathbf{TS} + \mathbf{TD}, \mathbf{\Lambda}_{ij}). \quad (4)$$

Da zusätzliche Verkehrsinfrastrukturkapazität in einer Region K Überlastungsreduktionen begünstigt, sei $\frac{\partial C_{ij}}{\partial T_K} \leq 0$. Ferner führt ein höheres Verkehrsaufkommen potentiell zu stärkerer Überlastung, weshalb $\frac{\partial C_{ij}}{\partial (TD_{ij} + TS_{ij})} > 0 \forall i, j \in [1; N]$ sei.

Unter der Annahme, dass aus (2), (3) und (4) ein eindeutiges Verkehrsmengen- und Überlastungsgleichgewicht bestimmt werden kann, gelten (5), (6) und (7):⁵

$$TS_{ij}^* = TS_{ij}^*(\mathbf{TI}, \mathbf{\Lambda}_{11}, \mathbf{\Lambda}_{12}, \dots, \mathbf{\Lambda}_{NN}, \mathbf{Z}_{11}, \mathbf{Z}_{12}, \dots, \mathbf{Z}_{NN}, \mathbf{T}_{11}, \mathbf{T}_{12}, \dots, \mathbf{T}_{NN}, \mathbf{\Omega}); \quad (5)$$

$$C_{ij}^* = C_{ij}^*(\mathbf{TI}, \mathbf{\Lambda}_{11}, \mathbf{\Lambda}_{12}, \dots, \mathbf{\Lambda}_{NN}, \mathbf{Z}_{11}, \mathbf{Z}_{12}, \dots, \mathbf{Z}_{NN}, \mathbf{T}_{11}, \mathbf{T}_{12}, \dots, \mathbf{T}_{NN}, \mathbf{\Omega}); \quad (6)$$

$$TD_{ij}^* = TD_{ij}^*(\mathbf{TI}, \mathbf{\Lambda}_{11}, \mathbf{\Lambda}_{12}, \dots, \mathbf{\Lambda}_{NN}, \mathbf{Z}_{11}, \mathbf{Z}_{12}, \dots, \mathbf{Z}_{NN}, \mathbf{T}_{11}, \mathbf{T}_{12}, \dots, \mathbf{T}_{NN}, \mathbf{\Omega}). \quad (7)$$

(8) beschreibt dann die Transportkosten zwischen zwei Regionen i und j :

$$t_{ij} = t_{ij}(\mathbf{TI}, C_{ij}^*, \mathbf{T}_{ij}, TS_{ij}^*). \quad (8)$$

Aus (8) lassen sich die Transportkosteneffekte von Veränderungen des Verkehrssystems ableiten. Transportkostensenkungen, die in der Bundesverkehrswegeplanung als Nutzen potentieller Verkehrsinfrastrukturprojekte berücksichtigt werden (*BMVBS*, 2013), wären daher mithilfe von (8) zu bestimmen. Sinkende Transportkosten lösen jedoch durch ihren Effekt auf die Interaktionspotentiale einer Region i weitere volkswirtschaftliche Impulse aus (*Banister, Berechman*, 2001; *Abbildung 1*), die im Folgenden analysiert werden. Dazu wird in (9) ein Interaktionspotentialmaß, AC_i , betrachtet (*Harris*, 1954; *Páez et al.*, 2012):

$$AC_i = \sum_{j=1}^N I_{ij}(\tau_{ij}) \cdot g(W_j). \quad (9)$$

Das Interaktionspotential einer Region i wird als die Summe der Attraktivität aller potentiellen Interaktionspartner, $g(W_j)$, modelliert, wobei das Gewicht jedes Interaktionspartners j , I_{ij} , mit zunehmendem Interaktionswiderstand, τ_{ij} , abnehme ($\frac{\partial I_{ij}}{\partial \tau_{ij}} < 0$). Unter Berück-

⁵ Durch diese Annahme wird unnötige Komplexität des Interaktionspotentialmodells vermieden.

sichtigung von (1) und (8) kann aus (9) das Modell des Interaktionspotentials in Abhängigkeit der Transportkostendeterminanten hergeleitet werden:

$$AC_i = \sum_{j=1}^N g(W_j) \cdot I_{ij} \left(\tau_{ij} \left(t_{ij}(\mathbf{TI}, C_{ij}^*, \mathbf{T}_{ij}, TS_{ij}^*), \Gamma_{ij} \right) \right). \quad (10)$$

2.2 Interaktionspotentialeffekte von Maßnahmen am Verkehrssystem

Veränderungen des Interaktionspotentials begründen die Existenz verkehrsinduzierter Angebotseffekte (*Abbildung 1*). Daher werden nun mithilfe des Interaktionspotentialmodells in (10) Veränderungen eines Verkehrssystems auf ihre Interaktionspotentialeffekte überprüft.

2.2.1 Verkehrsinfrastrukturinvestitionen

Die Interaktionspotentialeffekte einer Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur in einer Region K ($dTI_K > 0$) lassen sich mithilfe des Differentials von (10) approximieren:⁶

$$dAC_i \approx \sum_{j=1}^N g(W_j) \cdot \frac{\partial I_{ij}}{\partial \tau_{ij}} \cdot \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial t_{ij}} \cdot \left(\frac{\partial t_{ij}}{\partial TI_K} \cdot dTI_K + \frac{\partial t_{ij}}{\partial TS_{ij}^*} \cdot \frac{\partial TS_{ij}^*}{\partial TI_K} \cdot dTI_K + \frac{\partial C_{ij}^*}{\partial TI_K} \cdot dTI_K \right). \quad (11)$$

Das Produkt der Attraktivität einer Zielregion j und der Veränderung der Interaktionskosten einer Region i mit Zielregion j liefert den Interaktionspotentialeffekt der Zielregion j infolge des Projekts. Gemäß *Kapitel 2.1* ist $\frac{\partial I_{ij}}{\partial \tau_{ij}} \cdot \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial t_{ij}} < 0$. Die Veränderung des Potentialbeitrags jeder Zielregion j hängt somit neben der Zielregionsattraktivität von drei Effekten ab:

a) Direkter Infrastruktureffekt

Wird durch die Infrastrukturmaßnahme in Region K beispielsweise eine kürzere Verbindung zwischen den Regionen i und j (*Abbildung 2*) geschaffen, so können die interagierenden Verkehrsleistung zwischen diesen Regionen zu geringeren Kosten produzieren, sodass $\frac{\partial t_{ij}}{\partial TI_K} \cdot dTI_K < 0$. Der Potentialbeitrag der Zielregion j steigt. Sollte hingegen ein Infrastrukturprojekt in einer Region K' den Verkehrsstrom zwischen den Regionen i und j nicht beeinflussen (*Abbildung 2*), so ist $\frac{\partial t_{ij}}{\partial TI_{K'}} \cdot dTI_{K'} = 0$ und der Interaktionspotentialbeitrag der Zielregion j verändert sich nicht.

b) Infrastrukturinduzierter Transportangebotseffekt

Wenn Dritte gemäß (3) infolge des Verkehrsinfrastrukturprojekts ein besseres Verkehrsangebot schaffen, steigt ceteris paribus der Interaktionspotentialbeitrag einer Ziel-

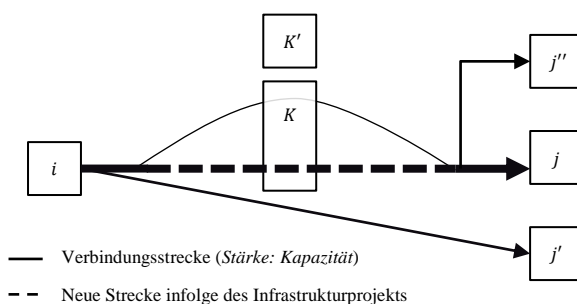
⁶ Die Differenzierbarkeit aller Funktionen im relevanten Bereich wird angenommen.

region j ($\frac{\partial TS_{ij}^*}{\partial TI_K} \cdot dTI_K > 0$). Nutzen Dritte die erweiterten Produktionsmöglichkeiten nicht ($\frac{\partial TS_{ij}^*}{\partial TI_K} = 0$), so existieren keine Transportangebotseffekte. Wenn ferner mögliche Verkehrsangebotsverbesserungen zwischen den Regionen i und j aus einer Verkehrsangebotsverlagerung zulasten der Angebote zwischen den Regionen i und $j' \neq j$ resultieren (Abbildung 2), so müssen zudem sinkende Interaktionspotentialbeiträge von Zielregionen j' ($\frac{\partial TS_{ij'}^*}{\partial TI_K} \leq 0$) gegen den steigenden Interaktionspotentialbeitrag der Zielregion j abgewogen werden. Zudem kann gemäß (2) und (3) durch die verbesserte Verkehrsinfrastruktur zusätzliche Verkehrsnachfrage entstehen, die den Grad der Verkehrsinfrastrukturüberlastung erhöht und somit gemäß (3) bestehende Verkehrsangebote Dritter verdrängt ($\frac{\partial TS_{ij''}^*}{\partial TI_K} \cdot dTI_K < 0$). Das Vorzeichen des infrastrukturinduzierten Transportangebotseffekts ($\frac{\partial t_{ij}}{\partial TS_{ij}^*} \cdot \frac{\partial TS_{ij}^*}{\partial TI_K} \cdot dTI_K$) ist daher im Allgemeinen unbestimmt.

c) *Infrastrukturinduzierter Überlastungseffekt*

Wenn eine Investition in Region K die Kapazität der Verkehrsinfrastruktur zwischen den Regionen i und j vergrößert (Abbildung 2), so kann $\frac{\partial c_{ij}^*}{\partial TI_K} \cdot dTI_K < 0$ sein. Die Transportkosten würden sinken und der Interaktionspotentialbeitrag der Zielregion j steigen. Ist die Maßnahme aufgrund von induziertem Verkehr gemäß (2) und (3) nicht effektiv oder ist die Infrastruktur auf der Relation nicht überlastet, so wäre die Investition wirkungslos ($\frac{\partial c_{ij}^*}{\partial TI_K} \cong 0$). Selbst wenn die Maßnahme effektiv ist, könnte die Infrastrukturüberlastung für Regionspaare i und $j'' \neq j$ steigen (Abbildung 2). Durch die Engpassbeseitigung kann schließlich gemäß (2) und (3) im gesamten Verkehrssystem induzierter Verkehr entstehen, der außerhalb der Verbindungsinfrastruktur zwischen den Regionen i und j zu Verkehrsinfrastrukturüberlastung führt ($\frac{\partial c_{ij''}^*}{\partial TI_K} \cdot dTI_K > 0$). Der sinkende Interaktionspotentialbeitrag von Zielregionen j'' müsste folglich gegen den steigenden Interaktionspotentialbeitrag der Zielregion j abgewogen werden. Das Vorzeichen der Interaktionspotentialeffekte, die aus dem Überlastungseffekt resultieren, ist somit unbestimmt.

Infolge einer Verkehrsinfrastrukturmaßnahme in Region K steigt das Interaktionspotential in Region i nur dann sicher an, wenn die Maßnahme jeweils ceteris paribus Verbesserungen der Infrastrukturkonnektivität, Verbesserungen der Verkehrsangebotsgüte oder eine Reduktion der Verkehrsinfrastrukturüberlastung bewirkt. Der qualitätsgleiche Ausbau vorhandener Verkehrsinfrastruktur ohne Kapazitätsengpässe kann demnach keine positiven Interaktionspotentialeffekte auslösen ($dAC_i = 0$), weil die Maßnahme weder direkte Infrastruktureffekte, noch Verkehrsangebotseffekte, noch Überlastungseffekte verursacht.

Abbildung 2: Illustration der Lage von Beispielregionen zum Infrastrukturprojekt

2.2.2 Verkehrsangebotsausweitungen

Eine Maßnahme zur Verbesserung des Verkehrsangebots zwischen zwei Regionen i und k , beispielsweise eine Verkehrsangebotssubvention, sei in der b -ten Variable in \mathbf{Z}_{ik} durch $Z_{ik,b}$ abgebildet und effektiv ($\frac{\partial TS_{ik}^*}{\partial Z_{ik,b}} \cdot dZ_{ik,b} > 0$). Aus dem Differential von (10) ergeben sich die Interaktionspotentialeffekte dieser Maßnahme für eine Region i :⁷

$$dAC_i \approx \sum_{j=1}^N g(W_j) \cdot \frac{\partial I_{ij}}{\partial \tau_{ij}} \cdot \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial t_{ij}} \cdot \left(\frac{\partial t_{ij}}{\partial TS_{ij}^*} \cdot \frac{\partial TS_{ij}^*}{\partial Z_{ik,b}} \cdot dZ_{ik,b} + \frac{\partial t_{ij}}{\partial C_{ij}^*} \cdot \frac{\partial C_{ij}^*}{\partial Z_{ik,b}} \cdot dZ_{ik,b} \right). \quad (12)$$

Der Interaktionspotentialbeitrag einer Zielregion verändert sich gemäß (12) infolge der Verkehrsangebotsausweitung aufgrund der folgenden Teileffekte:

a) Direkter Transportangebotseffekt

Durch zusätzliches Verkehrsangebot ($\frac{\partial TS_{ik}^*}{\partial Z_{ik,b}} \cdot dZ_{ik,b} > 0$) zwischen den Regionen i und k (Abbildung 3) sinken die Transportkosten zwischen diesen Regionen und der Interaktionspotentialbeitrag der Region k für die Region i steigt. Diese zusätzlichen Verkehrsangebote können jedoch aus Verkehrsangebotsverlagerungen zulasten der Anbindung von Regionen $k' \neq k$ resultieren (Abbildung 3), sodass $\frac{\partial TS_{ik'}^*}{\partial Z_{ik,b}} \cdot dZ_{ik,b} < 0$. Ferner kann das zusätzliche Verkehrsangebot zwischen Regionen i und k die Verkehrsinfrastruktur überfüllen, sodass Verkehrsangebote zwischen Regionen i und $k'' \neq k$ verdrängt werden (Abbildung 3).⁸ Für Zielregionen k'' wäre $\frac{\partial TS_{ik''}^*}{\partial Z_{ik,b}} \cdot dZ_{ik,b} < 0$. Sinkende Interaktionspotentialbeiträge von Zielregionen k' und k'' müssten folglich gegen den steigenden

⁷ Die Differenzierbarkeit der Funktionen im relevanten Bereich wird vorausgesetzt.

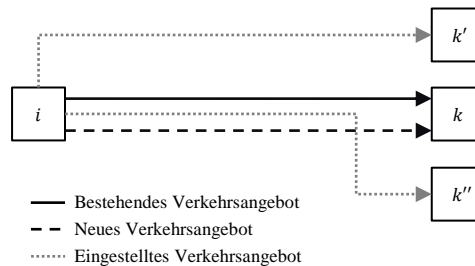
⁸ Dieser Effekt ist auch auf der Relation zwischen den Regionen i und k denkbar. Durch die Effektivitätsannahme wird dies jedoch vereinfachend ausgeschlossen.

Interaktionspotentialbeitrag der Zielregion k abgewogen werden. Das Vorzeichen des Transportangebotseffekts ist somit im Allgemeinen unbestimmt.

b) Transportangebotsinduzierter Überlastungseffekt

Durch das zusätzliche Verkehrsangebot zwischen den Regionen i und k kann gemäß (4) der Grad der Infrastrukturüberlastung steigen, sodass die Kosten der Selbstproduktion von Verkehrsleistungen zunehmen $\left(\frac{\partial t_{ij}}{\partial c_{ij}^*} \cdot \frac{\partial c_{ij}^*}{\partial z_{ik,b}} \cdot dZ_{ik,b} > 0\right)$. Dieser Effekt wird jedoch durch eine potentiell abnehmende Selbstproduktion und mögliche Verkehrsangebotsreduktionen infolge höherer Verkehrsinfrastrukturüberlastung gemindert.

Abbildung 3: Illustration der Effekte einer Verkehrsangebotsausweitung



Die Interaktionspotentialeffekte einer Verkehrsangebotsausweitung sind somit dann eindeutig positiv, wenn das Verkehrsangebot zusätzliche Konnektivität schafft, keine Verkehrsangebotsverlagerung darstellt und keine zusätzliche Verkehrsinfrastrukturüberlastung auslöst. Sollten signifikante Überlastungseffekte und Verkehrsangebotsverlagerungen entstehen, so müssen aus Sicht einer Region i die Interaktionspotentialeffekte des geschaffenen Verkehrsangebots gegen die Interaktionspotentialeffekte steigender Transportkosten für die Selbstproduktion und gegen die Interaktionspotentialeffekte des verdrängten Verkehrsangebots abgewogen werden. In diese Abwägung ist gemäß (12) die Zielregionsattraktivität, $g(W_j)$, einzubeziehen.

2.2.3 Überlastungsreduktionen

Eine Maßnahme zur Überlastungsreduktion bei konstanter Infrastrukturausstattung zwischen den Regionen i und l , etwa die Einführung dynamischer Verkehrsbeeinflussungsanlagen, sei in der b -ten Variable aus Λ_{il} , $\Lambda_{il,b}$, abgebildet und effektiv $\left(\frac{\partial c_{il}^*}{\partial \Lambda_{il,b}} \cdot d\Lambda_{il,b} < 0\right)$.⁹ Die Interaktionspotentialeffekte der Maßnahme für die Region i ergeben sich aus dem Differential von (10).¹⁰

⁹ Bauliche Kapazitätserhöhungen der Infrastruktur werden im *Kapitel 2.2.1* betrachtet.

¹⁰ Die Differenzierbarkeit der Funktionen im relevanten Bereich wird angenommen.

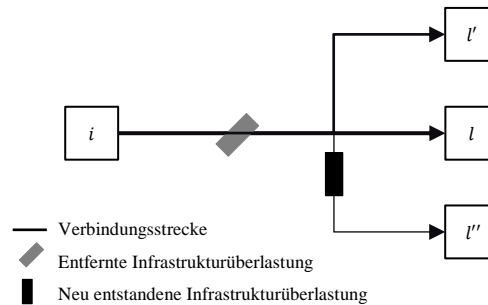
$$dAC_i \approx \sum_{j=1}^N g(W_j) \cdot \frac{\partial I_{ij}}{\partial \tau_{ij}} \cdot \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial t_{ij}} \cdot \left(\frac{\partial t_{ij}}{\partial C_{ij}^*} \cdot \frac{\partial C_{ij}^*}{\partial \Lambda_{il,b}} \cdot d\Lambda_{il,b} + \frac{\partial t_{ij}}{\partial TS_{ij}^*} \cdot \frac{\partial TS_{ij}^*}{\partial \Lambda_{il,b}} \cdot d\Lambda_{il,b} \right). \quad (13)$$

Gemäß (13) sind die Interaktionspotentialeffekte jeder Zielregion j für die Region i von den folgenden Teileffekten abhängig:

a) *Direkter Überlastungseffekt*

Da von der Effektivität der Maßnahme ausgegangen wird, sinken die Kosten der Selbstproduktion von Verkehrsleistungen zwischen den Regionen i und l ($\frac{\partial t_{il}}{\partial C_{il}^*} \cdot \frac{\partial C_{il}^*}{\partial \Lambda_{il,b}} \cdot d\Lambda_{il,b} < 0$). Das Interaktionspotential nimmt folglich zu. Die Überlastungsreduktion kann zudem Verbindungen mit Zielregionen $l' \neq l$ verbessern, wenn Engpässe auf gemeinsam genutzten Streckenabschnitten beseitigt werden (*Abbildung 4*). Gemäß (2) und (3) verursachen Überlastungsreduktionen jedoch induzierten Verkehr. Somit kann auf Strecken zwischen Regionen i und $l'' \neq l$ außerhalb von Abschnitten, die Regionen i und l verbinden, die Verkehrsinfrastrukturüberlastung steigen (*Abbildung 4*). Induzierter Verkehr kann zudem die Effektivität der Maßnahme zwischen den Regionen i und l beeinträchtigen. Das Vorzeichen des Effekts ist daher unbestimmt.

Abbildung 4: Illustration der Effekte einer Überlastungsreduktion



b) *Überlastungsinduzierte Transportangebotseffekte*

Gemäß (3) können Dritte infolge einer Reduktion von Infrastrukturüberlastung zwischen den Regionen i und l ihr Verkehrsangebot verbessern. Dadurch würden die Transportkosten sinken ($\frac{\partial t_{il}}{\partial TS_{il}^*} \cdot \frac{\partial TS_{il}^*}{\partial \Lambda_{il,b}} \cdot d\Lambda_{il,b} < 0$) und das Interaktionspotential steigen. Analog zum direkten Überlastungseffekt können diese Effekte auf Relationen zwischen Regionen i und l sowie zwischen Regionen i und l' entstehen. Sie werden jedoch durch induzierten Verkehr gemindert (vgl. l'' in *Abbildung 4*), sodass gegebenenfalls keine oder sogar negative Interaktionspotentialeffekte entstehen können.

Die Interaktionspotentialeffekte einer Überlastungsreduktionsmaßnahme sind folglich nur dann sicher positiv, wenn induzierter Verkehr die Überlastungsreduktion nicht (über-) kompensiert und Dritte infolge der Überlastungsreduktion verbesserte Verkehrsangebote bereitstellen.

2.3 Produktivitäts- und Wachstumsimpulse von Interaktionspotentialeffekten

Wie die Ausführungen in *Kapitel 2.2* zeigen, steigen infolge verschiedenartiger Maßnahmen zur Verbesserung des Verkehrssystems die Interaktionspotentiale von Regionen. Diese Interaktionspotentialeffekte können über drei Wirkungskanäle zu Produktivitätssteigerungen führen (*Lakshmanan, 2011; Abbildung 1*):

1. Geringere Interaktionswiderstände implizieren, dass sich der *Zugang zu Absatz- und Beschaffungsmärkten* verbessert.¹¹ Somit vereinfacht sich für Unternehmen die Beschaffung besonders produktiver Produktionsfaktoren und eine Spezialisierung innerhalb der Wertschöpfungskette ist möglich (*Baldwin, Gu, 2004; Lileeva, Trebler, 2010*). Ferner steigt der Wettbewerbsdruck auf Absatzmärkten, sodass unproduktive Unternehmen vom Markt verdrängt werden (*Melitz, Ottaviano, 2008; Chen et al., 2009*).
2. Wie in Analysen der Neuen Ökonomischen Geographie dargestellt, werden gewinnmaximierende Unternehmen in einem Umfeld mit hohen Marktpotentialen bzw. geringen Transportkosten ihre Produktion an wenigen zentral (*Krugman, 1991*) oder dezentral (*Tabuchi, 1998*) gelegenen Standorten konzentrieren. Dadurch können sie *Skalen- und Agglomerationsvorteile* nutzen, sodass die Produktivität zunimmt.
3. Interaktion fördert *Innovations- und Imitationsprozesse*. So kann beispielsweise Produktionsaktivität multinationaler Konzerne für heimische Firmen zu Produktivitätssteigerungen führen (*Keller, Yeaple, 2009*). Auch Lerneffekte exportierender Firmen könnten signifikante Produktivitätssteigerungen begründen. Die empirische Prävalenz dieses Effekts ist jedoch umstritten (*Monreal-Pérez et al., 2012; Wagner, 2007*).

Die dargestellten verkehrsinduzierten Produktivitätseffekte begründen *ceteris paribus* Wachstumsimpulse. Darüber hinaus dürften gewinnmaximierende Firmen Standorte mit besseren Interaktionsmöglichkeiten bevorzugen, um von den Produktivitätsvorteilen zu profitieren.¹² Dies würde zu zusätzlichem Input-Einsatz führen, der aus regionaler Perspektive indirekte Wachstumsimpulse auslöst.¹³ Die resultierenden Hypothesen über die verkehrsinduzierten Standortwahl-, Beschäftigungs- und Wachstumseffekte werden in *Kapitel 3* anhand vorliegender empirischer Studien untersucht.

¹¹ In der Neuen Ökonomischen Geographie werden daher sowohl das Beschaffungsmarkt- als auch das Absatzmarktpotential betrachtet (*Redding, 2010*).

¹² Dies setzt gemäß *Banister, Berechman (2001)* geeignete institutionelle und ökonomische Rahmenbedingungen voraus.

¹³ Reine Verlagerungseffekte entstehen jedoch auf Kosten anderer Regionen (z. B. *Holl, 2004b*). Zudem ist zu prüfen, ob die Verbesserung des Verkehrssystems ein Substitut oder ein Komplement für private Faktoren ist (*Shah, 1992; Demetriades, Mamuneas, 2000*).

3. Effekte des Verkehrssystems auf die wirtschaftliche Entwicklung

Potentielle Effekte eines Verkehrssystems auf die Standortwahl von Unternehmen sowie potentielle Produktivitäts- und Wachstumseffekte eines Verkehrssystems sind bereits in zahlreichen empirischen Analysen untersucht worden. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollen im Folgenden zusammengetragen werden. Dazu sind zunächst die Ergebnisse von Untersuchungen möglicher Produktivitäts- und Wachstumsimpulse von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen zu diskutieren. Auf Grundlage der Erkenntnisse und unter Berücksichtigung der Eigenschaften einzelner Verkehrsträger sowie der Ergebnisse aus *Kapitel 2* lassen sich dann verkehrsträgerspezifische Analysen beschreiben und vergleichen.

3.1 Verkehrsträgerübergreifende Analyse von Infrastrukturinvestitionen

Die Produktivitäts- und Wachstumsimpulse von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen (*Kapitel 2.2.1*) wurden in zahlreichen verkehrsträgerübergreifenden Analysen untersucht (*Tabelle 1*). Da Verkehrsinfrastruktur vielfach durch die öffentliche Hand bereitgestellt wird, lassen sich diese Analysen in die Diskussion um die Produktivität des öffentlichen Kapitalstocks einordnen, die infolge von *Aschauer* (1989) entstanden ist. Viele empirische Untersuchungen, die in diesem Kontext durchgeführt wurden, basieren auf dem Produktionsfunktionsansatz. Darin wird gemäß (14) der (private) Output Y_i einer Region i als Funktion des Einsatzes von Arbeit (L_i), (privatem) Kapital (K_i) und öffentlichem Kapital (G_i) sowie als Funktion weiterer Determinanten des Produktionssystems (X_i) erklärt.

$$Y_i = f(L_i, K_i, G_i, X_i). \quad (14)$$

Mithilfe dieses Ansatzes isoliert *Aschauer* (1989) signifikante Wachstumsbeiträge öffentlicher Infrastrukturinvestitionen. Seine Ergebnisse sind jedoch kritisiert worden. So führen beispielsweise *Aaron* (1990) und *Gramlich* (1994) aus, dass *Aschauer's* Ergebnisse eine unplausibel hohe volkswirtschaftliche Rendite in Höhe von mehr als 100 % im Jahr nach der Investition implizieren. Zudem bietet *Aschauer's* methodisches Vorgehen Anlass für Kritik (*Munnell*, 1992; *Romp, de Haan*, 2007). In einer Meta-Analyse können beispielsweise *Bom* und *Lighthart* (2008) zeigen, dass eine mangelhafte Berücksichtigung von Zeitreiheigenschaften in Produktionsfunktionsansätzen zu signifikanten Verzerrungen führt. Wie von *Aaron* (1990) dargestellt, sind in empirischen Analysen auf Grundlage von Zeitreihendaten folglich Stationaritäts- und Kointegrationstests durchzuführen sowie ggf. Fehlerkorrekturmodelle (z. B. *Crowder, Himarios*, 1997) oder Modelle mit Trendbereinigung bzw. in Differenzen (z. B. *Ozby et al.*, 2007) zu verwenden. Zudem ist der Einsatz von Instrumentenvariablen (z. B. *Boarnet*, 1997), Mehrgleichungssystemen (z. B. *Cadot et al.*, 2006) oder vektorautoregressiven Modellen (z. B. *Belloc, Vertova*, 2006) zu erwägen, da umgekehrte Kausalität zwischen dem Output und dem öffentlichen Kapitalstock zu Schätzverzerrungen führen dürfte. Darüber hinaus werden in der Literatur unvollständige Modellspezifikationen (z. B. *Munnell*, 1990; *Holtz-Eakin*, 1994; *Crescenzi, Rodríguez-Pose*, 2012), Bewertungsprobleme des öffentlichen Kapitals (z. B. *Sanchez-Robles*, 1998) und die fehlende Berücksichtigung räumlicher Strukturen (z. B. *Moreno, López-Bazo*, 2007) als

weitere potentielle Verzerrungsquellen diskutiert. Zahlreiche Analysen, die als Antwort auf *Aschauer* (1989) entstanden sind, berücksichtigen diese Kritik und ermitteln dadurch teils erheblich kleinere Outputeffekte von Infrastrukturinvestitionen (*Bom, Lighthart, 2008*).

In einer Metastudie untersuchen *Melo et al.* (2013) erstmals empirische Studien der Outputelastizität von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen. Analog zu *Tabelle 1* deutet ihre Analyse auf eine positive Outputelastizität hin, die jedoch im Mittel geringer ist als die von *Aschauer* (1989) ermittelte Outputelastizität und die zwischen den Wirtschaftszweigen variiert. Zudem bestätigen die Ergebnisse, dass die Verwendung verschiedener Schätzverfahren und Modellspezifikationen einen signifikanten Einfluss auf die geschätzte Outputelastizität hat.

Betrachtet man ergänzend die Ausprägung der Schätzwerte, so deuten einige Studien darauf hin, dass die Produktivität von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen nach dem Gesetz des abnehmenden Grenzertrags sinkt (*Tabelle 1*). Dies ist analog zu *Kapitel 2.2.1* plausibel, wenn der Aufbau einer leistungsfähigen Verkehrsinfrastruktur hohe volkswirtschaftliche Renditen verursacht, nach erfolgreichem Netzaufbau jedoch unproduktive Netzduplierung zu erwarten ist (*Fernald, 1999*). Allerdings kann sich dieser Effekt in Verkehrsnetzen mit geringer Leistungsfähigkeit umkehren. Schließlich muss ein hinreichend großes Bestandsnetz vorhanden sein, damit „umgrenzte Lückenschlüsse“ große Erreichbarkeitsverbesserungen implizieren und somit Wachstumsimpulse auslösen (*Deng et al., 2013*).

Die räumliche Ausbreitung der Produktivitäts- und Wachstumseffekte von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen wird in der Literatur kontrovers beurteilt. Laut *Tabelle 1* gibt es schließlich empirische Evidenz für die Existenz positiver und negativer räumlicher Spillover-Effekte. Die Ergebnisse der Metastudien von *Bom* und *Lighthart* (2008) sowie von *Melo et al.* (2013) zeigen hingegen, dass in Studien für räumlich eng umgrenzte Regionen im Vergleich zu Studien auf nationaler Ebene meist geringere Outputeffekte identifiziert werden. Da auf nationaler Ebene viele Spillover-Effekte internalisiert sind, liefert dieses Ergebnis (schwache) Hinweise darauf, dass positive Spillover-Effekte existieren.

Die Ergebnisse von *Melo et al.* (2013) deuten ferner darauf hin, dass die Wachstumsimpulse von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen zwischen den Verkehrsträgern variieren. So wird für Straßeninfrastrukturinvestitionen häufig eine größere Outputelastizität identifiziert als für Investitionen in die Infrastruktur anderer Verkehrsträger. Daher soll in *Kapitel 3.2* eine verkehrsträgerspezifische Analyse möglicher volkswirtschaftlicher Impulse vorgestellt werden. Dabei muss vor dem Hintergrund der Ergebnisse aus *Kapitel 2* erwogen werden, ob empirische Analysen der Verkehrsinfrastruktur zur Erfassung der verkehrsinduzierten Wachstumsimpulse ausreichend sind. Gemäß *Kapitel 2.2.1* müssen Verkehrsinfrastrukturinvestitionen schließlich nicht immer zu infrastrukturinduzierten Transportangebots- und Überlastungseffekten führen. Zudem können die Wachstumseffekte eines Verkehrssystems auch aus direkten und überlastungsinduzierten Transportangebots- (*Kapitel 2.2.2*) sowie aus direkten und transportangebotsinduzierten Überlastungseffekten (*Kapitel 2.2.3*) resultieren, die durch die Infrastrukturausstattung nicht abgebildet werden.

Tabelle 1: Empirische Analysen der Kosten-, Wachstums- und Produktivitätseffekte von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen (verkehrsträgerübergreifend)

	Untersuchungs- einheit	Zeit- dimension	Straßenver- kehrsmaß	Abhängige Variable	Ergebnisse
<i>Ezcurra et al.</i> (2005)	Spanische Regio- nen	1964-1991 (2-jährig)	Verkehrsinfrastruk- turkapital	Output; Kosten	+ -
<i>Sturm et al.</i> (1999)	Niederlande	1853-1913	Verkehrsinfrastruk- turinvestitionen	Output	+
<i>Démurger</i> (2001)	24 chinesische Provinzen	1985-1998	Dichte des Ver- kehrnetzes	Wachstum (<i>BIP pro Kopf</i>)	+ Abnehmende Grenzproduktivität
<i>Cantos et al.</i> (2005)	Spanische Regio- nen	1965-1995	Verkehrsinfrastruk- turkapital	Output	Outputelastizität: +0 (<i>je nach Sektor</i>) Positive Spillover-Effekte
<i>Cadot et al.</i> (2006)	21 französische Regionen	1985-1992	Verkehrsinfrastruk- turkapital	Arbeitspro- duktivität	+
<i>Moreno, López- Bazo</i> (2007)	50 spanische Provinzen	1965-1997	Verkehrsinfrastruk- turkapital	Output	+ Negative Spillover-Effekte Hinweise auf abnehmende volkswirtschaftliche Rendite
<i>Fedderke, Bogetic</i> (2009)	22 südafrikani- sche Industrie- zweige	1970-1993	Infrastrukturkapital (<i>nicht nur Verkehr</i>)	Arbeitspro- duktivität; Totale Faktor- produktivität	Weitgehend +
<i>RWI</i> (2010)	Deutsche Bundes- länder	1992-2006	Verkehrsinfrastruk- turkapital	Output	Outputelastizität: 0,03 (<i>kurzfristig</i>) 0,04 bis 0,08 (<i>langfristig</i>) Hinweise auf positive Spillover- Effekte
<i>Calderón et al.</i> (2011)	88 Länder	1960-2000	Verkehrsinfrastruk- turdichte (<i>Straße und Schiene</i>)	Output	+
<i>Yu et al.</i> (2012)	28 chinesische Regionen	1978-2008	Verkehrsinfrastruk- turkapital	Output	+ Starke räumliche Heterogenität der Effekte
<i>Di Giacinto et al.</i> (2012)	18 italienische Regionen	1970-2007	Verkehrsinfrastruk- turkapital	Output	+
<i>Yu et al.</i> (2013)	29 chinesische Provinzen	1978-2009	Verkehrsinfrastruk- turkapital	Output	+ Heterogene Spillover-Effekte

+ *signifikant positive Effekte* 0 *keine signifikanten Effekte* - *signifikant negative Effekte*

3.2 Verkehrsträgerspezifische Analyse

Im Folgenden werden empirische Ergebnisse verkehrsträgerspezifischer Analysen möglicher Standortwahl-, Produktivitäts- und Wachstumsimpulse von Verkehrssystemen vorgestellt. Um die Unterschiede im Studiendesign zu erörtern, werden anhand des Interaktionspotentialmodells (*Kapitel 2*) die Eigenschaften der Verkehrsträger ermittelt, die Raumüberwindung ermöglichen und volkswirtschaftliche Impulse anstoßen. Darauf aufbauend lassen sich die vorliegenden empirischen Analysen strukturieren und kritisch diskutieren.

3.2.1 Straßenverkehr

Straßenverkehrsleistungen werden weitgehend durch die Interagierenden selbst produziert.¹⁴ Die Existenz direkter oder induzierter Transportangebotseffekte ist folglich für den Straßenverkehr nachrangig zu prüfen, sodass empirische Analysen der Impulse des Straßenverkehrs auf direkte Infrastruktureffekte, direkte Überlastungseffekte und infrastrukturinduzierte Überlastungseffekte fokussiert werden können (*Kapitel 2.2*). Um die Selbstproduktion durchzuführen und von positiven Interaktionseffekten zu profitieren, müssen die Interagierenden jedoch über die technischen Produktionsmöglichkeiten für Verkehrsleistungen verfügen und dürfen durch institutionelle Restriktionen nicht an der Selbstproduktion gehindert werden. *Baum* (2009) isoliert dementsprechend einen positiven Einfluss der Transportmittelverfügbarkeit auf die individuelle Erwerbsbeteiligung. Zudem stellen *Botasso* und *Conti* (2010) fest, dass die Wachstumseffekte von Straßeninfrastrukturinvestitionen in Europa vom Liberalisierungsgrad des Straßengüterverkehrs abhängig sind.

3.2.1.1 Straßenbau und ökonomische Aktivität

In entwickelten Volkswirtschaften sind die technischen Produktionsmöglichkeiten für Straßenverkehrsleistungen meist vorhanden.¹⁵ Wenn institutionelle Rahmenbedingungen die Selbstproduktion von Straßenverkehrsleistungen nicht beschränken, können Straßeninfrastrukturinvestitionen das Interaktionspotential aufgrund des direkten Infrastruktureffekts und des infrastrukturinduzierten Überlastungseffekts (*Kapitel 2.2.1*) steigern. Straßenbau würde folglich das Standortwahlverhalten gewinnmaximierender Unternehmen beeinflussen und positive Produktivitäts- und Wachstumsimpulse auslösen. Empirische Studien bestätigen, dass eine bessere Straßeninfrastruktur Unternehmen anzieht (*Tabelle 2*), Handel fördert (*Bougheas et al.*, 1999) und Wachstumseffekte anstößt (*Tabelle 3*; *Bhatta, Drennan*, 2003). Die Annahme fehlender institutioneller Restriktionen für die Selbstproduktion gilt jedoch im Straßengüterverkehr häufig nicht (*Conway, Nicoletti*, 2006). Die Nichtberücksichtigung der Regulierung kann daher die Ergebnisse einiger Studien verzerren.

¹⁴ Straßengüterverkehr wird durch die Interagierenden unmittelbar in Auftrag gegeben. Im Personenverkehr stellen die Interagierenden Verkehrsleistungen weitgehend selbst mit PKW her. Der Anteil des Busverkehrs, der teilweise von Dritten bereitgestellt wird, beträgt im Jahr 2009 lediglich 9,5% der Straßenpersonenverkehrsleistung in den EU-27-Staaten.

¹⁵ Im Jahr 2011 waren in Deutschland 42,3 Mio. PKW und 2,6 Mio. LKW zugelassen. Ferner besaßen im Jahr 2008 etwa 60 Mio. Einwohner eine PKW-Fahrerlaubnis (*BMVBS*, 2012).

Tabelle 2: Standortwahlentscheidungen und Straßenverkehr

	Untersuchungs- einheit	Zeit- dimension	Straßen- verkehrsmaß	Untersuchungs- gegenstand	Ergebnisse
<i>Button et al.</i> (1995)	939 schottische Unternehmen	1991	Straßenanbindung	Determinanten der Standortwahlentschei- dung	Hohe Bedeutung der Straßenanbindung Die Straßenanbindung verursacht nur selten Standortverlagerungen
<i>Van Dijk, Pellenbarg</i> (2000)	1.338 niederlän- dische Firmen	1995-1996	Straßennähe	Absicht zur Standort- verlagerung	0
<i>Holl</i> (2004a)	Spanische Kommunen	1980-1994	Autobahnnähe	Firmengründungen (Anzahl)	+ Negative Spillover-Effekte
<i>Holl</i> (2004b)	275 portugiesi- sche Kommunen	1986-1997	Autobahnnähe	Firmengründungen (Anzahl)	Meist + Negative Spillover-Effekte
<i>Hong</i> (2007)	Logistikfirmen in China	2001	Straßendichte	Standortwahlentschei- dungen ausländischer Investoren	+
<i>Otsuka</i> (2008)	47 japanische Präfekturen	1981-2001	Erreichbarkeitsmaß (basierend auf der Straßenreisezeit)	Firmengründungen (Anzahl)	+
<i>Melo et al.</i> (2010)	Portugiesische Kommunen	1995-2003	Autobahndichte	Eröffnungen von Betrieben (Anzahl)	+ Positive Spillover-Effekte
<i>Mukim, Nun- nenkamp</i> (2012)	19.500 ausl. Direktinvestiti- onsprojekte in Indien	1991, 1996, 2001	Straßendichte, Busanbindung	Standortwahl für ausländische Direk- tinvestitionen (Anzahl und Wahlkalkül)	Meist +

+ *signifikant positive Effekte*0 *keine signifikanten Effekte*

Analog zu *Kapitel 3.1* und zu *Fernald* (1999) deuten viele Analysen darauf hin, dass die Wachstumsimpulse von Straßeninfrastrukturinvestitionen mit der Größe des vorhandenen Straßennetzes abnehmen (*Tabelle 3*). Schließlich würde weiterer Straßenbau in einem leistungsfähigen, nicht überlasteten Straßennetzwerk zur Duplizierung des Netzes führen, wodurch keine signifikanten Interaktionspotentialeffekte entstehen. Für den Straßenbau gibt es jedoch Hinweise darauf, dass sich dieser Zusammenhang in wenig leistungsfähigen Straßennetzen umkehrt. So zeigen *Deng et al.* (2013), dass die Outputelastizität von Straßeninfrastrukturinvestitionen in China sowohl mit hoher als auch mit geringer Dichte des Bestandsnetzes klein ist. Schließlich würden inkrementelle Verbesserungen eines noch unzureichenden Straßennetzes ebenfalls nur kleine Erreichbarkeitseffekte auslösen.

Tabelle 3: Empirische Analysen der Beschäftigungs-, Kosten- sowie Produktivitäts- und Outputeffekte des Straßenverkehrs

	Untersuchungs- einheit	Zeit- dimension	Straßen- verkehrsmaß	Abhängige Variable	Ergebnisse
<i>Jiwattanakul- paisarn et al.</i> (2010)	US-Bundesstaaten	1984-1997	Netzlänge	Beschäftigung	+ (<i>Dienstleistungen</i>) - (<i>Industrie</i>) Negative Spillover-Effekte
<i>Percoco</i> (2010)	103 italienische Provinzen	2002	Netzlänge	Beschäftigung	+ (<i>Dienstleistungssektor</i>)
<i>Seitz</i> (1993)	31 deutsche Wirtschaftszweige	1970-1989	Straßeninfrastruk- turkapital; Auto- bahnnetzlänge	Kosten	-
<i>Aschauer</i> (1990)	48 US- Bundesstaaten	1960-1985	Straßennetzdichte	Output	+
<i>Garcia-Milà, McGuire</i> (1992)	US-Bundesstaaten	1969-1983	Highway-Kapital	Output	Outputelastizität: 0,044-0,045
<i>Forslund, Johannson</i> (1995)	284 schwedische Kommunen	1980/1988	Hafenanreise (<i>Straße</i>); Auto- fahrgeschwindigkeit	Output	- +
<i>Boarnet</i> (1998)	Kalifornische Landkreise	1969-1988	Highway-Kapital	Output	+ Negative Spillover-Effekte
<i>Fernald</i> (1999)	29 amerikanische Wirtschaftszweige	1953-1989	Straßenkapital	Produktivität	bis 1973: + ab 1973: 0
<i>Zhang, Fan</i> (2004)	290 indische Distrikte	1971-1994	Straßendichte	Totale Faktor- produktivität (<i>Landwirt- schaft</i>)	+
<i>Pereira, Andraz</i> (2004)	USA und US- Bundesstaaten	1977-1999	Highway- Investitionen	Output	Outputelastizität: 0,139 (USA); für Bundesstaaten meist geringer Positive Spillover-Effekte
<i>Cantos et al.</i> (2005)	Spanische Regio- nen	1965-1995	Straßenkapitalstock	Output	Outputelastizität: +/-0 (<i>je nach Sektor</i>) Positive Spillover-Effekte
<i>Berechman et al.</i> (2006)	US Bundesstaa- ten; 18 Kreise, 389 Kommunen in New York und New Jersey	1990-2000	Highway-Kapital	Output	Outputelastizität: + (<i>Bundesstaaten</i>) 0 (<i>Gemeinden</i>) Positive Spillover-Effekte (<i>kleinräumige Abgrenzung</i>)
<i>Delgado, Álvarez</i> (2007)	50 spanische Provinzen	1970-1988	Straßenkapital (<i>Autobahnen und 2-spurige Bundes- straßen</i>)	Output	Outputelastizität: 0,0049 Hinweise auf Spillover-Effekte

<i>Ozbay et al.</i> (2007)	18 Landkreise in New York und New Jersey	1990-2000	Straßeninfrastruktur	Output	Outputelastizität: 0,017 bis 0,057 Negative Spillover-Effekte
<i>Gunasekera et al.</i> (2008)	Unternehmen in Sri Lanka	1990/2000	Straßenbauprojekt (<i>Vorher-Nachher</i>)	Output; Einkommen	+
<i>Bronzini, Piselli</i> (2009)	Italienische Regionen	1980-2001	Straßenkapitalstock; Netzlänge	Output	+ Positive Spillover-Effekte
<i>Fedderke, Bogetic</i> (2009)	22 südafrikanische Industriezweige	1970-1993	Netzlänge	Arbeitsproduktivität; Totale Faktorproduktivität	Weitgehend +
<i>Bottasso, Conti</i> (2010)	11 europäische Länder, 22 Wirtschaftszweige	1980-2003	Netzlänge	Output	+ Abnehmende Outputelastizität Abhängig von der Liberalisierung des Straßengüterverkehrs
<i>Hong et al.</i> (2011)	31 chinesische Provinzen	1998-2007	Landgebundene Transportinfrastruktur (<i>Straßen- und Schienennetz-dichte</i>)	Output	+ Abnehmende Outputelastizität
<i>Álvarez-Ayuso, Delgado-Rodríguez</i> (2012)	17 spanische Provinzen	1980-2008	Kapitalstock (<i>Autobahnen und 2-spurige Bundesstraßen</i>)	Output	+ Positive Spillover-Effekte
<i>Jiwattanakulpaisarn et al.</i> (2012)	US-Bundesstaaten	1984-2005	Straßennetz-dichte	Output	Outputelastizität: 0,035-0,039 Positive Spillover-Effekte
<i>Crescenzi, Rodríguez-Pose</i> (2012)	11 europäische Länder (z. T. auf NUTS-2 Ebene)	1990-2004	Straßennetzwerk (<i>Dichte und Länge</i>)	Output	0
<i>Tong et al.</i> (2013)	44 US-Bundesstaaten	1981-2004	Straßeninfrastrukturkapital	Output (<i>Agrarsektor</i>)	+ Hinweise auf positive Spillover-Effekte
<i>Deng et al.</i> (2013)	30 chinesische Provinzen	1987-2010	Highway-Dichte	Output-wachstum	+ Veränderung des Effekts mit dem Bestandsnetz

+ *signifikant positive Effekte* 0 *keine signifikanten Effekte* - *signifikant negative Effekte*

3.2.1.2 Staubeseitigung und ökonomische Aktivität

Die Interaktionspotentialeffekte des Straßenverkehrs können auch aus den direkten Überlastungseffekten von Staus (*Kapitel 2.2.3*) und den infrastrukturinduzierten Überlastungseffekten des Straßenbaus (*Kapitel 2.2.3*) resultieren. Staus steigern schließlich Transportkosten aufgrund höherer Betriebs-, Zeit- und Unsicherheitskosten (*Stopher, 2004; Sweet,*

2011), sodass sie ein Interaktions- und Wachstumshindernis darstellen. Es verwundert daher nicht, dass *Melo et al.* (2013) die unterlassene Modellierung von Staus als Verzerrungsquelle von Analysen verkehrsinfrastrukturinduzierter Wachstumsimpulse identifizieren. Ferner zeigen die Ergebnisse empirischer Untersuchungen, dass Unternehmen Staus in Ballungsräumen als einen Agglomerationsnachteil bewerten und dass Staus tatsächlich zu Beschäftigungs- und Wachstumseinbußen führen (*Boarnet*, 1997; *Graham*, 2007; *Hymel*, 2009). Im Umkehrschluss können Maßnahmen zur Staubeseitigung positive ökonomische Impulse verursachen:

- **Straßeninfrastrukturprojekte** stoßen positive infrastrukturinduzierte Überlastungseffekte (*Kapitel 2.2.1*) an, wenn sie die Straßeninfrastrukturüberlastung tatsächlich reduzieren. Gemäß dem „*fundamental law of road congestion*“ (*Downs*, 1962), auf dessen Gültigkeit empirische Studien hindeuten (*Duranton*, *Turner*, 2011), entsteht infolge der baulichen Beseitigung von Kapazitätsengpässen allerdings induzierter Verkehr, sodass diese Projekte meist keine systematischen Überlastungsreduktionen auslösen. Ausbaumaßnahmen an Engpässen werden somit vielfach keine positiven Interaktionspotential- und Wachstumseffekte anstoßen.
- Infolge direkter Überlastungseffekte (*Kapitel 2.2.3*) könnte etwa eine strecken- und zeitabhängige Maut **Staus ohne Straßenbau beseitigen**. Eine Maut vermag schließlich durch ihre verkehrsverlagernde Wirkung positive Interaktionspotentialbeiträge auszulösen, wenn sie zu einem gleichmäßigen Verkehrsfluss führt und induzierten Verkehr infolge der Überlastungsreduktion eindämmt. Übersteigt eine Maut, die zur Sicherung eines gleichmäßigen Verkehrsflusses erforderlich ist, hingegen die Staukosten, so verursacht sie negative Interaktionspotentialeffekte. Eine Maut kann folglich den bedarfsgerechten Straßenbau nicht vollständig ersetzen.

3.2.1.3 Räumliche Struktur der ökonomischen Effekte

Aufgrund des Netzwerkcharakters der Straßeninfrastruktur kann eine Straßeninfrastrukturinvestition in einer Region auch in anderen Regionen Transportkostensenkungen auslösen. Dazu muss die Infrastruktur von Interagierenden anderer Regionen genutzt werden (*Abbildung 2*). Dieser Hypothese entsprechend identifizieren *Limão* und *Venables* (2001) Transportkostensenkungen und steigende Handelsvolumina zwischen zwei Regionen, wenn die Transitinfrastruktur¹⁶ verbessert wird. *Gutiérrez et al.* (2010) stellen zudem anhand einer Simulation der Erreichbarkeitseffekte des spanischen Verkehrsinfrastrukturplans für die Jahre 2005 bis 2020 die weiträumige Verteilung der induzierten Erreichbarkeitseffekte dar. Maßnahmen zur Stärkung des Straßenverkehrs können folglich positive (regionale) Spillover-Effekte auslösen. Wenn hingegen induzierter Verkehr infolge einer Maßnahme die Verkehrsinfrastrukturüberlastung erhöht (*Kapitel 2.2.1*) oder Unternehmen ihre Standorte zulasten anderer Regionen verlagern, können negative Spillover-Effekte entstehen. Die

¹⁶ *Limão* und *Venables* (2001) betrachten Straßen-, Schienen- und Telekommunikationsinfrastruktur.

aggregierte Messbarkeit positiver oder negativer Spillover-Effekte in empirischen Analysen ist folglich davon abhängig, in welchem Ausmaß Netzwerkeffekte sowie Überlastungs- und Verlagerungseffekte auftreten.

In summa sind für den Straßenverkehr bereits positive und negative Spillover-Effekte identifiziert worden (*Tabellen 2 und 3*). Gemäß *Berechman et al. (2006)* ist die Prävalenz von Spillover-Effekten jedoch vorwiegend bei einer kleinräumigen Untergliederung des Untersuchungsraums gegeben. Wird hingegen eine weiträumige Regionsdefinition verwendet, so werden bevorteilte und benachteiligte Räume erfasst. Spillover-Effekte entstehen nicht. Wenn nun in empirischen Untersuchungen mit weiträumiger Regionsdefinition (z. B. USA) positive Wachstumsbeiträge des Straßenverkehrs isoliert werden (*Tabelle 3*), so lässt dieses Ergebnis auf die Existenz gesamtwirtschaftlicher Wachstumsimpulse des Straßenverkehrs schließen. Regionale, straßenverkehrsinduzierte Wachstumsimpulse resultieren somit nicht ausschließlich aus Standortverlagerungen zulasten einiger Regionen.

Um den Netzwerkcharakter der Straßeninfrastruktur zu erfassen und somit die regionsübergreifenden Erreichbarkeitseffekte des Straßennetzes zu modellieren, sind Erreichbarkeitsindikatoren (*Forsslund, Johannson, 1995; Hesse et al., 2012*) geeignet. Durch ihre Verwendung in Produktionsfunktionsansätzen könnten folglich die Wirkungsmechanismen positiver und negativer Spillover-Effekte getrennt werden. Ferner würden durch ihre Berücksichtigung Bewertungsprobleme des öffentlichen Straßeninfrastrukturkapitals, die aus fehlenden Marktpreisen und potentiell verzerrten historischen Kosten resultieren (*Sanchez-Robles, 1998*), vermieden. Im Gegensatz zu physischen Netzindikatoren spiegeln Erreichbarkeitsmaße ferner die Qualitätsmerkmale der Straßeninfrastruktur unmittelbar wider.

3.2.2 Luftverkehr

Wie in *Abbildung 5*¹⁷ für die USA dargestellt ist, wird Passagierluftverkehr vornehmlich nach Flugplänen durchgeführt. Der Anteil der planmäßigen Flüge im Frachtverkehr ist zwar geringer, der überwiegende Teil des Verkehrsaufkommens wird aber gemäß *Abbildung 5* auch im Frachtverkehr nach Flugplänen abgewickelt. Die Interaktionspotentialeffekte des Luftverkehrs entstehen somit vorwiegend durch direkte Transportangebotseffekte (*Kapitel 2.2.2*) sowie durch infrastruktur- (*Kapitel 2.2.1*) und überlastungsinduzierte Transportangebotseffekte (*Kapitel 2.2.3*). Die Existenz luftverkehrsinduzierter Interaktionspotentiale ist folglich davon abhängig, dass Dritte (Fluggesellschaften) Luftverkehrsangebote anbieten. Diese Angebote können wie folgt beeinflusst werden:

- Luftverkehrsangebote können im europäischen Rechtsrahmen mithilfe von **Anreizprogrammen** zur Routenentwicklung durch die Flughäfen (*Malina et al., 2012*) oder mithilfe von **Subventionen** für einzelne Flugstrecken durch den Staat („*Public Service Obligations*“) gefördert werden. Derartige Instrumente verursa-

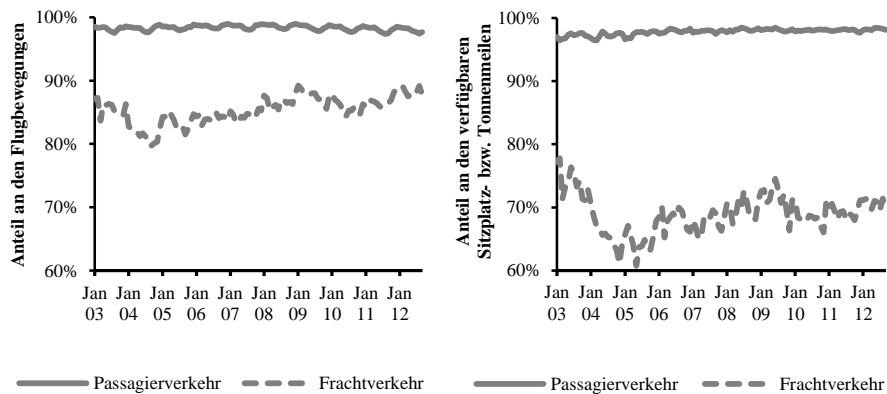
¹⁷ Selbstproduktion, die nicht durch eine Fluggesellschaft erbracht wird, wird in *Abbildung 5* nicht erfasst.

chen direkte Transportangebotseffekte (*Kapitel 2.2.2*), wenn sie effektiv sind, nicht aus Verkehrsangebotsverlagerung resultieren und keine kapazitätsbedingte Verkehrsangebotsverdrängung auslösen.

- **Investitionen in die Luftverkehrsinfrastruktur**, beispielsweise der (Aus-)Bau eines Flughafens, oder eine **effizientere Nutzung vorhandener Flughafeninfrastruktur** lösen Interaktionspotentialeffekte aus, wenn Fluggesellschaften infolge der Maßnahme das Verkehrsangebot verbessern (induzierte Transportangebotseffekte, *Kapitel 2.2.1* und *2.2.3*). Eine derartige Angebotsverbesserung ist dann zu erwarten, wenn ohne die Maßnahme die Erstellung von Verkehrsangeboten durch die Infrastrukturausstattung eines Flughafens oder durch seine Auslastung beschränkt wird. Die regionalen Interaktionspotentialeffekte derartiger Maßnahmen resultieren zudem meist nicht aus der Konnektivität zu weiteren Zielregionen, sondern aus Zugangserleichterungen zum Luftverkehrsangebot im Umfeld des Projekts. Schließlich ist dort die Anreise zu einem weiter entfernten Flughafen, an dem ein entsprechendes Luftverkehrsangebot verfügbar ist, nicht mehr notwendig.

Im Gegensatz zum Straßenverkehr werden die ökonomischen Impulse des Luftverkehrs somit unmittelbar durch das Verkehrsangebot und allenfalls mittelbar durch Infrastrukturbereitstellung, Infrastrukturüberlastung oder institutionelle Angebotsregulierung verursacht. Empirische Studien zur Analyse luftverkehrsinduzierter ökonomischer Impulse müssten daher vorwiegend auf die Transport- statt auf die Infrastrukturebene fokussiert sein.

Abbildung 5: Anteil des flugplanmäßigen Verkehrs, der mindestens einen US-Flughafen berührt



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von Daten des Bureau of Transport Statistics.

3.2.2.1 Luftverkehrsanbindung und ökonomische Entwicklung

Betrachtet man zunächst die Ergebnisse empirischer Studien über luftverkehrsinduzierte ökonomische Impulse, so deuten ihre Ergebnisse aus verschiedenen Perspektiven auf die Existenz positiver ökonomischer Effekte hin. So sind insbesondere für international tätige Unternehmen positive Standortwahleffekte einer guten Luftverkehrsanbindung zu identifizieren (*Button et al.*, 1995; *Hong*, 2007). Zudem liegen Hinweise auf die Anziehung ausländischer Direktinvestitionen durch eine gute Luftverkehrsanbindung vor (*Ciešlik*, 2005; *Kasarda, Green*, 2005; *Hong*, 2007).¹⁸ Da Luftverkehr schnellen Transport über lange Distanzen ermöglicht und ihm daher eine hohe Bedeutung für den Globalisierungsprozess zugemessen wird (*Hummels*, 2007), verwundern diese Ergebnisse nicht. Die Identifikation luftverkehrsinduzierter Beschäftigungs-, Produktivitäts- und Wachstumsimpulse ist vor diesem Hintergrund ebenfalls zu erwarten (*Tabelle 4*).

Wendet man sich den Messkonzepten für die Luftverkehrsanbindung zu, so ist im Gegensatz zu Analysen der Impulse des Straßenverkehrs eine starke Fokussierung auf die Transportebene feststellbar. In vielen Studien werden schließlich die Impulse des Passagier- bzw. Frachtaufkommens oder die Impulse der Flugbewegungszahl untersucht (*Tabelle 4*). Allerdings können auch diese Messkonzepte zu Ergebnisverzerrungen führen. Die Verwendung des Verkehrsaufkommens ist zur Erfassung der Luftverkehrsanbindung schließlich nur eingeschränkt geeignet, da das Verkehrsaufkommen ein Marktergebnis und nicht die angebotsinduzierte Luftverkehrskonnektivität abbildet (*Allroggen, Malina*, 2014). Die Interaktionspotentialeffekte eines Fluges mit hoher Nachfrage sind jedoch *ceteris paribus* nicht anders zu bewerten als die eines Fluges mit geringen Passagiervolumina.¹⁹ Wird daher statt des Luftverkehrsaufkommens auf die Zahl der Flugbewegungen zurückgegriffen, so kann nur die Konnektivität von Direktverbindungen erfasst werden. Die Anbindungseffekte von Flügen zu einem Drehkreuz, durch die viele Ziele mit einem Umstieg erreicht werden, lassen sich durch die Zahl der Flugbewegungen hingegen nicht abbilden.

Die Verwendung von Erreichbarkeitsindikatoren (*Matisziw, Grubestic*, 2010), die eine Modellierung der Luftverkehrskonnektivität unter Berücksichtigung von Umsteigeverbindungen ermöglicht, könnte die geschilderten Verzerrungen vermeiden. Ein Beispiel dafür liefert *IATA* (2007). Auch der Ansatz von *Yamaguchi* (2007), der Flugzeiten, Ticketkosten, Zeitkosten und Flugfrequenzen berücksichtigt, ist eine plausible Erweiterung der bisher verwendeten Messkonzepte.

¹⁸ Andere Untersuchungen identifizieren keine signifikanten Effekte (*Head, Ries*, 1996; *Cassidy, Andreosso-O'Callaghan*, 2006; *Yavan*, 2010).

¹⁹ Touristische Zielregionen, deren Anbindung häufig hohe Passagiervolumina erzeugt, weisen teils keine hohe Zielregionsattraktivität für die ökonomische Interaktion auf. Die Passagierzahl ist folglich ein potentiell verzerrter Indikator für die Zielregionsattraktivität. Die Bewertung der Zielregionsattraktivität ist somit konzeptionell von der Erfassung von Konnektivität zu trennen.

Tabelle 4: Empirische Untersuchungen der Bevölkerungs-, Beschäftigungs-, Kosten-, Produktivitäts- und Outputeffekte des Luftverkehrs

	Untersuchungs- einheit	Zeit- dimension	Messkonzept Luftverkehr	Abhängige Variable	Ergebnisse
<i>Button et al.</i> (1999)	321 US-Regionen	1994	Hub-Flughafen	Beschäftigung (<i>Hightech</i>)	Etwa 12.000 zusätzliche Arbeitsplätze in Hub-Städten
<i>Brueckner</i> (2003)	91 US-Metropolregionen	1996	Passagierzahl	Beschäftigung	Beschäftigungselastizität: <i>Dienstleistungen</i> : 0,10-0,13 <i>Industrie</i> : meist 0 <i>Gesamt</i> : 0,07-0,09
<i>Green</i> (2007)	83 US-Metropolregionen	1990 gegenüber 2000	Passagierzahl (<i>Gesamt- und Quellauflkommen</i>), Frachttonnage	Bevölkerungs- und Beschäftigungswachstum	+ <i>Frachtverkehr</i> : 0
<i>Percoco</i> (2010)	103 italienische Provinzen	2002	Passagierzahl, Flugbewegungen	Beschäftigung	+ (<i>Dienstleistungen</i>) Positive Spillover-Effekte
<i>Button, Yuan</i> (2013)	35 Flughäfen, 32 US-Metropolregionen	1990-2009	Luftfrachtaufkommen (<i>Quell-Ziel-Aufkommen</i>)	Einkommen; Beschäftigung	+
<i>Cohen, Morrison Paul</i> (2003)	48 US-Bundesstaaten	1982-1996	Flughafenkapital	Herstellungskosten	- Spillover-Effekte in verbundenen Staaten
<i>Cooper, Smith</i> (2005)	24 EU-Staaten	1994-2003	Luftverkehrsaufkommen (<i>je 1 € BIP</i>)	Totale Faktorproduktivität; Private Investitionen	+ +
<i>Cantos et al.</i> (2005)	Spanische Regionen	1965-1995	Flughafenkapital	Output	0 / + Hinweise auf Spillover-Effekte
<i>IATA</i> (2007)	47 Staaten	1996-2005	Konnektivitätsindex	Arbeitsproduktivität	+
<i>Yamaguchi</i> (2007)	47 japanische Präfekturen	1995 und 2000	Inländische Erreichbarkeit im Luftverkehr (<i>Ticketkosten, Zeitkosten und Flugfrequenz</i>)	Output	+ (<i>insbes. Metropolregionen</i>)
<i>Fedderke, Bogetić</i> (2009)	22 südafrikanische Industriezweige	1970-1993	Passagierzahl	Arbeitsproduktivität; Totale Faktorproduktivität	+
<i>Sellner, Nagl</i> (2010)	EU-15	1993-2006	Passagierzahl	Output; Investitionen	<i>Outputelastizität</i> : 0,014 <i>Investitionselastizität</i> : 0,051
<i>Hong et al.</i> (2011)	31 chinesische Provinzen	1998-2007	Luftverkehrsfaktor (<i>Flughafendichte, Terminalfläche, Start- und Landebahnsystem</i>)	Outputwachstum	Meist 0
<i>Allroggen, Malina</i> (2014)	11 deutsche Flughafenregionen	1997-2006	Flugbewegungen (<i>Linie</i>), Flughafenkapital	Output	<i>Heterogene Effekte</i> : Abhängig von der Flughafen- größe und Verkehrsgüte

+ *signifikant positive Effekte*0 *keine signifikanten Effekte*- *signifikant negative Effekte*

3.2.2.2 Räumliche Struktur der ökonomischen Effekte

Flughäfen sind Zugangspunkte zum Luftverkehr, die zumindest in bestimmten Größenbereichen Economies of Scale und Economies of Density aufweisen (*Pels et al.*, 2001; *Pels et al.*, 2003). Ferner müssen Fluggesellschaften die Luftverkehrsnachfrage bündeln, um Luftverkehrsangebote bereitstellen zu können. Betrachtet man einen Untersuchungsraum in einer feingliedrigen Regionsstruktur, so sollte ein Flughafen daher aus volkswirtschaftlicher Perspektive Luftverkehrsangebote für viele Regionen bereitstellen. Diese überregionale Bedeutung von Flughäfen illustriert *Lieshout* (2012) anhand von Passagierströmen. Regionen in Flughafennähe und ohne eigenen Flughafen haben somit ebenfalls eine Luftverkehrsanbindung, die unter Berücksichtigung des Flughafenzugangs mithilfe von Erreichbarkeitsindikatoren im Luftverkehrsnetz abgebildet werden könnte. Diese überregionale Konnektivität wird in vielen Analysen jedoch nicht berücksichtigt und ist eine mögliche Ursache von Verzerrungen. Schließlich begründet die überregionale Bedeutung von Flughäfen die Existenz positiver Spillover-Effekte.

Analog zum Straßenverkehr kann ein verbessertes Luftverkehrsangebot auch negative Spillover-Effekte aufgrund von Unternehmensverlagerungen zugunsten des Flughafenumfeldes und zulasten anderer Regionen auslösen. Negative Spillover-Effekte entstehen ferner, wenn Verkehrsangebote von einem Flughafen zu einem anderen verlagert werden oder wenn infolge neuer Luftverkehrsangebote an einem Flughafen vergleichbare Luftverkehrsangebote an einem anderen Flughafen eingestellt werden.

In empirischen Analysen werden positive Spillover-Effekte gemessen, wenn die Effekte der überregionalen Flughafenbedeutung größer sind als die Verlagerungseffekte. *Percoco* (2010) liefert Hinweise für dieses Szenario. Für das gegenteilige Szenario liegen hingegen allenfalls bei *Cantos et al.* (2005) schwache Hinweise vor. Diese empirischen Befunde widersprechen der Existenz der Wirkungsmechanismen, die zu negativen Spillover-Effekten führen, jedoch nicht. Wenn die Erreichbarkeitsmaße im Luftverkehr um den Flughafenzugang erweitert würden, ließen sich die Standortverlagerungseffekte von den Effekten der überregionalen Flughafenbedeutung separieren und jeweils gesondert analysieren.

3.2.3 Schienenverkehr

Schiene wird nahezu ausschließlich von Dritten bereitgestellt. Seine Interaktionspotentialeffekte resultieren somit analog zum Luftverkehr aus direkten Transportangebotseffekten (*Kapitel 2.2.2*) sowie aus infrastruktur- (*Kapitel 2.2.1*) und überlastungsinduzierten Transportangebotseffekten (*Kapitel 2.2.3*). Schieneninfrastrukturprojekte lösen folglich nur dann Interaktionspotentialeffekte aus, wenn infolge der Infrastrukturmaßnahme die Personenverkehrsangebote verbessert werden. Es wäre daher zu erwarten, dass Analysen der ökonomischen Impulse des Schienenpersonenverkehrs auf die Transportebene fokussiert sind.

Signifikante Anteile des *Schienengüterverkehrs* werden hingegen von den Interagierenden selbst produziert oder unmittelbar in Auftrag gegeben.²⁰ Wie im Straßenverkehr können im Schienengüterverkehr folglich direkte Infrastruktureffekte (*Kapitel 2.2.1*) sowie direkte (*Kapitel 2.2.3*) und infrastrukturinduzierte Überlastungseffekte (*Kapitel 2.2.1*) entstehen. Es wäre daher zu vermuten, dass Schieneninfrastruktur, Schieneninfrastrukturüberlastung und institutionelle Hürden der Produktion von Schienengüterverkehrsleistungen im Mittelpunkt von Analysen der Impulse des Schienengüterverkehrs stehen.

Mithilfe des Konzepts der „Social Savings“ (*SoSa*) (*Fogel, 1964*) haben Wirtschaftshistoriker implizit die Transportkostensparnisse des gesamten Schienenverkehrssystems infolge des Schienennetaufbaus im 19. Jahrhundert untersucht:

$$SoSa = (p_{CF} - p_{Rail}) \cdot q_{CF}, \quad (14)$$

wobei p_{CF} und p_{Rail} die Kosten für Verkehrsleistungen ohne bzw. mit Eisenbahnnetz sowie q_{CF} das Transportaufkommen sind.²¹ Die Ergebnisse dieser Analysen deuten darauf hin, dass der Aufbau eines Eisenbahnnetzes hohe gesellschaftliche Ersparnisse verursacht (*Tabelle 5*), die gemäß *Kapitel 2* weitere Effekte anstoßen dürften.

Da Unternehmen von den Interaktionspotentialeffekten des Bahnverkehrs profitieren könnten, müsste die Verfügbarkeit von Bahnverkehr das Standortwahlverhalten gewinnmaximierender Unternehmen beeinflussen. Dies bestätigen die Ergebnisse von *Button et al. (1995)* und *Melo et al. (2010)*. *Van Dijk* und *Pellenbarg (2000)* stellen hingegen keinen Effekt der Bahnanbindung auf Standortverlagerungen fest. Dieses Ergebnis ist zum einen kongruent zu *Button et al. (1995)*, die zwar positive Standortwahleffekte der Verkehrsanbindung isolieren, aber nur sehr wenige Standortverlagerungen aufgrund schlechter Verkehrsanbindung identifizieren können. Zum anderen könnte es auf eine sehr gute flächendeckende Bahnanbindung in den Niederlanden hinweisen, sodass die Bahnanbindung für einzelne Standorte keine Entscheidungsrelevanz besitzt. Empirische Hinweise auf abnehmende Grenzerträge der Schieneninfrastruktur untermauern die Relevanz der zuletzt genannten Argumentation (*Tabelle 5*). Trotz potentiell abnehmender Grenzerträge der Schienenverkehrsanbindung deuten die Ergebnisse zahlreicher Studien jedoch noch immer darauf hin, dass die Schienenanbindung die Bevölkerungsentwicklung fördert sowie signifikante Produktivitäts- und Wachstumseffekte auslöst (*Tabelle 5*).

Da der Zugang zum Bahnnetz nur an Bahnhöfen²² möglich ist, ist ihre Existenz eine Voraussetzung dafür, dass der Bahnverkehr Interaktionspotentialeffekte auslösen kann. Einige

²⁰ So wurden im Jahr 2010 rund 69 % des Güteraufkommens für die Montanindustrie, das von der DB Schenker Rail Deutschland AG befördert wurde, mit Ganzzügen abgewickelt (*DB Schenker Rail Deutschland, 2011*). Diese Züge werden häufig von den Interagierenden unmittelbar beauftragt.

²¹ An diesem Vorgehen gibt es erhebliche Kritik (*McClelland, 1972*). Hinzuweisen ist insbesondere auf die Definition des konterfaktischen Ereignisses.

²² Zur Vereinfachung werden im Folgenden Gleisanschlüsse und Frachterminals ebenfalls als „Bahnhöfe“ bezeichnet.

Studien (*Tabelle 5*) modellieren daher die Interaktionspotentialeffekte des Bahnverkehrs mithilfe der Bahnverkehrsverfügbarkeit. Weil in Bahnhofsnähe ferner höhere Unternehmensgewinne zu erwarten wären, müssten dort *ceteris paribus* höhere Immobilienpreise beobachtbar sein. Diese These wird in vielen empirischen Studien bestätigt (*Andersson et al., 2010; Debrezion et al., 2007; Debrezion et al., 2011; Mayor et al., 2012*).²³ Da die Immobilienpreiseffekte für Gewerbeimmobilien im unmittelbaren Bahnhofsumfeld tendenziell am höchsten sind (*Debrezion et al., 2007*), dürften sich ferner die positiven ökonomischen Effekte einer verbesserten Schienenanbindung auf das Bahnhofsumfeld konzentrieren.

Maßnahmen, die das Bahnnetz stärken, können aufgrund von Netzwerkeffekten ökonomische Impulse an Orten verursachen, die weit vom Investitionsobjekt entfernt sind. Dies illustriert *Gutiérrez* (2001) am Beispiel der Entwicklung von Hochgeschwindigkeitsbahnverkehr in Spanien. Wenn Unternehmensverlagerungen diese Effekte nicht dominieren, so erklärt diese räumliche Streuung empirische Hinweise auf positive Spillover-Effekte (*Cantos et al., 2005; Melo et al., 2010*). Diese positiven Spillover-Effekte dürften jedoch in Bahnhofsnähe konzentriert sein (*Gutiérrez et al., 2001*), weil nur dort der Netzzugang gewährleistet ist.

Zusammenfassend betrachtet wird die Schienenverkehrsanbindung in vielen Analysen durch die Schieneninfrastrukturausstattung und die Bahnverkehrsverfügbarkeit abgebildet (*Tabelle 5*). Wie oben dargestellt, ist diese Modellierung jedoch allenfalls für den Schienengüterverkehr zutreffend, solange analog zum Straßenverkehr keine beachtenswerten Beschränkungen der Produktion von Schienengüterverkehrsleistungen existieren. Sollten hingegen institutionelle Hürden die Produktion von Schienengüterverkehr einschränken oder Überlastungserscheinungen des Schienenverkehrsnetzes vorliegen, so müssen diese Schranken und Überfüllungserscheinungen explizit modelliert werden, um verzerrte Schätzergebnisse zu vermeiden.

Im Schienenpersonenverkehr kann die Schienenanbindung hingegen nur dann mithilfe der Schieneninfrastruktur approximiert werden, wenn Schieneninfrastrukturinvestitionen in gleichem Umfang zu Verbesserungen des Schienenverkehrsangebots führen. Diese Annahme wäre allenfalls für überfüllte Streckenabschnitte oder für private und vertikal integrierte Bahnunternehmen plausibel, die zusätzliche Infrastrukturkosten durch den Verkauf von Verkehrsleistungen decken müssen. Ferner ist die Bahnverkehrsverfügbarkeit nur dann ein geeigneter Indikator zur Approximation der Schienenpersonenverkehrsanbindung, wenn das Fahrplanangebot der Bahnhöfe homogen wäre. Zur Erfassung der ökonomischen Effekte des Schienenpersonenverkehrs sollten folglich die Angebotsgüte gemäß Fahrplan und der Bahnhofszugang berücksichtigt werden. Dazu lassen sich analog zum Luftverkehr Erreichbarkeitsindikatoren verwenden.

²³ Auch Analysen mit insignifikanten Ergebnissen liegen vor (*Ahlfeldt, 2011*).

Tabelle 5: Empirische Untersuchungen der „Social Savings“, der Bevölkerungseffekte sowie der Wachstums- und Produktivitätseffekte des Schienenverkehrs

	Untersuchungseinheit	Zeitdimension	Messkonzept Schienenverkehr	Abhängige Variable	Ergebnisse
<i>Fogel</i> (1964)	USA	1890	Transportkostensparnisse	Gesamtwirtschaftliche Ersparnisse	4-5 % des BIP
<i>Summerhill</i> (2005)	Brasilien	1913	Transportkostensparnisse	Gesamtwirtschaftliche Ersparnisse	Volkswirtschaftliche Rendite: 17,9-23,1 %
<i>Herranz-Loncán</i> (2006)	Spanien	1850-1912	Transportkostensparnisse, Produktivitätseffekte	Gesamtwirtschaftliche Ersparnisse	5-11 % des BIP
<i>Herranz-Loncán</i> (2011)	Uruguay	1912-1913	Transportkostensparnisse	Gesamtwirtschaftliche Ersparnisse	3,1 % des BIP
<i>Bollinger, Ihlanfeldt</i> (1997)	299 Zensusregionen in Atlanta	1980-1990	Nahverkehrsbahnhof innerhalb einer Viertelmeile (<i>Dummy</i>)	Bevölkerungswachstum; Beschäftigungswachstum	0
<i>Atack et al.</i> (2010)	278 US-Kreise (<i>Mittlerer Westen</i>)	1850-1860	Schienezugang (<i>Dummy</i>)	Bevölkerungsdichte	+
<i>Gregory, Hennenberg</i> (2010)	Britische Gemeinden	1841-1901 (10-jährig)	Bahnhofsverfügbarkeit	Bevölkerungswachstum	+
<i>Suzuki, Muromachi</i> (2010)	Japan (380.841 Zellen)	2000 und 1970-2000 (5-jährig)	Distanz zu einem Bahnhof	Bevölkerungsdichte	Weitgehend -
<i>Garica-López</i> (2012)	3.182 Zensusregionen in/um Barcelona	1991-2001/2006 (Veränderung)	Bahnhofsnahe	Veränderung der Bevölkerungsdichte	+ (insbesondere an dezentralen Orten)
<i>Crafts</i> (2004)	Großbritannien	1830-1910	Transportkostensparnisse	Totale Faktorproduktivität	Jährliche Zunahme um 0,02-0,14 %
<i>Cantos et al.</i> (2005)	Spanische Regionen	1965-1995	Infrastrukturkapital	Output	Meist + Positive Spillover-Effekte
<i>Bronzini, Piselli</i> (2009)	Italienische Regionen	1980-2001	Schielenkapitalstock	Output	Outputelastizität: 0,09
<i>Fedderke, Bogetic</i> (2009)	22 südafrikanische Industriezweige	1970-1993	Länge Schienennetz; Fahrzeugbestand; Verkehrszahlen	Arbeitsproduktivität; Totale Faktorproduktivität	+
<i>Hong et al.</i> (2011)	31 chinesische Provinzen	1998-2007	Landgebundene Transportinfrastruktur (Straßendichte und Schienennetzdichte)	Outputwachstum	+ Abnehmende Outputelastizität

+ signifikant positive Effekte 0 keine signifikanten Effekte - signifikant negative Effekte

3.2.4 (See-)Schifffahrt

Abseits von Freizeitverkehr wird in der (See-)Schifffahrt vorwiegend Güterverkehr durchgeführt. Anhand empirischer Analysen lassen sich die Charakteristika der Fracht-(see-)schifffahrt identifizieren, die ihre Interaktionspotentialeffekte begründen:²⁴

- **Häfen** sind Zugangspunkte zum Schiffsverkehr, die an Wasserstraßen angeschlossen sein müssen. Ohne Wasserstraßenzugang hat eine Region folglich keinen unmittelbaren Zugang zur Schifffahrt, sodass Transportkostennachteile bestehen. Empirische Hinweise für den Einfluss des Küstenzugangs auf Handelskosten isolieren *Limão* und *Venables* (2001). Sie zeigen jedoch auch auf, dass eine leistungsfähige Hafenanbindung diesen Lagenachteil vermindern kann.
Da Häfen Teil der Transportkette sind, können ihre Qualität und Effizienz die Kosten des Schiffstransports beeinflussen. Empirische Studien bestätigen diese Hypothese sowohl im Hinblick auf die Ausprägung der Hafeninfrasturktur (*Wilmsmeier, Hoffmann, 2008*)²⁵ als auch im Hinblick auf die Hafeneffizienz (*Sánchez et al., 2003; Clark et al., 2004*). Daher ist davon auszugehen, dass Infrastrukturprojekte in Häfen direkte Infrastruktureffekte sowie infrastrukturinduzierte Transportangebots- und Überlastungseffekte (*Kapitel 2.2.1*) auslösen.
- Die Frachtschifffahrt wird teilweise nach **Fahrplänen** und in **Netzwerken** durchgeführt (*Ducruet et al., 2010*). Daher identifizieren *Wilmsmeier* und *Martínez-Zarzoso* (2010) die Zentralität eines Hafens innerhalb von Schifffahrtsnetzwerken²⁶ als wesentliche Determinante der Kosten des Schiffstransports. Folglich resultieren die Interaktionspotentialeffekte der Schifffahrt unter anderem aus direkten Transportangebotseffekten (*Kapitel 2.2.2*). Hafeninvestitionen entfalten zudem dann ihre vollen Interaktionspotentialeffekte, wenn sie eine Verkehrsangebotsverbesserung auslösen (infrastrukturinduzierter Transportangebotseffekt).
- **Infrastrukturüberfüllung** kann in der Seeschifffahrt vornehmlich in Häfen auftreten. Die resultierenden Interaktionspotentialeffekte werden zwar von *Sánchez et al.* (2003) in einem Hafeneffizienzkonstrukt berücksichtigt, jedoch nicht gesondert empirisch analysiert. Dennoch ist davon auszugehen, dass Maßnahmen in Häfen direkte und infrastrukturinduzierte Überlastungseffekte sowie überlastungsinduzierte Transportangebotseffekte auslösen können.

²⁴ Einige Variablen wie die Transportdistanz oder Gütereigenschaften (z. B. das Wert-Gewicht-Verhältnis) werden hier nicht berücksichtigt, da sie Charakteristika einer Interaktionsbeziehung sind und somit nicht durch das Verkehrssystem beeinflusst werden.

²⁵ Die Autoren berücksichtigen ein Konstrukt aus Umschlagsflächen, Kaimauerlänge und Wassertiefe.

²⁶ Die Zentralität messen sie anhand eines Konstrukts, das die Kapazitäten, Verkehrsangebote und eingesetzten Schiffe berücksichtigt.

- **Institutionelle Einschränkungen der Schifffahrt und eine unzureichende Unterbindung von wettbewerbsschädlichem Verhalten** der Reedereien können die Transportkosten erhöhen. Entsprechende empirische Hinweise liegen vor (*Wilmsmeier, Hoffmann, 2008*), sind aber umstritten (*Clark et al., 2004*).

Aufgrund ihres Einflusses auf die Transportkosten und die Interaktionspotentiale können diese Transportkostendeterminanten Interaktionsströme wie den Handel beeinflussen. So isolieren *Limão und Venables (2001)* geringere Handelsvolumina infolge eines fehlenden Küstenzugangs und diskutieren infrastrukturelle Maßnahmen, die den Küstenzugang verbessern, als Instrument zur Verringerung der Interaktionswiderstände. Auch die negativen Einflüsse geringer Hafeneffizienz auf Handelsströme werden empirisch bestätigt (*Blonigen, Wilson, 2008; Clark et al., 2004; Wilson et al., 2005*).

Tabelle 6: Ausländische Direktinvestitionen (FDI), Standortwahlentscheidungen bei ausländischen Direktinvestitionen und Schifffahrt

	Untersuchungs- einheit	Zeit- dimension	Messkonzept Schifffahrt	Untersuchungs- gegenstand	Ergebnisse
<i>Head, Ries (1996)</i>	931 FDI-Projekte in 54 chinesischen Städten	1984-1991	Liegeplatzzahl (<i>Schiffe >10.000 t Kapazität</i>)	Standortwahlverhalten	+ Schienenanbindung für Standorte ohne Hafen: +
<i>Cieřlik (2005)</i>	49 polnische Regionen	1993-1998	Hafenverfügbarkeit (<i>Dummy</i>)	Zahl der FDI-Projekte	0/+
<i>Cassidy, Andreosso-O'Callaghan (2006)</i>	30 chinesische Provinzen	1996	Wasserstraßendichte (<i>Binnenwasserstraßen</i>); Küstenzugang (<i>Dummy</i>)	FDI-Volumen japanischer Unternehmen	+
<i>Hong (2007)</i>	Logistikfirmen in China	2001	Tiefwasserliegeplätze (<i>Dummy</i>)	Standortwahlverhalten	+
<i>Cheng (2008)</i>	Etwa 1.950 japanische FDI-Projekte in China	1992-2002	Liegeplatzzahl (<i>Schiffe >10.000 t Kapazität</i>)	Standortwahlverhalten	+
<i>Ledyeva (2009)</i>	74 russische Regionen	1996-1998; 1999-2002; 2003-2005 (jeweils kumuliert)	Zahl der Seehäfen	FDI-Volumen	+ Zunehmender Wettbewerb um FDI zwischen benachbarten Regionen mit Häfen
<i>Yavan (2010)</i>	81 türkische Provinzen	1996-2003	Hafenverfügbarkeit (<i>Dummy</i>)	Zahl der FDI-Projekte	0
<i>Imbriani et al. (2012)</i>	Gemeinden in Emilia Romagna (Italien)	2002-2007	Hafenverfügbarkeit (<i>Dummy</i>)	Zahl der FDI-Projekte	0 / - (<i>schwach</i>)

+ *signifikant positive Effekte*

0 *keine signifikanten Effekte*

- *signifikant negative Effekte*

Weil der Schiffsverkehr für den Welthandel von signifikanter Bedeutung ist (Hummels, 2007), ist zudem ein positiver Effekt leistungsfähiger Schiffsverkehrsmöglichkeiten auf das Standortwahlverhalten gewinnmaximierender Unternehmen zu erwarten. Dieser Hypothese entsprechend ist die Hafenverfügbarkeit in vielen empirischen Studien als Determinante des Standortwahlverhaltens identifiziert worden (Tabelle 6). Ferner sind infolge von Interaktionsmöglichkeiten, die durch die Schifffahrt geschaffen werden, positive Einflüsse auf Beschäftigung und wirtschaftliche Entwicklung zu erwarten. Die Ergebnisse empirischer Untersuchungen sprechen dafür, dass derartige Wachstums- und Beschäftigungseffekte existieren (Tabelle 7).

Tabelle 7: Empirische Untersuchungen der Beschäftigungseffekte sowie der Wachstums- und Produktivitätseffekte des Schiffsverkehrs

	Untersuchungseinheit	Zeitdimension	Messkonzept Schifffahrt	Abhängige Variable	Ergebnisse
<i>Ferrari et al.</i> (2010)	103 italienische Provinzen	2003	Frachturnschlag; Containerumschlag; Massengutumschlag	Beschäftigung	+
<i>Bottasso et al.</i> (2013)	562 europäische Regionen (10 Länder)	2000-2006	Umschlagvolumen	Beschäftigung	+
<i>Forslund, Johansson</i> (1995)	284 schwedische Kommunen	1980/1988	Hafenkapazität gewichtet mit der negativ-exponentiellen Hafenanreisezeit im Straßenverkehr	Output	+
<i>Cantos et al.</i> (2005)	Spanische Regionen	1965-1995	Hafenkapital	Privater Output	0/- (nur eigene Hafeninfrastruktur) + (auch andere Häfen)
<i>Fedderke, Bogetic</i> (2009)	22 südafrikanische Industriezweige	1970-1993	Güterumschlag	Arbeitsproduktivität; TFP	- +
<i>Hong et al.</i> (2011)	31 chinesische Provinzen	1998-2007	Schifffahrtsinfrastruktur (Liegeplätze und Distanz zu Häfen)	Outputwachstum	+

+ signifikant positive Effekte 0 keine signifikanten Effekte - signifikant negative Effekte

Aus den Tabellen 6 und 7 ist ersichtlich, dass zur Identifikation der ökonomischen Effekte der Schifffahrt bisher kein einheitliches Messkonzept für die Schifffahrtsanbindung verwendet wurde. In vielen Analysen sind entweder die binär kodierte Hafenverfügbarkeit oder detaillierte Variablen zur Erfassung der Hafeninfrastruktur aufgenommen worden. Da Schiffsverkehr teils individuell beauftragt wird, ist die Berücksichtigung derartiger Maßzahlen notwendig. Die Konnektivität von Schifffahrtsleistungen, die Reedereien nach Fahrplänen erstellen, wird durch diese Messkonzepte jedoch nicht abgebildet. Frachturnschlagsdaten, die in einigen Studien verwendet werden, sind dafür ebenfalls nur eingeschränkt

geeignet. Schließlich spiegeln sie analog zu Passagierzahlen im Luftverkehr Marktgleichgewichte anstelle der angebotsinduzierten Schifffahrtskonnektivität wider. Die Verwendung von Erreichbarkeitsmaßen, die auf Fahrplänen von Reedereien basieren, könnte daher in zukünftigen Analysen differenziertere Aussagen zur Bedeutung der Schifffahrt für die ökonomische Entwicklung liefern.

Darüber hinaus erfassen viele Analysen die überregionale Bedeutung von Häfen und ihrer Seeverkehrsanbindung für das Hafenhinterland nicht, weil Häfen bei einer kleinräumigen Regionsstruktur nur der Hafenregion zugerechnet werden. Positive Spillover-Effekte, die aufgrund der überregionalen Bedeutung von Seehäfen bestehen könnten (Cantos *et al.*, 2005), bleiben somit oft unberücksichtigt und könnten die Analyseergebnisse verzerren. Forslund und Johansson (1995) zeigen eine Möglichkeit für die Modellierung der überregionalen Hafenerreichbarkeit auf, die um die Abbildung fahrplanmäßiger Verkehrsangebote von Reedereien erweitert werden könnte.

4. Fazit

In zahlreichen empirischen Analysen wurden bereits Hinweise identifiziert, dass Verbesserungen des Verkehrssystems zu signifikanten ökonomischen Impulsen führen. Dies gilt im Speziellen für Verkehrsinfrastrukturinvestitionen sowie für Verbesserungen des Straßenverkehrs, des Schienenverkehrs, des Luftverkehrs und der (See-)Schifffahrt. Da die Wirkungsmechanismen, die diese Impulse anstoßen, jedoch zwischen den Verkehrsträgern variieren, werden in den vorliegenden empirischen Studien verschiedenartige Messkonzepte für die Verkehrsträger verwendet. So wird die Luftverkehrsanbindung vorwiegend durch die Verkehrsangebote von Fluggesellschaften erfasst, während im Straßenverkehr vornehmlich die Effekte von Straßeninfrastrukturinvestitionen und von Staus untersucht werden. Diese Unterschiede können teilweise mithilfe eines verkehrsträgerübergreifenden Interaktionspotentialmodells erklärt werden. Durch die Verwendung von Erreichbarkeitsindikatoren ließen sich die Messkonzepte jedoch auch zukünftig verbessern. Schließlich sind Erreichbarkeitsindikatoren dazu geeignet, die Leistungsfähigkeit von Verkehrsangeboten Dritter sowie intramodale und intermodale Netzwerkstrukturen zu erfassen.

Intermodale Verflechtungen zwischen den Verkehrsträgern deuten zudem darauf hin, dass die ökonomischen Effekte einzelner Verkehrsträger nicht isoliert betrachtet werden sollten. Da eine Region, die eine gute Erreichbarkeit anstrebt, meist nicht nur einen Verkehrsträger fördern wird, sind ansonsten Verzerrungen der Schätzergebnisse aufgrund fehlender exogener Variablen zu erwarten. Nur wenige Ansätze berücksichtigen dies bisher. Weitere Verzerrungseffekte könnten daraus resultieren, dass andere Determinanten der Produktionsmöglichkeiten im Verkehrssektor, etwa seine Regulierung, bisher häufig nicht erfasst wurden.

Dieser Beitrag liefert somit Hinweise darauf, dass die Untersuchungen potentieller verkehrsinduzierter Entwicklungsimpulse weiterzuentwickeln sind. Neben den Fragen zur Modellierung und Messung der Verkehrsanbindung ist zu erörtern, unter welchen wirt-

schaftlichen und institutionellen Rahmenbedingungen Verbesserungen des Verkehrssystems zu Wachstumsimpulsen führen. Gemäß *Banister* und *Berechman* (2001) ist dazu eine hohe wirtschaftliche Dynamik und ein geeignetes institutionelles Umfeld erforderlich. Empirische Untersuchungen dieser Rahmenbedingungen wären folglich von hoher wirtschaftspolitischer Relevanz. Schließlich könnte mithilfe solcher Analysen vor dem Hintergrund regionaler Besonderheiten geprüft werden, ob Verbesserungen des Verkehrssystems zur Förderung (regionaler) wirtschaftlicher Entwicklung geeignet sind.

Danksagung

Der Autor dankt Frauke Fischer, Robert Malina und Karl-Hans Hartwig für wertvolle Hinweise zu früheren Versionen des Papiers sowie der Erich-Becker-Stiftung für die Unterstützung seiner Arbeit.

Abstract

There is wide-spread empirical evidence that a well-established transport system contributes to economic growth. In this paper, a model, which analyzes the impact of transport on the impedance for economic interaction, is used to assess the causal relationships between the transport system and economic development. This model is applied to identify the characteristics of road transport, rail transport, air transport and maritime shipping that cause transport-induced growth effects. With the help of these results, the paper reviews available empirical evidence on the growth contribution of transport.

LITERATURVERZEICHNIS

- Aaron, H.J. (1990), Why is infrastructure important? In: Munnell, A.H (Hrsg.): Is there a shortfall in public capital investment? 51-62.
- Ahlfeldt, G.M. (2011), The train has left the station: Do markets value intracity access to intercity rail connections, *German Economic Review*, 12. Jg., Nr. 3, 312-335.
- Allroggen, F., Malina, R. (2014), Do the regional growth effects of air transport differ among airports? *Journal of Air Transport Management*, 37. Jg., 1-4.
- Álvarez-Ayuso, I.C., Delgado-Rodriguez, M.J. (2012), High-capacity road networks and spatial spillovers in Spanish regions, *Journal of Transport Economics and Policy*, 46. Jg., Nr. 2, 281-292.
- Andersson, D.E., Shyr, O.F., Fu, J. (2010), Does high-speed rail accessibility influence residential property prices? Hedonic estimates from southern Taiwan, *Journal of Transport Geography*, 18. Jg., Nr. 1, 166-174.
- Anderson, J.E., van Wincoop, E. (2004), Trade costs, *Journal of Economic Literature*, 42. Jg., 691-751.
- Aschauer, D.A. (1989), Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 23 Jg., Nr. 2, 177-200.
- Aschauer, D.A. (1990), Highway capacity and economic growth, *Economic Perspectives*, Sep. 1990, 14-24.
- Atack, J., Bateman, F., Haines, M., Margo, R.A. (2010), Did railroads induce or follow economic growth? Urbanization and population growth in the American Midwest 1850-1860, *Social Science History*, 34. Jg., Nr. 2, 171-197.
- Baum, C.L. (2009), The effects of vehicle ownership on employment, *Journal of Urban Economics*, 66. Jg., Nr. 3, 151-163.
- Banister, D., Berechman, Y. (2001), Transport investment and the promotion of economic growth, *Journal of Transport Geography*, 9. Jg., Nr. 3, 209-218.
- Baldwin, J.R., Gu, W. (2004), Trade liberalization: Export-market participation, productivity growth and innovation, *Oxford Review of Economic Policy*, 20. Jg., Nr. 3, 372-392.
- Belloc, M., Vertova, P. (2006), Public investment and economic performance in highly indebted countries: An empirical assessment, *International Review of Applied Economics*, 20. Jg., 151-170.
- Berechman, J., Ozmen, D., Ozbay, K. (2006), Empirical analysis of transportation investment and economic development at state, county and municipality levels, *Transportation*, 33. Jg., Nr. 6, 537-551.
- Bhatta, S.D., Drennan, M.P. (2003), The economic benefits of public transportation: A review of recent literature, *Journal of Planning Education and Research*, 22. Jg., 288-296.

- Bloningen, B.A., Wilson, W.W. (2008), Port efficiency and trade flows, *Review of International Economics*, 16. Jg., Nr. 1, 21-36.
- BMVBS [Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung] (2012), Verkehr in Zahlen 2011/2012, 40. Jg., Hamburg.
- BMVBS [Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung] (2013), Grundkonzeption für den Bundesverkehrswegeplan 2015, Entwurf. Berlin.
- Boarnet, M.G. (1997), Infrastructure services and the productivity of public capital: The case of streets and highways, *National Tax Journal*, 50. Jg., Nr. 1, 39-57.
- Boarnet, M.G. (1998), Spillovers and the locational effects of public infrastructure, *Journal of Regional Science*, 38. Jg., Nr. 3, 381-400.
- Bollinger, C.R., Ihlanfeldt, K.R. (1997), The impact of rapid rail transit on economic development. The case of Atlanta's MARTA, *Journal of Urban Economics*, 42. Jg., Nr. 2, 179-204.
- Bom, P.R.D., Lighthart, J. (2008), How productive is public capital? A Meta-Analysis. CESifo Working Paper No.2206 / CentER Discussion Paper No. 2008-10, Tilburg.
- Bottasso, A., Conti, M. (2010), The productive effect of transport infrastructures: Does road transport liberalization matter? *Journal of Regulatory Economics*, 38. Jg., Nr. 1, 27-48.
- Bottasso, A., Conti, M., Ferrari, F., Merk, O., Tei, A. (2013), The impact of port throughput on local employment: Evidence from a panel of European regions, *Transport Policy*, 27. Jg., 32-38.
- Bougheas, S., Demetriades, P.O., Morgenroth, E.L.W. (1999), Infrastructure, transport costs and trade, *Journal of International Economics*, 47. Jg., Nr. 1, 169-189.
- Bronzini, R., Piselli, P. (2009), Determinants of long-run regional productivity with geographical spillovers: The role of R&D, human capital and public infrastructure, *Regional Science and Urban Economics*, 39. Jg., Nr. 2, 187-199.
- Brueckner, J.K. (2003), Airline traffic and urban economic development, *Urban Studies*, 40. Jg., Nr. 8, 1455-1469.
- Button, K., Lall, S., Stough, R., Trice, M. (1999), High-technology employment and hub airports, *Journal of Air Transport Management*, 5. Jg., Nr. 1, 53-59.
- Button, K., Leitham, S., McQuaid, R.W., Nelson, J.D. (1995), Transport and industrial and commercial location, *The Annals of Regional Science*, 29. Jg., 189-206.
- Button, K., Yuan, J. (2013), Airfreight transport and economic development: An examination of causality, *Urban Studies*, 50. Jg., Nr. 2, 329-340.
- Cadot, O., Röller, L.-H., Stephan, A. (2006), Contribution to productivity or pork barrel? The two faces of infrastructure investment, *Journal of Public Economics*, 90. Jg., 1133-1153.

- Calderón, C., Moral-Benito, E., Servén, L. (2011), Is infrastructure capital productive? A dynamic heterogenous approach, *World Bank Policy Research Working Paper WPS 5682*.
- Cantos, P., Gumbau-Albert, M., Maudos, J. (2005), Transport infrastructures, spillover effects and regional growth: Evidence of the Spanish case, *Transport Reviews*, 25. Jg., Nr. 1, 25-50.
- Cassidy, J.F., Andreosso-O'Callaghan, B. (2006), Spatial determinants of Japanese FDI in China, *Japan and the World Economy*, 18. Jg., Nr. 4, 512-527.
- Chen, N., Imbs, J., Scott, A. (2009), The dynamics of trade and competition, *Journal of International Economics*, 77. Jg., Nr. 1, 50-62.
- Cheng, S. (2008), How can western China attract FDI? A case of Japanese investment, *The Annals of Regional Science*, 42. Jg., Nr. 2, 357-374.
- Cieślak, A. (2005), Regional characteristics and the location of foreign firms within Poland, *Applied Economics*, 37. Jg., Nr. 8, 863-874.
- Clark, X., Dollar, D., Micco, A. (2004), Port efficiency, maritime transport costs and bilateral trade, *Journal of Development Economics*, 75. Jg., Nr. 2, 417-450.
- Cohen, J.P., Morrison Paul, C.J. (2003), Airport infrastructure spillovers in a network system, *Journal of Urban Economics*, 54. Jg., Nr. 3, 459-473.
- Conway, P., Nicoletti, G. (2006), Product market regulation in the non-manufacturing sectors of OECD Countries: Measurement and highlights, *OECD Economics Department Working Papers*, No. 530.
- Cooper, A., Smith, P. (2005): The economic catalytic effects of air transport in Europe, Report prepared for Eurocontrol, Oxford.
- Crafts, N. (2004), Steam as a general purpose technology: A growth accounting perspective, *The Economic Journal*, 114. Jg., Nr. 495, 338-351.
- Crescenzi, R., Rodríguez-Pose, A. (2012), Infrastructure and regional growth in the European Union, *Papers in Regional Science*, 91. Jg., Nr. 3, 487-513.
- Crowder, W.J., Himarios, D. (1997), Balanced growth and public capital: An empirical analysis, *Applied Economics*, 29. Jg., 1045-1053.
- DB Schenker Rail Deutschland AG (2011), DB Schenker: Ihr Spezialist für Stahltransporte auf der Schiene, Mainz.
- Debrezion, G., Pels, E., Rietveld, P. (2007), The impact of railway stations on residential and commercial property value: A meta-analysis, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, 35. Jg., Nr. 2, 161-180.
- Debrezion, G., Pels, E., Rietveld, P. (2011), The impact of rail transport on real estate prices: An empirical analysis of the Dutch housing market, *Urban Studies*, 48. Jg., Nr. 5, 997-1015.

- Delgado, M.J., Álvarez, I. (2007), Network infrastructure spillover in private productive sectors: Evidence from Spanish high capacity roads, *Applied Economics*, 39. Jg., Nr. 12, 1583-1597.
- Demetriades, P.O., Mamuneas, T.P. (2000), Intertemporal output and employment effects of public infrastructure capital: Evidence from 12 OECD economies, *The Economic Journal*, 110. Jg., 687-712.
- Démurger, S. (2001), Infrastructure development and economic growth: An explanation for regional disparities in China? *Journal of Comparative Economics*, 29. Jg., 95-117.
- Deng, T., Shao, S., Yang, L., Zhang, X. (2013), Has the transport-led economic growth effect reached a peak in China? A panel threshold regression approach, *Transportation* (2013), DOI 10.1007/s11116-013-9503-4.
- Di Giacinto, V., Micucci, G., Montanaro, P. (2012), Network effects of public transport infrastructure: Evidence on Italian regions, *Papers in Regional Science*, 91. Jg., Nr. 3, 514-541.
- Downs, A. (1962), The law of peak-hour expressway congestion, *Traffic Quarterly*, 16. Jg., Nr. 3, 393-409.
- Ducruet, C., Rozenblat, C., Zaidi, F. (2010), Ports in multi-level maritime networks: Evidence from the Atlantic (1996-2006), *Journal of Transport Geography*, 18. Jg., Nr. 4, 508-518.
- Duranton, G., Turner, M.A. (2011), The fundamental law of road congestion: Evidence from US cities, *American Economic Review*, 101. Jg., Nr. 6, 2616-2652.
- Ezcurra, R., Gil, C., Pascual, P., Rapún, M. (2005), Public capital, regional productivity and spatial spillovers, *The Annals of Regional Science*, 39. Jg., 471-494.
- Fedderke, J.W., Bogetić, Ž. (2009), Infrastructure and growth in South Africa: Direct and indirect productivity impacts of 19 infrastructure measures, *World Development*, 37. Jg., Nr. 9, 1522-1539.
- Fernald, J.G. (1999), Roads to prosperity? Assessing the link between public capital and productivity, *American Economic Review*, 89. Jg., Nr. 3, 619-638.
- Ferrari, C., Percoco, M., Tedeschi, A. (2010), Ports and local development: Evidence from Italy, *International Journal of Transport Economics*, 37. Jg., Nr. 1, 9-30.
- Fogel, R.W. (1964), *Railroads and American economic growth: Essays in econometric history*, Baltimore.
- Forslund, U.M., Johansson, B. (1995), Assessing road investments: Accessibility changes, cost benefit and production effects, *The Annals of Regional Science*, 29. Jg., Nr. 2, 155-174.
- García-López, M.À. (2012), Urban spatial structure, suburbanization and transportation in Barcelona, *Journal of Urban Economics*, 72. Jg., Nr. 2/3, 176-190.

- Garcia-Milà, T., McGuire, T.J. (1992), The contribution of publicly provided inputs to states' economies, *Regional Science and Urban Economics*, 22. Jg., Nr. 2, 229-241.
- Glaeser, E.L., Kohlhase, J.E. (2004), Cities, regions and the decline of transport costs, *Papers in Regional Science*, 83. Jg., Nr. 1, 197-228.
- Graham, D.J. (2007), Variable returns to agglomeration and the effect of road traffic congestion, *Journal of Urban Economics*, 62. Jg., 103-120.
- Gramlich, E.M. (1994), Infrastructure investment: A review essay, *Journal of Economic Literature*, 32. Jg., 1179-1196.
- Green, R.K. (2007), Airports and economic development, *Real Estate Economics*, 35. Jg., Nr. 1, 91-112.
- Gregory, I.N., Henneberg, J.M. (2010), The railways, urbanization and local demography in England and Wales, 1825-1911, *Social Science History*, 34. Jg., Nr. 2, 199-228.
- Gulyani, S. (2001), Effects of poor transportation on lean production and industrial clustering: Evidence from the Indian auto industry, *World Development*, 29. Jg., Nr. 7, 1157-1177.
- Gunasekera, K., Anderson, W., Lakshmanan, T.R. (2008), Highway-induced development: Evidence from Sri Lanka, *World Development*, 36. Jg., Nr. 11, 2371-2389.
- Gutiérrez, J. (2001), Location, economic potential and daily accessibility: An analysis of the accessibility impact of the high-speed line Madrid-Barcelona-French border, *Journal of Transport Geography*, 9. Jg., Nr. 4, 229-242.
- Gutiérrez, J., Condeço-Melhorado, A., Martín, J.C. (2010), Using accessibility indicators and GIS to assess spatial spillovers of transport infrastructure investment, *Journal of Transport Geography*, 18. Jg., Nr. 1, 141-152.
- Harris, C.D. (1954), The market as a factor in the localization of industry in the United States, *Annals of the Association of American Geographers*, 44. Jg., Nr. 4, 315-348.
- Head, K., Ries, J. (1996), Inter-city competition for foreign direct investment: Static and dynamic effects of China's incentive areas, *Journal of Urban Economics*, 40. Jg., Nr. 1, 38-60.
- Herranz-Loncán, A. (2006), Railroad impact in backward economies: Spain, 1850-1913, *The Journal of Economic History*, 66. Jg., Nr. 4, 853-881.
- Herranz-Loncán, A. (2011), The role of railways in export-led growth: The case of Uruguay, 1870-1913, *Economic History of Developing Countries*, 26. Jg., Nr. 2, 1-32.
- Hesse, C., Evangelinos, C., Püschel, R., Gröscho, S. (2012), Die verkehrliche Erreichbarkeit deutscher Großstädte: Eine empirische Analyse, *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*, 83. Jg., Nr. 3, 160-187.
- Holl, A. (2004a), Manufacturing location and impacts of road transport on infrastructure: Empirical evidence from Spain, *Regional Science and Urban Economics*, 34. Jg., Nr. 3, 341-363.

- Holl, A. (2004b), Transport infrastructure, agglomeration economies and firm birth: Empirical evidence from Portugal, *Journal of Regional Science*, 44. Jg., Nr. 4, 693-712.
- Holtz-Eakin, D. (1994), Public-sector capital and the productivity puzzle, *Review of Economics and Statistics*, 76. Jg., 12-21.
- Hong, J. (2007), Firm-specific effects on location decisions of foreign direct investment in China's logistics industry, *Regional Studies*, 41. Jg., Nr. 5, 673-683.
- Hong, J., Chu, Z., Wang, Q. (2011), Transport infrastructure and regional economic growth: Evidence from China, *Transportation*, 38. Jg., Nr. 5, 737-752.
- Hummels, D. (2007), Transportation costs and international trade in the second era of globalization, *Journal of Economic Perspectives*, 21. Jg., Nr. 3, 131-154.
- Hymel, K. (2009), Does traffic congestion reduce employment growth? *Journal of Urban Economics*, 65. Jg., Nr. 2, 127-135.
- IATA (2007), Aviation economic benefits, IATA Economics Briefing 8, IATA.
- Imbriani, C., Morone, P., Pittiglio, R., Reganati, F. (2012), Agglomeration economies, local cluster and foreign direct investments: A pilot study for Emilia Romagna region, *Economics Bulletin*, 32. Jg., Nr. 1, 662-674.
- Jiwattanakulpaisarn, P., Noland, R.B., Graham, D.J. (2010), Causal linkages between highways and sector-level employment, *Transportation Research Part A*, 44. Jg., Nr. 4, 265-280.
- Jiwattanakulpaisarn, P., Noland, R.B., Graham, D.J. (2012), Marginal productivity of expanding highway capacity, *Journal of Transport Economics and Policy*, 46. Jg., Nr. 3, 333-347.
- Kasarda, J.D., Green, J.D. (2005), Air cargo as an economic development engine: A note on opportunities and constraints, *Journal of Air Transport Management*, 11. Jg., Nr. 6, 459-462.
- Keller, W., Yeaple, S.R. (2009), Multinational enterprises, international trade and productivity growth: Firm level evidence from the United States, *The Review of Economics and Statistics*, 91. Jg., Nr. 4, 821-831.
- Knowles, R.D. (2006), Transport shaping space: Differential collapse in time-space, *Journal of Transport Geography*, 14. Jg., Nr. 6, 407-425.
- Krugman, P. (1991), Increasing returns and economic geography, *The Journal of Political Economy*, 99. Jg., Nr. 3, 483-499.
- Lakshmanan, T.R. (2011), The broader economic consequences of transport infrastructure investments, *Journal of Transport Geography*, 19. Jg., Nr. 1, 1-12.
- Ledyeva, S. (2009), Spatial econometric analysis of foreign direct investment determinants in Russian regions, *The World Economy*, 32. Jg., Nr. 4, 643-666.
- Lieshout, R. (2012), Measuring the size of an airport's catchment area, *Journal of Transport Geography*, 25. Jg., 27-34.

- Lileeva, A., Trefler, D. (2010), Improved access to foreign markets raises plant-level productivity... for some plants, *The Quarterly Journal of Economics*, 125. Jg., Nr. 3, 1051-1099.
- Limão, N., Venables, A.J. (2001), Infrastructure, geographical disadvantage, transport costs and trade, *The World Bank Economic Review*, 15. Jg., Nr. 3, 451-479.
- Malina, R., Albers, S., Kroll, N. (2012), Airport incentive programmes: A European perspective, *Transport Reviews*, 32. Jg., Nr. 4, 435-453.
- Matisziw, T.C., Grubestic, T.H. (2010), Evaluating locational accessibility to the US air transportation system, *Transportation Research Part A*, 44. Jg., Nr. 9, 710-722.
- Mayor, K., Lyons, S., Duffy, D., Tol, R.S.J. (2012), A hedonic analysis of the value of rail transport in the greater Dublin area, *Journal of Transport Economics and Policy*, 46. Jg., Nr. 2, 239-261.
- McClelland, P.D. (1972), Social rates of return on American railroads in the nineteenth century, *The Economic History Review*, 25. Jg., Nr. 3, 471-488.
- Melitz, M.J., Ottaviano, G.I.P. (2008), Market size, trade and productivity, *Review of Economic Studies*, 75. Jg., 295-316.
- Melo, P.C., Graham, D.J., Noland, R.B. (2010), Impact of transport infrastructure on firm formation, *Transport Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, Nr. 2163, 133-143.
- Melo, P.C., Graham, D.J., Brage-Ardao, R. (2013), The productivity of transport infrastructure investment: A meta-analysis of empirical evidence, *Regional Science and Urban Economics*, 43. Jg., 695-706.
- Monreal-Pérez, J., Aragón-Sánchez, A., Sánchez-Marín, G. (2012), A longitudinal study of the relationship between export activity and innovation in the Spanish firm: The moderating role of productivity, *International Business Review*, 21. Jg., Nr. 5, 862-877.
- Moreno, R., López-Bazo, E. (2007), Returns to local and transport infrastructure under regional spillovers, *International Regional Science Review*, 30. Jg., Nr. 1, 47-71.
- Mukim, M., Nunnenkamp, P. (2012), The location choice of foreign investors: A district-level analysis in India, *The World Economy*, 35. Jg., Nr. 7, 886-918.
- Munnell, A.H. (1990), How does public infrastructure affect regional economic performance? In: Munnell, A.H. (Hrsg.), *Is there a shortfall in public capital investment?* 69-103.
- Munnell, A.H. (1992), Infrastructure investment and economic growth, *Journal of Economic Perspectives*, 6. Jg., Nr. 4, 189-198.
- Otsuka, A. (2008), Determinants of new firm formation in Japan: A comparison of the manufacturing and service sector, *Economics Bulletin*, 18. Jg., Nr. 4, 1-7.
- Ozbay, K., Ozmen-Ertekin, D., Berechman, J. (2007), Contribution of transportation investments to county output, *Transport Policy*, 14. Jg., Nr. 4, 317-329.

- Páez, A., Scott, D.M., Morency, C. (2012), Measuring accessibility: Positive and normative implementations of various accessibility indicators, *Journal of Transport Geography*, 25. Jg., 141-153.
- Pels, E., Nijkamp, P., Rietveld, P. (2001), Relative Efficiency of European Airports, *Transport Policy*, 8. Jg., Nr. 3, 183-192.
- Pels, E., Nijkamp, P., Rietveld, P. (2003), Inefficiencies and scale economies of European airport operations, *Transportation Research Part E*, 39. Jg., Nr. 5, 341-361.
- Percoco, M. (2010), Airport activity and local development: Evidence from Italy, *Urban Studies*, 47. Jg, Nr.11, 2427-2443.
- Pereira, A.M., Andraz, J.M. (2004), Public highway spending and state spillovers in the USA, *Applied Economics Letters*, 11. Jg., Nr. 12, 785-788.
- Redding, S.J. (2010), The empirics of New Economic Geography, *Journal of Regional Science*, 50. Jg., Nr. 1, 297-311.
- Rietveld, P. (1994), Spatial economic impacts of transport infrastructure supply, *Transportation Research Part A*, 28. Jg., Nr. 4, 329-341.
- Romp, W., de Haan, J. (2007), Public capital and economic growth: A critical survey, *Perspektiven der Wirtschaftspolitik*, 8. Jg., 6-52.
- RWI [Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung] (2010), Verkehrsinfrastrukturinvestitionen – Wachstumsaspekte im Rahmen einer gestaltenden Finanzpolitik, Projektbericht für das Bundesfinanzministerium.
- Sánchez, R.J., Hoffmann, J., Micco, A., Pizzolitto, G.V., Sgut, M., Wilmsmeier, G. (2003), Port efficiency and international trade: Port efficiency as a determinant of maritime transport costs, *Maritime Economics & Logistics*, 5. Jg., Nr. 2, 199-218.
- Sanchez-Robles, B. (1998), Infrastructure investment and growth: Some empirical evidence, *Contemporary Economic Policy*, 16. Jg., 98-108.
- Seitz, H. (1993), A dual economic analysis of the benefits of the public road network, *The Annals of Regional Science*, 27. Jg., Nr. 3, 223-239.
- Sellner, R., Nagl, P. (2010), Air accessibility and growth: The economic effects of a capacity expansion at Vienna Airport, *Journal of Air Transport Management*, 16. Jg., Nr. 6, 325-329.
- Shah, A. (1992), Dynamics of public infrastructure, industrial productivity and profitability, *The Review of Economics and Statistics*, 74. Jg., Nr. 1, 28-36.
- Stopher, P.R. (2004), Reducing road congestion: A reality check, *Transport Policy*, 11. Jg., Nr. 2, 117-131.
- Sturm, J.-E., Jacobs, J., Groote, P. (1999), Output effects of infrastructure investment in the Netherlands, 1853-1913, *Journal of Macroeconomics*, 21. Jg., Nr. 2, 355-380.
- Summerhill, W. (2005), Big social savings in a small laggard economy: Railroad-led growth in Brazil, *The Journal of Economic History*, 65. Jg., Nr. 1, 72-102.

- Suzuki, T., Muromachi, Y. (2010), Empirical analysis on the railroad development impact on local population density in Japan, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 8. Jg., 1039-1052.
- Sweet, M. (2011), Does traffic congestion slow the economy? *Journal of Planning Literature*, 26. Jg., Nr. 4, 391-404.
- Tabuchi, T. (1998), Urban agglomeration and dispersion: A synthesis of Alonso and Krugman, *Journal of Urban Economics*, 44. Jg., Nr. 3, 333-351.
- Tong, T., Yu, E., Cho, S.-H., Jensen, K., De la Torre Ugarte, D. (2013), Evaluating the spatial spillover effects of transportation infrastructure on agricultural output across the United States, *Journal of Transport Geography*, 30. Jg., 47-55.
- Van Dijk, J., Pellenbarg (2000), Firm relocation decisions in the Netherlands: An ordered logit approach, *Papers in Regional Science*, 79. Jg., Nr. 2, 191-219.
- Wagner, J. (2007), Exports and productivity: A survey of the evidence from firm-level data, *The World Economy*, 30. Jg., Nr. 1, 60-82.
- Wilmsmeier, G., Martínez-Zarzoso (2010), Determinants of maritime transport costs: A panel data analysis for Latin American trade, *Transportation Planning and Technology*, 33. Jg., Nr. 1, 105-121.
- Wilmsmeier, G., Hoffmann, J. (2008), Liner shipping connectivity and port infrastructure as determinants of freight rates in the Caribbean, *Maritime Economics & Logistics*, 10. Jg., Nr. 1, 130-151.
- Wilson, J.S., Mann, C.L., Otsuki, T. (2005), Assessing the benefits of trade facilitation: A global perspective, *The World Economy*, 28. Jg., Nr. 6, 841-871.
- Yamaguchi, K. (2007), Inter-regional air transport accessibility and macro-economic performance in Japan, *Transportation Research Part E*, 43. Jg., Nr. 3, 247-258.
- Yavan, N. (2010), The location choice of foreign direct investment within Turkey: An empirical analysis, *European Planning Studies*, 18. Jg., Nr. 10, 1675-1705.
- Yu, N., De Jong, M., Storm, S., Mi, J. (2012), The growth impact of transport infrastructure investment, *Policy and Society*, 31. Jg., 25-38.
- Yu, N., De Jong, M., Storm, S., Mi, J. (2013), Spatial spillover effects of transport infrastructure: evidence from Chinese regions, *Journal of Transport Geography*, 28. Jg., 56-66.
- Zhang, X., Fan, S. (2004), How productive is infrastructure? A new approach and evidence from rural India, *American Journal of Agricultural Economics*, 86. Jg., Nr. 2, 492-501.

Urban Freight Policy Acceptability: Eliciting Agent Specific Preferences via Efficient Experimental Design

VON EDOARDO MARCUCCI, VALERIO GATTA, ROME
AMANDA STATHOPOULOS, LAUSANNE
EVA VALERI, TRIESTE

1. Introduction

Urban Freight Transport (UFT) policy making typically relies on aggregate models. As a result, the critical role played by individual decision making processes is difficult to analyse. Of particular concern is forecasting reactions to policy interventions that broadly alter the costs and benefits of different freight delivery practices.

Recent literature points towards the need to explicitly consider different stakeholders' unique perspectives. Indeed, recognizing and understanding the concerns of different stakeholders related to urban freight is a key factor to successfully introduce novel policies (Stathopoulos et al., 2011; Danielis et al., 2013). In line with this, UFT policy making would benefit from regular consultations with the main stakeholders (Visser et al., 1999). Such interactions could contribute to finding the best compromise between numerous freight actors' interests (demand side, supply side, policy makers, associations, civil society etc.).

This paper proposes an innovative methodology to investigate sensitivity to changes in policy packages (Givoni et al., 2013) of three main agent-types: retailers, own account and transport providers. The policy scenarios are carefully selected to be, at once, attainable in the view of local authorities (transport regulators) and acceptable on behalf of the interviewed agents. A stated ranking experiment (SRE) is employed to acquire the data used to estimate agents' preferences for potential policy measures in the city of Rome (Italy). The policy interventions are characterized in terms of attributes (e.g. access

Anschrift der Verfasser:

Edoardo Marcucci
Valerio Gatta
University of Roma Tre
Department of Political Science
Centre for Research on the
Economics of Institutions
00154 Roma
e-mail: edoardo.marcucci@uniroma3.it,
valerio.gatta@uniroma3.it

Amanda Stathopoulos
School of Architecture, Civil
and Environmental Engineering
Transport and Mobility Laboratory
Ecole Polytechnique Fédérale
de Lausanne
1015 Lausanne
amanda.stathopoulos@gmail.com

Eva Valeri
University of Trieste
Department of
Economics, Business,
Mathematics and
Statistics
34128 Trieste
eva.valeri@econ.units.it

charging, time windows, l/u bays, etc.). The focus in the paper is on the empirical investigation of three agent-types with the aim of evaluating and forecasting the potential effects of policy interventions. In a broader setting it would be relevant to focus also on modelling the interaction between planning authorities and the commercial sector². While this constitutes a worthwhile topic and focus of further efforts, this paper proposes an experimental procedure to identify and measure both overall and agent specific *ex-ante* acceptability of given policy mix variations. The contribution of the paper relates to the contemporaneous consideration and evaluation of both demand and supply agents rather than, as is commonly done, studying the two groups separately.

The paper is structured as follows. Section 2 reviews the literature on both behavioural UFT modelling and experimental design. The study context and the survey development are described in section 3. Section 4 outlines the efficient experimental design developed. Preliminary results in terms of agent specific behavioural models are reported in section 5 while section 6 concludes with future research objectives.

2. Literature review

2.1 Behavioural models

Behavioural models, a sub-set of disaggregate models (e.g. inventory models and logistic optimisation), explicitly consider stakeholders' utility maximization efforts. As a first step in developing agent-based micro-simulation models the key decision makers need to be identified (Liedtke and Schepperle, 2004). Various authors consider UFT as one of the most promising fields of application for developing agent-based micro-models (Southworth, 2003; Wisetjindawat et al., 2005; de Jong and Ben-Akiva, 2007; Hensher and Figliozzi, 2007; Samimi et al., 2009; Roorda et al., 2010). In fact, freight movements are determined by the underlying motivations driven by specific agents' convenience. Freight modelling tends to disregard the behavioural implications of the policies introduced. However, the success/failure of UFT initiatives can be forecasted by an appropriate *ex-ante* evaluation of stakeholders' reaction to the implementation of such policies (see, for instance, Marcucci and Danielis, 2008; Paglione and Gatta 2007; Marcucci et al., 2007). However, these considerations are fundamental to understand the motivations of freight agents when:

- i)* reacting to different policy mixes,
- ii)* dealing with specific constraints (e.g. time windows),
- iii)* accounting for incentives (e.g. price rebates for new vehicles) and, in general,
- iv)* interacting with other agents.

² We thank an anonymous referee for suggesting the relevance of this additional level of analysis.

Interactions between existing and prospective constraints determined by new policies or reactions to specific strategies or constraints may change when the policy *status quo* (SQ) is altered. Puckett and Greaves (2009) argue that it is important to consider jointly both the instruments available to policy makers and the set of attributes influencing freight behaviour to understand the potential impacts that any policy might produce. It is important to identify incentives/disincentives with a relevant impact and additionally to quantify such impacts on the reference scenario before applying policies in a real-life context. Some promising approaches have been recently developed concerning the impact of UFT agent interaction in the policy making process (e.g. Brewer and Hensher, 2000; Puckett and Hensher, 2006, 2008). Usually, both financial and sample size considerations render this approach difficult to implement and to obtain statistically reliable parameter estimates. Hensher and Puckett (2008) proposed experiments relying on simulated rather than real interaction.

It is clear from this brief overview that increasing attention is dedicated to developing designs that can empirically identify agents' preferences.

2.2 Experimental design: an overview

Stated Choice (SC) experiments have a long standing in applied research (Louviere and Woodworth, 1983; Louviere and Hensher, 1983). A choice experiment aims at acquiring data to generate reliable and useful parameter estimates. Depending on the research question, it is possible to adopt various response formats, such as "choice", "ranking" or "rating". The response format influences the reliability of the responses and subsequent data analysis (Johnson and Desvousges, 1997; Ortúzar and Garrido, 1994; Louviere, 1992).

Estimation of statistically significant parameters, especially when, due to financial constraints or lack of participation, small samples are used, is favoured by a good experimental design.

An experimental design involves, in general, three steps:

- 1) specification of the model to be estimated;
- 2) selection of a specific design criterion;
- 3) creation of a questionnaire and acquisition of the data needed for estimation.

A design which is optimal for a given model specification may be sub-optimal for a different one. Moreover, there are different types of design (e.g. full factorial, fractional factorial, orthogonal, efficient) characterised by specific pros/cons and several issues should be taken into account (e.g. labelled/unlabelled tasks, level balance, number of attributes, level ranges, number of choice repetitions).

An experimental design is, *de facto*, a matrix of values containing the levels of the attributes included in the SC survey. The analyst needs to optimize the allocation of

attribute levels to a design matrix given his/her research goals. Historically, the most common strategy has been to ensure that attribute levels are uncorrelated (Louviere et al., 2000). More recently, efficient designs have been promoted by numerous researchers (Huber and Zwerina, 1996; Kanninen, 2002; Kessels et al., 2006; Sándor and Wedel, 2001, 2002, 2005; Ferrini and Scarpa, 2007). An efficient design considers orthogonality in design attributes to be less relevant since discrete choice models using SC data are not linear and do not require zero correlation between the design attributes.

Fowkes and Preston (1991) and Fowkes et al. (1993) were among the first to indicate that asymptotic standard errors of the parameters can, in fact, be reduced by relaxing the SC orthogonality conditions. These results were subsequently confirmed by Huber and Zwerina (1996). When constructing an efficient design it is easier to define and evaluate a single value instead of assessing the whole asymptotic variance-covariance (AVC) matrix, such as the d-efficiency or a-efficiency. D-efficiency is a function of the italicized mean of the eigenvalues. The determinant is the product of the eigenvalues of $(X'X)^{-1}$, and the p^{th} root of the determinant is the *geometric* mean. A-efficiency is a function of the *arithmetic* mean of the variances, which is given by the trace of $(X'X)^{-1}$, in other words, the sum of the eigenvalues of $(X'X)^{-1}$.

Summarising, by implementing efficient designs one can either improve the reliability of the parameter estimates given a specific data set or, alternatively, reduce the sample size needed to produce a given level of reliability of the parameter estimates. The adoption of an efficient design is thus consistent with the small sample size characterising the survey described in this paper.

3. Development of the survey

The study focuses on the limited traffic zone (LTZ) in Rome's historical centre. The 4 km² LTZ regulates passenger and freight vehicle entries. Only Euro 1 and later vehicles are allowed to enter the area with free access awarded to residents while other agents pay a fee. To give an idea of the local freight delivery context, 25,000 goods vehicles enter the city center each day, whereas 40% consists merely of through traffic (STA, 2001). The remaining 60% are estimated to carry out a total of 35,000 instances of goods loading and unloading (l/u). Many aspects of the freight delivery context are problematic. Concerning delivery timing, 2/3 of the operations take place in the morning, between 7.00 and 13.00. Concerning consignment locations, nearly 60% of operations are carried out illegally, outside the dedicated l/u areas. Relating to environmental impact, 86% of freight vehicles are diesel fuelled and the share of road haulage carried out by contractors is 67% (33% of

all freight operators use own account³ transport). This is in line with the country-wide situation where 59% of freight is carried out in own account (Confetra, 2001). In the last years, Rome has considerably reduced its share of own account transport from 54% in 1999 to 21% in 2008 (Filippi and Campagna, 2008). This can, at least in part, be attributed to Rome's LTZ legislation that incentivises third party freight management. A synthetic summary of the regulatory regime in place is reported in Appendix 1. The current regulation fosters the use of third account operations while discouraging lengthy parking of own account vehicles given the shortage of on-street parking. Although cameras and optical character recognition are present, the time windows (passenger cars: 06.30 – 18.00 Monday to Friday and 14.00 – 18.00 on Saturday) are not systematically enforced. Freight entries are more restricted with time windows operating between 10.00 – 14.00 and 16.00 – 20.00.

The SRE proposed in this paper concentrates on representing three main supply chain agent-types: transport providers, retailers and own account operators. The first two are well identified in the literature while earlier stakeholder consultations suggest considering own account operators as well (Stathopoulos et al., 2011).

To develop a choice experiment it is necessary to carefully select and define the attributes to include. The following sub-sections outlines the various steps involved in attribute selection and characterisation.

3.1 Attributes included in the SRE

Each alternative in the SRE is described by a set of attributes taking several levels. The attributes used in the experiment were derived from three main sources:

- a) literature survey;
- b) previous studies;
- c) focus group meetings with relevant expert stakeholders.

An extensive review of the *city logistics* literature with an agent-based perspective lead to the identification of a number of potential policies. Importantly some of these would cause opposite reactions among agents. For instance, night deliveries were considered as efficiency enhancing by transport providers but regarded as a mere increase in costs by retailers. The main case-study sources were the survey reports carried out in Rome by STA (2001) and Filippi and Campagna (2008). A third source of candidate attributes drew on several stages of qualitative stakeholder interviews (see Stathopoulos et al., 2011 for details). The focus of the stakeholder focus groups was to identify the policies considered most appropriate to mitigate the identified UFT problems.

³ By own account we intend a specific group of retailers who transport goods with their own vehicles (transportation is not their main activity). The own account group of agents interviewed consists of retailers operating as own account.

Subsequently the list of selected policies was evaluated according to various criteria to ensure an appropriate attribute selection. The criteria applied were: saliency, shared support and plausibility with respect to changes of the current scenario.

The Volvo Report (2010) provides a detailed overview of how the stakeholder results were converted into experimental attributes.

A main rationale for the attribute selection was shared support, which would facilitate the introduction and acceptability of a given policy. Stakeholder consultations helped selecting 12 freight policies (the full list is overviewed in Stathopoulos et al., 2012). Notably, support is strong and mutual for a few policies such as the eco-vehicle incentive or increasing the number of l/u bays. On the other hand, some policies were supported by a single stakeholder (e.g. tradable permits and time windows). That ran the risk of not gaining the necessary support needed for a successful real-life implementation.

Attributes were then narrowed down using the criteria of relevance and acceptability, leading up to 6 attributes that were included in pilot testing with real operators, namely:

- 1) number of l/u bays;
- 2) probability to find l/u bays free;
- 3) time windows;
- 4) exemption from time windows;
- 5) entrance fees;
- 6) exemptions from entrance fees.

Each of these six attributes has been on the political agenda for a long period and all were perceived as realistic measures to include in future policy mixes.

In what follows we discuss in detail the definition and characterisation of each attribute.

3.1.1 Loading/unloading bays

The availability and management of l/u bays was one of the most discussed issues in the focus groups. The main challenge revolved around the definition of this as an experimental attribute. The features perceived as most critical were both the number of bays and their availability. Earlier studies (STA, 2001), confirm the relevance of both these features and, therefore, it was included in the SRE. Although the construction of additional l/u bays has been on the political agenda for decades, the proposals have never been implemented. To date the number of l/u bays in the LTZ is 400.

3.1.2 Probability to find l/u bays available

In close connection to the number of l/u bays, the probability of actually finding them available was identified as a crucial feature. Evidence from stakeholder meetings and a pilot study both indicated that some agents were more interested in the probability of l/u bays available for operations. The focus on the probability suggests that the interviewees concentrated on policy outcomes rather than on the instruments used to pursue them (e.g. increasing the number of controls). Hence, the attribute was also defined in terms of the probability of finding the bays free. The probability of finding the bays available, based on a pilot by the authors in Rome's LTZ, was assessed to be circa 10%. The attribute was formulated as a probability percentage across the LTZ to avoid the issue of an unequal distribution of bays and freight activity among different areas potentially generating disparity in agents' perceptions⁴.

Distinguishing between the number of bays and the probability of finding them free allows several modelling options in the estimation phase. By comparing the fit of models with the two attributes kept separate vs. interacted, it is possible to draw conclusions as to the way respondents perceive the attributes.

3.1.3 Time windows

The importance of time window regulations was identified. However, this policy brings along a series of important difficulties in its characterization relating both to its definition and representation. For instance, the attribute could be described either in terms of the:

- 1) number of open vs. closed hours, or
- 2) distribution of specific opening or closing hours during the day. The design and refinement of this attribute was carried out in several stages, summarized as follows:
 - a) identify the most desired hours for freight delivery;
 - b) define different variations on the *SQ* regulation which could easily be interpreted by the researcher (e.g. number of hours and their distribution over the day);
 - c) define possible representations of these scenarios;
 - d) test the comprehension of the scenarios in a pilot study;
 - e) refine the attribute in view of pilot study results. As a result of the process, the time windows were described as text (not graphically) setting out the periods when the freight vehicles were allowed to enter the LTZ.

⁴ Defining an attribute in probabilistic terms may, however, provoke an excessive cognitive burden for respondents, but was a necessary condition to ensure a general interpretation of the perceptions of this complex issue.

3.1.4 Entrance fees

A price attribute is usually included when creating a choice or ranking experiment to calculate implicit prices. The importance of the entrance fee was confirmed in the discussions with agents. Transport providers were particularly sensitive since they are directly influenced. Moreover, fees have a high salience due to large increases experienced by operators in recent years. In fact, the annual fee rose from € 35, for eight number plates, to € 565 per number plate. In the final experiment the fee attribute was represented as upward and downward percentage variations from the SQ level.

3.2 Levels used in the experiment

The next step after attribute selection is the definition of levels and ranges characterizing each attribute. The levels should, ideally, be plausible, policy relevant and feasible although a choice experiment may also test currently unavailable options (e.g. a new mobility control policy). In defining the levels it is important to consider their number, spacing and overall range of variation. The attributes, levels, distribution and range are illustrated in Table 1.

The first step is to determine the number of levels to include and analyse the implications for subsequent estimation. For instance a two-level attribute only allows for the estimation of linear effects. Importantly, the indirect utility function of an attribute may exhibit non-linear effects whereas more than two levels are required to allow estimation of such effects. It is generally preferable to test for non-linearities rather than *ex-ante* assume their non-existence.

A second issue relates to level distribution. The literature recommends that levels be evenly spaced to aid interpretation of the coefficients. What is more, if levels are also symmetrical with respect to the SQ, this allows for the control of asymmetrical effects related to gains and losses.

As a third point, the ranges of the levels are of particular importance. Indeed, a sufficiently wide attribute range should be used to avoid respondents ignoring the attribute due to a lack of variation in the presentation. The level range is particularly important for the price attribute that is used to calculate implicit values of remaining attributes using willingness to pay (WTP) estimates. Moreover, the payment vehicle should be chosen to match the empirical setting.

As may be observed in Table 1 all attributes are characterized by at least three levels allowing controls for non-linear effects.

Table 1 - Attribute levels and ranges used in the SRE

Attribute	Number of levels	Level and range of attribute (Status Quo underscored)
Loading/Unloading bays	3	<u>400</u> , 800, 1200
Probability to find l/u bays	3	<u>10%</u> , 20%, 30%
Time windows	3	OPEN from 18:00 to 08:00 and from 14:00 to 16:00; <u>OPEN from 20:00 to 10:00</u> and from 14:00 to 16:00; OPEN from 04:00 to 20:00
Fees in €	5	200, 400, <u>600</u> , 800, 1000

Table notes: The underlined attribute levels represent the SQ situation.

Joint stakeholder meetings were an important source of information concerning attribute ranges. Attributes were presented and stakeholders were probed about specific ranges. Typical questions posed were: “*What is the minimum increase in the number of l/u bays you would consider necessary?*”. In this way ranges for l/u bays and the fees were defined. For the time windows, given the qualitative nature, stakeholders were asked to suggest two alternative scenarios: the first representing a minimum increase *desirable* for operators of freight distribution and the second defining a maximum *acceptable* reduction in terms of the number of hours of access to the LTZ. Moreover, a meeting with local policy makers, responsible for promoting and planning changes to the LTZ regulations, was organized. In these meeting both the feasibility of fee increases and the likelihood of construction of l/u bays were discussed.

Drawing on these results the minimum and maximum points of the attribute ranges were defined. For the l/u bay attribute the minimum coincides with the current situation since a reduction was not considered realistic. Instead, the range is extended to reflect stakeholders’ opinions and the three levels are then equally distributed with reference to the SQ levels. The presentation of the time window attribute was reduced from an original trial using five to three levels, due to the intrinsic attribute complexity. Due to the qualitative nature of the attribute it was not possible to ensure even attribute spacing. Lastly, the entrance fee attribute was defined to vary in both directions with respect to the *SQ* level of approximately € 600. Since past policy changes have been quite abrupt, the fee was given a wide range of variation going from € 200 to € 1,000. The quantitative nature facilitated a presentation that was both symmetrical and evenly spaced over the five levels.

In the final version the SRE choice sets presented the SQ situation along with two novel policy options. In terms of responses, agents were asked to rank policy bundles according to their preferences and were also solicited to indicate whether a policy was considered unacceptable and thus not part of their ordering. Finally, respondents were also prompted, for each choice task, to provide a ranking on behalf of their “typical” commercial partner. This required respondents to state, to the best of their knowledge, the policy ranking of their freight partners and whether any of the alternatives would be considered unacceptable by their partners. Table 2 presents an example of an SRE task.

Table 2 - Example of a ranking task

	Policy 1	Policy 2	Status Quo
Loading/Unloading bays	400	800	400
Probability to find l/u bays free	20%	10%	10%
Entrance fee in €	1000	200	600
<i>Own policy ranking</i>			
<i>Are there policies that you consider unacceptable?</i>			
<i>Which ranking of the policies, in your view, would your partner provide?</i>			

The attribute levels selected are consistent for the trade-off evaluation of the respondents. There is a clear substitution patterns between the attributes. In fact, since entrance fee and time window attributes have positive and negative variations from the *SQ* level while the two attributes related to l/u bays vary only in the positive direction, a policy option affecting firm costs negatively has at least two attributes that can counterbalance this negative impact on utility making it comparable with options that reduce entrance fees.

4. Efficient design strategy and motivation

4.1 Overview

The adoption of an efficient design strategy was motivated by the complex survey context, characterized by difficulty to access agents due to privacy concerns, taken together with the high cost of *face-to-face* interviews. Moreover, the lack of prior information concerning the sensitivities of single agent-types favoured a gradual approach with progressive refinement of the experimental design across several so-called *waves*. This implies an evolution of the design incorporating findings from previous interviews. The following sub-sections provide a detailed account of the design criteria used in each stage along with a rationale for the decisions made, summarising the main aspects of the efficient design strategy for each wave in Appendix 2.

A crucial feature of the survey administration process was the progressive differentiation of choice scenarios by agent-type. This strategy was adopted to maximise the information content in each wave of administration of the efficient design. In brief, the main agent-type diversification was the inclusion of the time window attribute only for own account operators. Indeed, only own account operators are *italics* facing time window restrictions since transport providers, operating as third account, can access the LTZ at all times.

4.2 Pilot

The novelty of the selected attributes and the lack of previous studies to use as a reference for coefficient sign and dimensions lead us to test three different design approaches (all developed in Ngene 1.0).

First, a d-efficient design with assumptions on the coefficient signs was tried. Due to the low precision of the priors, characterised by large standard deviations, it was impossible for the design to converge based on the limited sample size planned for the first wave of the interviews. Secondly, an orthogonal design was tested where each attribute is uncorrelated with every other attribute (Louviere and Woodworth, 1983). Also in this case it was not feasible to obtain such a design using only 9 tasks. Since using blocks was considered inconvenient given the small planned sample-size a fractional factorial design was tested. In this case only a randomly selected subset of all the possible level combinations appear in the design. Given that 6 attributes were present in the initial design, the number of combinations of the design would be equal to $2^5 \times 2^3 \times 2^2 = 1,024$. Drawing on Multinomial Logit (MNL) choice-models estimated using data from the pilot sample it was subsequently possible to delineate the first efficient design with priors, overviewed in the following section.

4.3 First wave efficient design

The first wave efficient design was based on the estimates obtained from the pilot study data. This implies that broad indications of signs and dimensions of each attribute coefficient could be incorporated when generating a new SRE design. At this stage the design was also differentiated among agents, namely, the attributes included in the utility functions were allowed to vary from one respondent type to another. From this point the time window attribute was included only for own account in line with the current regulatory framework. The table reported in Appendix 2 describes the complete utility functions used in the experimental design, attribute by attribute, for each wave and agent-type. This includes assumptions on prior Bayesian mean estimates and standard deviations, distributional assumptions and presence of non-linearities.

With respect to the first wave identical priors were used for carriers and retailers in line with the low power of the pilot estimates. Linear effects were hypothesized for each attribute. Bayesian priors were used to reflect uncertainty in the estimation of the parameters and the degree of uncertainty was reflected in the spread of the probability distribution. Parameter distributions were assumed normal with mean μ and variance σ^2 to reflect the dispersal of preferences around the mean.

Instead, own account operators were treated in a separate manner, both in terms of their utility function (additionally containing the time window attribute) and the Bayesian priors imposed for each attribute. Due to the qualitative nature of the time window attribute, characterized by three descriptive levels, this was effects-coded implying n-1 level

specifications with a relative prior each. In our case, due to the small sample size in the pilot, these were simply fixed to be negative for the lowest attribute level and positive for the highest, with the intermediate level omitted for identification

In each case, to select the final design, we applied the d-efficiency criterion, based on calculating the determinant of the AVC matrix along with a-efficiency, taking the trace of the AVC matrix, thereby looking only at the variances and not at covariances. The criterion of level balance, where each attribute appears equally often, was respected for the three-level attributes but not for the five-level entrance fee given the use of 9 choice sets. During the design process, we controlled for utility balance to ensure options in each choice set had similar probabilities of being chosen. Finally, a single task was duplicated to allow controls of respondent consistency.

Based on the data collected with the first wave design additional models were estimated, including controls for non-linear effects, to guide the ensuing design described in the following section.

4.4 Second wave efficient design

The second wave should ideally confirm the coefficient estimates derived from the previous one in view of the third and most comprehensive wave. Guided by estimation results from wave one non-linear effects were included for the fee attribute. For the retailers the specification reflects the large drop in utility when reaching the levels above the SQ fee, causing significant non-linearity compared to the positive utility in the lower ranges. As a comparison, the same attribute for the transport provider was given a quite different definition, where the lowest levels (e.g. € 200 and € 400) were not statistically different and were thus given the same prior. Overall, compared to retailers, the sensitivities are marked by a wider range of variation. This observation again underscores the importance of performing separate analysis for specific agent-types and to progressively refine the characterization of the utility structure. For the remaining attributes, priors were completely agent specific.

For own account, even though the underlying utility specification did not change, there were some important evolutions in the priors. For each of the variables, a uniform instead of a normal distribution was used reflecting the more consistent findings derived from wave one estimates. Moreover, while the range of the standard deviations remained similar for fare and l/u bay probability, there was a marked narrowing in the range for the number of bays.

4.5 Third wave efficient design

The design of the third wave chiefly confirmed previous findings. A novel feature was the specification of non-linear effects for all attributes in retailers' and transport providers' utilities. Given that this last wave contained the largest share of interviews, an additional

feature was introduced to ensure data quality. Namely, to avoid task positioning effects (e.g. incomplete comprehension of early tasks or fatigue in the later) an algorithm was developed for reordering the tasks to ensure that each task appeared in different positions within the SRE sequence.

It is important to note, that while the d-error and a-error were used as criteria to select designs within a wave, this reasoning does not apply across waves. Indeed, the changes in the utility structure, and/or in the prior values and distributions make these criteria incomparable in terms of design quality across waves. Instead, the advantage obtained by updating the design becomes apparent when analysing the evolution of the estimates on the data obtained in different waves. In fact, if the utility definition is kept fixed, we observe a marked improvement in the estimates in terms of their precision measured by the decreases in coefficient standard errors.

5. Preliminary results

This section reports some preliminary results derived from the SRE data analysis. A total of 252 interviews were administered but only 229 were finally used after discarding pilot interviews. The sample is composed of 73 own-account operators, the only one used in this paper, 90 retailers and 66 transport providers. In line with the data acquisition process, an agent-specific approach is adopted to model the ranking data. An MNL model is thus specified separately for each type of operator (see McFadden 1974 for a derivation of the MNL).

The variables included in the models are normalised, by dividing each level by its own minimum level, allowing for a direct comparison among coefficient estimates. In particular, the model variables are: LUB (referring to the number of l/u bays); PLUBF (refers to the probability of finding l/u bays free); EF (entrance fees); TW1 and TW3 (effects coded variables related, respectively, to worse and improved time windows); ASC1 and ASC2 (alternative specific constant related to the unlabelled alternatives 1 and 2).

The MNL estimation results are reported in Table 3. Results suggest that operators have different evaluations for different policy attributes.

Table 3 – MNL models for each agent-type

Variable	Own account		Retailers		Transport providers	
	Coeff.	t-stat	Coeff.	t-stat	Coeff.	t-stat
LUB	-0.067	-1.18	0.253	5.24	0.558	9.16
PLUBF	-0.008	-0.16	0.347	6.51	0.435	6.31
EF	-0.768	-14.65	-0.699	-16.44	-1.170	-16.85
TW1	-0.875	-10.91				
TW3	0.756	9.63				
ASC1	0.936	6.20	0.824	5.32	0.686	3.97
ASC2	0.784	6.14	0.657	4.82	0.709	4.46
Observations	1270		1624		1128	
Adj. Rho ²	0.141		0.143		0.252	

Own account operators are the most distinctive. In fact, estimates suggest that their sensitivity to the two l/u attributes are not significantly different from zero while the time window causes large effects on utility. Indeed, TW1, the deteriorated condition, cause significant decrease in utility while the TW3 is positively evaluated. In line with the other agent-types, both ASC1 and ASC2 estimates reveal a negative attitude towards the baseline SQ alternative which was presented as the third option in the SRE.

Retailers and transport providers have significant parameters for each attribute considered in their utility specification. In both cases, EF has the highest explanatory power while LUB and PLUBF have a similar impact on utility.

In order to compare the effects of attribute variations across agent-types, WTP measures are calculated⁵. Own account operators are willing to pay € 166 for the desirable time windows while they are willing to accept a compensation of € 259 to tolerate the restrictive time window policy. Contrasting results are obtained when considering either LUB or PLUBF variations. In fact, while retailers are willing to pay nearly € 200 for 20 additional units of probability of finding l/u bays free and € 145 for 800 additional l/u bays, transport providers are willing to pay € 150 for the former policy variation and € 190 for the latter.

⁵ Due to either the normalization previously mentioned or the coding used, specific calculations are needed. When linear attributes are considered, the WTP point estimate for an additional unit of the desired attribute corresponds to the ratio between the coefficients. Due to normalisation, this has to be multiplied by the minimum level of cost attribute (i.e. 200) and divided by the minimum level of the attribute at the numerator (i.e. 400 for LUB and 10 for PLUBF). On the other hand, when effects coded variables are involved, the WTP to move from a level of an attribute to a different one is calculated as the difference in the corresponding valuations.

To summarise, important differences are revealed upon examining the model outputs, justifying the careful agent specific treatment. This analysis suggests that no one-size-fits-all policy can be implemented.

6. Summary, conclusions and future research

This paper illustrates the potential gains of using an SRE to explore the *ex-ante* acceptability of innovative urban freight policy measures by retailers, transport providers and own account agents. The paper presents a synthetic literature review of both modelling behaviour and experimental design applied to freight transport followed by a description of the study context and the roman freight LTZ. This motivates and justifies our approach aimed at modelling preferences of three different agent-types. An important input in the experimental design was the consultations with stakeholders in focus group meetings with local policy makers, demand (retailers) and supply (transport providers). Discussions and surveys with stakeholders lead to the identification of the main policy attributes. In terms of the survey design, several criteria were then employed to select and specify the specific attributes used in the SRE. The process ensured that, on the one hand, the attributes were considered relevant by interested stakeholders, and, on the other, that support was balanced across the groups of stakeholders. In fact, policy evaluations should ideally address both relevant and collectively important issues/attributes aimed at providing policy makers with indications of both potentially effective and acceptable solutions.

This paper describes in detail the various phases of the development and refinement of a SRE applied in Rome's LTZ. In fact, a major innovation of the present research is the agent specific analysis considering transport providers, retailers and own account operators. Most of the recent literature on *city logistics* acknowledges, in principle, the importance of agent specific measures. The present study went further to acquire the necessary data to formulate analytically sound and empirically *ex-ante* verifiable proposals incorporating knowledge of agent specific behaviour. Innovative solutions were also adopted in the questionnaire design strategy pertaining to a novel use of prior preference data to capture the trade-offs of different agent-types. More precisely, the design strategy relied on state-of-the-art efficient design theory.

The data acquired allow for the estimation of agent specific models that are useful, in particular for policy makers, in analysing the most promising and *ex-ante* acceptable policy-mixes. The data obtained are not only reliable but also relevant under a policy implementation and evaluation scenario. In fact, when modelling data for single operators, diverse WTP patterns emerge. In particular, what really matters for own account operators is the time window policy intervention, while l/u bays, in terms of either construction or probability of finding them free, are relevant only for retailers and transport providers with divergent sensitivities.

The research produced is not only innovative under several aspects but can also provide socially relevant results.

In brief, the research approach described in this paper allows for the:

- 1) identification of the most relevant problems for Rome's LTZ for the most important agent-types;
- 2) enumeration of potentially feasible and relevant policies based on agent-types' opinions and preferences;
- 3) design of a SRE differentiated by using agent specific attributes and specifications;
- 4) evaluation of stakeholders' reactions to different policy makers' strategic levers.

The data acquired open the door to several promising future research explorations that are currently on-going. A central extension concerns the estimation of the potential for shared acceptability of policy interventions by "couples of agents", namely retailers and transport providers. Moreover, it would be of interest to detect potential distribution channel effects for each category of goods. Another important extension would be to include and evaluate other potentially relevant attributes in the policy mix scenarios such as fuel efficient vehicle incentives, time window exemptions or peak-time pricing. The reactions to such policies are likely to be strongly differentiated among agents and have rarely been explored experimentally in past research. A further point that would be important to investigate relates to the reaction to extended "what if" scenarios. This would allow practitioners to predict the degree of acceptance and foresee behavioural adjustments as a response to wider contextual changes, such as fuel-price changes, tax restructurings or changes in related policies such as parking. Drawing on the preliminary results provided, some extensions can be considered in order to enrich policy analysis. On one hand, assuming an agent specific approach, we can take the analysis further by focusing on preference heterogeneity (Marcucci and Gatta, 2012) or further non-linearity in attribute level effects (Rotaris et al., 2012). On the other hand, from a policy maker's perspective, one can search for the specific composition of a policy mix for either social welfare or revenue maximisation. In other words, through simulations of policy intervention packages one can test the increase of decision makers' awareness helping them taking better decisions.

Finally, it is important to stress the benefits provided by the proposed methodology in terms of greater accuracy of the estimates with a given budget for interview administration or, alternatively, the reduction of the budget needed to reach a predetermined level of accuracy. This last aspect may be crucial in empirical research situations.

In conclusion, a limitation of the proposed approach is acknowledged; namely it does not explicitly consider interactions between agents. It is important to note that when considering a multiple-agent context (Marcucci et al., 2011) the issue of coalition formation becomes relevant and this might imply either a more complex and costly data acquisition process or the use of a game theoretic framework where coalition formation can explicitly be modelled (Marcucci et al., 2005).

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge funds from Volvo Research Foundation (VREF) and the Italian Research Program of Relevant National Interest (PRIN), 2008YEPPM3_005, on 'Methods and models for efficient estimation of urban freight distribution strategies', Ministry of Education, University and Research.

Abstract

Urban freight policy implementation tends to produce unsatisfactory results when behavioural and contextual aspects are not considered. Acquiring relevant data is crucial to test hypotheses and forecast agents' behaviour reactions to policy variations. Development and application of appropriate survey instruments to test policy ex-ante acceptability is still lacking despite methodological advances in modelling behaviour. This paper expands and innovates the methodological literature by describing a stated ranking experiment to model freight agent behaviour and discusses in detail the efficient experimental design implemented to incorporate an agent specific approach in the city logistic literature while reporting some preliminary results.

Keywords: urban freight transport, behavioural modelling, agent specific approach, stated preference, stated ranking experiments.

Bibliographical references

- Brewer, A. and Hensher, D.A. (2000), Distributed work and travel behaviour: The dynamics of interactive agency choices between employers and employees, *Transportation*, Vol. 27, 117-148.
- Confetra (2001), Profilo dell'autotrasporto di cose in Italia, Milano, http://www.confetra.it/it/centrostudi/doc_pdf/quaderni_QUADERNO%20N.%2087.4.pdf.
- Danielis, R., Maggi, E., Rotaris, L., Valeri, E., (2013), Urban freight distribution: urban supply chains and transportation policies, In: Freight Transport Modeling, Ben-Akiva M., Meersman H., Van De Voorde E., (Hrsg.), Emerald Group Publishing, ISBN: 9781781902851.
- De Jong, G., M. Ben-Akiva (2007), A micro-simulation model of shipment size and transport chain choice, *Transportation Research Part B*, 41. Jg., 950–965.
- Ferrini, S., and R., Scarpa (2007), Designs with a-priori information for non-market valuation with choice-experiments: a Monte Carlo study, *Journal of Environmental Economics and Management*, 53. Jg., 342-363.
- Filippi, F., and Campagna, A. (2008), Indagine sulla distribuzione delle merci a Roma, nell'ambito dello Studio di settore della mobilità delle merci a Roma, CTL: Centre for studies on Transport and Logistics and ATAC: Agency of mobility of Rome's municipality.
- Fowkes, A.S. and Preston, J.M., (1991), Novel approaches to forecasting the demand for new local rail services, *Transportation Research A*, 25A(4), 209-218.
- Fowkes, A S, Wardman, M. and Holden, D. (1993), Non-orthogonal Stated Preference design, PTRC-SAM-1993, UMIST, published as Transportation planning methods, Code 366, 91-97, PTRC, London, 1993.
- Givoni M., Macmillen J., Banister D. and Feitelson E., (2013), From policy measures to policy packages, *Transport Reviews*, 33. Jg., 1-20.
- Hensher, D. A. and Puckett, S. M. (2008), Power, concession and agreement in freight distribution chains: subject to distance-based user charges, *International Journal of Logistics Research and Applications*, 11. Jg., Nr. 2, 81-100.
- Hensher, D., and Figliozzi, M. A. (2007), Behavioural insights into the modelling of freight transportation and distribution systems, *Transportation Research Part B: Methodological*, 41.Jg., 921-923.
- Huber, J. and K. Zwerina (1996), The Importance of Utility Balance in Efficient Choice Designs, *Journal of Marketing Research*, 33. Jg., 307-317.
- Johnson, L., Desvoves, W., (1997), Estimating Stated Preferences with Rated-Pair data: Environmental, Health, and Employment Effects of Energy Programs, *Journal of Environmental Economics and Management*, 34. Jg., 79-99.

- Kanninen, B.J. (2002), Optimal Design for Multinomial Choice Experiments, *Journal of Marketing Research*, 39. Jg., 214-217.
- Kessels, R., Goos, P. and Vandebroek, M. (2006), A comparison of criteria to design efficient choice experiments, *Journal of Marketing Research*, 43. Jg., Nr. 3, 409-419.
- Liedtke, G., and H. Schepperle (2004), Segmentation of the Transportation Market with Regard to Activity-based Freight Transport Modelling, *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 7. Jg., Nr. 3, 199-218.
- Louviere, J., (1992), Experimental Choice Analysis: Introduction and Overview, *Journal of Business Research*, 24. Jg., 89-95.
- Louviere, J.J. and D.A. Hensher (1983), Using Discrete Choice Models with Experimental Design Data to Forecast Consumer Demand for a Unique Cultural Event, *Journal of Consumer Research*, 10. Jg., 348-361.
- Louviere, J.J., and G. Woodworth (1983), Design and analysis of simulated consumer choice or allocation experiments: an approach based on aggregated data, *Journal of Marketing Research*, 20. Jg., 350-367.
- Louviere, J.J., D.A. Hensher, and J.D. Swait (2000), Stated Choice Methods-Analysis and Application, Cambridge University Press, UK.
- Ngene 1.0, Choicemetrics Pty Ltd, <http://www.choice-metrics.com>.
- Marcucci, E., Danielis, R., (2008), The Potential Demand for a Urban Freight Consolidation Centre, *Transportation*, 35. Jg., Nr. 2, 269-289.
- Marcucci, E., Danielis, R., Paglione, G., Gatta, V., (2007), Centri urbani di distribuzione delle merci e politiche del traffico: una valutazione empirica tramite le preferenze dichiarate, Atti del 7° Congresso CIRIAF, 373-378.
- Marcucci, E., Gatta, V., (2012), Dissecting Preference Heterogeneity in Consumer Stated Choices, *Transport Research Part E*, 48. Jg., Nr. 1, 331-339.
- Marcucci, E., Marini, M., Ticchi, D., (2005), Road pricing as a citizen-candidate game, *European Transport / Trasporti Europei*, 31. Jg., 28-45.
- Marcucci E, Stathopoulos A, Rotaris L, Danielis R, (2011), Comparing single and joint preferences: a choice experiment on residential location in three-member households, *Environment and Planning A*, 43. Jg., Nr. 5, 1209-1225.
- Ogden, K. W. (1992), Urban goods movement: a guide to policy and planning, Ashgate, Aldershot, UK.
- McFadden, D.L., (1974), Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior, In: Zarembka, P., (Hrsg.), *Frontiers in Econometrics*, Academic Press.
- Ortúzar, J., Garrido, R. (1994), A practical assessment of stated preferences methods, *Transportation*, 21. Jg., 289-305.

- Paglione, G., Gatta, V., (2007), Le preferenze degli attori economici verso l'installazione di un Centro di Distribuzione Urbana (CDU): il caso di Pesaro, IX Riunione Scientifica SIET, www.sietitalia.org/siet9/papers/Paglione-Gatta_SIET%202007.pdf.
- Puckett, S. M., and Greaves, S. (2009), Estimating Policy-Induced Changes in Freight Vehicle Emissions in Sydney. Institute of Transport and Logistics Studies Working Paper, The University of Sydney.
- Puckett, S.M., Hensher, D.A. (2006), Modelling interdependent behaviour utilising a sequentially-administered stated choice experiment: analysis of urban road freight stakeholders, Paper presented at the 2006 Conference of the International Association of Travel Behaviour Research, Kyoto, Japan.
- Puckett, S.M., Hensher, D.A. (2008), The role of attribute processing strategies in estimating the preferences of road freight stakeholders under variable road user charges, *Transportation Research E*, 44. Jg., 379-395.
- Roorda, M. J., R. Cavalcante, S. McCabe, and H. Kwan (2010), A conceptual framework for agent-based modelling of logistics services, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46. Jg., Nr. 1, 18-31.
- Rotaris, L., Danielis, R., Marcucci, E., Sarman, I., (2012), Testing for non-linearity in the choice of a freight transport service, In: Marcucci E., Puckett S., (Guest Editors), Special issue on: Freight transport analysis: new trends and methodologies, *European Transport/Trasporti Europei*, 50. Jg., 1-22.
- Samimi, A., A. Mohammadian, and K. Kawamura (2009), Integrating supply chain management concept in a goods movement microsimulation, IEEE International Conference on Service Operations, Logistics and Informatics, July 22 - 24, 2009, Chicago, IL, USA.
- Sándor, Z., and M. Wedel (2001), Designing Conjoint Choice Experiments Using Managers' Prior Beliefs, *Journal of Marketing Research*, 38. Jg., 430-444.
- Sándor, Z., and M. Wedel (2002), Profile Construction in Experimental Choice Designs for Mixed Logit Models, *Marketing Science*, 21. Jg., Nr. 4, 455-475.
- Sándor, Z., and M. Wedel (2005), Heterogeneous conjoint choice designs, *Journal of Marketing Research*, 42. Jg., 210-218.
- Southworth, F. (2003), Freight Transportation Planning: Models and Methods, *Transportation systems planning: methods and applications*, by K. G. Goulias.
- STA. (2001), Quadro conoscitivo del problema della distribuzione delle merci nel Centro Storico di Roma, Rome.
- Stathopoulos, A., E. Valeri, E. Marcucci, V. Gatta, A. Nuzzolo, A. Comi (2011), Urban freight policy innovation for Rome's LTZ: A stakeholder perspective, In: Macharis, C., and Melo, S. (Hrsg.), *City Distribution And Urban Freight Transport: Multiple Perspectives*, Edward Elgar Publishing, London, UK, 75-100.

-
- Stathopoulos, A., and E. Valeri, E. Marcucci (2012), Stakeholder reactions to urban freight policy innovation, *Journal of Transport Geography*, 34. Jg., Nr. 1, 15-38.
- Visser, J., van Binsbergen, A., Nemoto, T., (1999), Urban freight transport policy and planning – Review, First International Symposium on City Logistics, July 1999, Cairns, Australia.
- VOLVO REPORT - (2010), Innovative solutions to freight distribution in the complex large urban area of Rome, Final report, project SP-2007-50.
- Wisetjindawat, W., S. Matsumoto, and K. Sano (2005), Supply Chain Simulation for Modeling the Interactions in Freight Movement, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6. Jg., 2991-3004.

Appendix 1

Main regulatory characteristics of Rome freight LTZ

General regulation	
Laden weight < 35.000 Kg	Laden weight > 35.000 Kg
Transit and parking allowed from 20.00 to 10.00 and 14.00 to 16.00 and prohibited otherwise	Transit and stopovers permitted from 20.00 to 7.00 and prohibited otherwise
Exceptions from time window (around the clock transit and parking)	
Laden weight < 35.000 Kg	Laden weight > 35000 Kg
<ol style="list-style-type: none"> 1. Transport of perishable foods, pharmaceuticals, newspapers and precious goods 2. All courier and transport companies operating as third account (if enrolled in the "National registry of auto transporters") 3. Trucks involved in cleaning and maintenance services on account of the municipality or ATAC 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Trucks with justified request detailing time, place and route (for instance house moving)
Fee reductions 50% reductions offered for electric cars and 25% reduction for CH4, GPL and hybrid motor/fuel	

Appendix 2

Notes to appendix 2: When introducing non-linearities in the model Ngen requires the analyst to introduce an *effects* command (see 2nd and 3rd waves) that instructs the software there are non-linearities that will be estimated as effects coded variables. This method foresees a piece-wise linear estimation of the effects of the variation of attribute levels. A full description of all the commands reported can be derived from the freely downloadable manual of Ngen (<http://www.choice-metrics.com/>).

Wave	Desire		A-avcror		annual entrance fee	Probability to find in buy free	Transport provider		Time attributes
	Fixed	Mean	Fixed	Mean			Number of fix boys	Time attributes	
1	0.2291	0.2721	0.2488	0.2985	$EF[(\alpha - 0.50, 0.149) * FF[1,2,3,4,5]]$	$Prob[(\alpha, 0.5, 0.32) * PROBI[1,2,3]]$	LUB[($\alpha, 0.39, 0.28$) * LUB[1,2,3]]		
2	0.6663	0.6739	1.037	1.0891	$EF[effects[(\alpha, 1.2, 1.7)(\alpha, 1.2, 1.7)(\alpha, 0.4, 0.9)(\alpha, 1.7, 1.2) * FF[1,2,3,4,5]]]$	$PROBI[(\alpha, 0.5, 0.8) * PROBI[1,2,3]]$	LUB[($\alpha, 0.3, 0.5$) * LUB[1,2,3]]		
3	0.6219	0.6344	1.537	1.5885	$EF[effects[(\alpha, 1.78, 1.71)(\alpha, 1.144, 1.471)(\alpha, 0.130, 0.407)(\alpha, 1.039, 0.788) * FF[1,2,3,4,5]]]$	$PROBI[effects[(\alpha, 1.399, 0.914)(\alpha, -0.010, 0.315) * PROBI[1,2,3]]]$	LUB[effects[($\alpha, 1.282, -0.886$)($\alpha, -0.255, 0.589$) * LUB[1,2,3]]]		
Wave	Desire		A-avcror		annual entrance fee	Probability to find in buy free	Retailer		Time attributes
Fixed	Mean	Fixed	Mean	Number of fix boys			Time attributes		
1	0.2291	0.2721	0.2488	0.2985	$EF[(\alpha - 0.5, 0.149) * FF[1,2,3,4,5]]$	$PROBI[(\alpha, 0.5, 0.32) * PROBI[1,2,3]]$	LUB[($\alpha, 0.39, 0.28$) * LUB[1,2,3]]		
2	0.5852	0.5891	0.7772	0.7835	$EF[effects[(\alpha, 0.8, 1.1)(\alpha, 0.5, 0.8)(\alpha, 0.01, 0.9)(\alpha, 0.5, 0.5) * FF[1,2,3,4,5]]]$	$PROBI[(\alpha, 0.3, 0.5) * PROBI[1,2,3]]$	LUB[($\alpha, 0.1, 0.3$) * LUB[1,2,3]]		
3	0.9715	0.9874	0.2940	0.2984	$EF[effects[(\alpha, 1.4, 1.47)(\alpha, 0.13, 0.409)(\alpha, -1.03, 0.70)(\alpha, 2.52, -1.92) * FF[1,2,3,4,5]]]$	$PROBI[effects[(\alpha, 0.603, 0.099)(\alpha, -0.030, 0.229) * PROBI[1,2,3]]]$	LUB[effects[($\alpha, 0.569, -0.173$)($\alpha, -0.004, 0.257$) * LUB[1,2,3]]]		
Wave	Desire		A-avcror		annual entrance fee	Probability to find in buy free	Own account		Time attributes
Fixed	Mean	Fixed	Mean	Number of fix boys			Time attributes		
1	0.2472	0.3465	0.3048	0.4293	$EF[(\alpha - 0.3, 0.2) * FF[1,2,3,4,5]]$	$PROBI[(\alpha, 0.185, 0.15) * PROBI[1,2,3]]$	LUB[($\alpha, 0.554, 0.5$) * LUB[1,2,3]]	TW[effects[($\alpha, -1.0$)($\alpha, 0.1$) * TW[0,1,2]]]	
2	0.2812	0.3405	0.3405	0.3466	$EF[(\alpha - 0.6, 0.3) * FF[1,2,3,4,5]]$	$PROBI[(\alpha, 1.0, 0.4) * PROBI[1,2,3]]$	LUB[($\alpha, 0.1, 0.3$) * LUB[1,2,3]]	TW[effects[($\alpha, 0.8, 1.3$)($\alpha, 0.1, 0.5$) * TW[0,1,2]]]	
3	0.7016	0.7169	1.0916	1.1211	$EF[effects[(\alpha, 1.45, 1.95)(\alpha, 0.38, 0.889)(\alpha, -0.27, 0.74)(\alpha, 0.9, 0.26) * FF[1,2,3,4,5]]]$	$PROBI[effects[(\alpha, 1.313, 0.890)(\alpha, -0.025, 0.337) * PROBI[1,2,3]]]$	LUB[effects[($\alpha, 1.154, -0.798$)($\alpha, 2.109, 0.469$) * LUB[1,2,3]]]	TW[effects[($\alpha, -0.773, -0.551$)($\alpha, -0.317, -0.08$) * TW[0,1,2]]]	

Efficient design for the 3 waves.

Verkehrssicherheit und Zahlungsbereitschaft – ein Überblick zum Stand der Forschung

VON FRANCISCO BAHAMONDE-BIRKE, HEIKE LINK
UND UWE KUNERT, BERLIN

1. Einleitung

Für die Gestaltung des Verkehrssystems ist die möglichst adäquate Ermittlung der damit verbundenen Kosten und Nutzen eine wichtige Aufgabe. Neben den Infrastrukturkosten, den Staukosten und den Kosten der Luftverschmutzung, des Verkehrslärms und des Klimawandels müssen auch die durch Verkehrsunfälle verursachten Kosten ermittelt werden. Der theoretisch-konzeptionell fundierten und empirisch soliden Ermittlung der Kosten von Verkehrsunfällen kommt sowohl im Bereich der Preispolitik bei der Quantifizierung der externen Kosten als auch im Bereich der Kosten-Nutzen-Analyse von Investitionsprojekten z.B. im Rahmen der Bundesverkehrswegeplanung eine wichtige Rolle zu.

In der deutschen Bewertungspraxis werden bislang ausschließlich die mittel- und unmittelbar anfallenden monetären Folgen von Verkehrsunfällen quantitativ berücksichtigt, während die immateriellen Folgen wie Schmerz, Leid, Verlust an Lebensqualität bzw. die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung zur Verringerung oder Vermeidung dieser Folgen unberücksichtigt bleiben. Im Hinblick auf die Methodentwicklung in Deutschland ist festzustellen, dass Zahlungsbereitschaftsansätze auch zur Ermittlung der Bewertung von Reisezeit und Zuverlässigkeit erst in jüngster Zeit eingesetzt werden.¹

Damit stellt sich zum einen die Frage, ob die derzeit angewendeten Unfallkostensätze eine adäquate Bewertung von Projektalternativen gewährleisten. Zum anderen ordnet sich die Berücksichtigung immaterieller Unfallfolgen und der Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung zur Verminderung des Unfallrisikos in die aktuelle Diskussion der alternativen Wohlfundstandsmessung ein, bei der es darum geht, neben dem monetär ausgedrückten BIP auch

Anschrift der Verfasser:

Francisco Bahamonde-Birke
DIW Berlin

Energie, Verkehr, Umwelt
Mohrenstraße 58
10117 Berlin

e-mail: fBahamondeBirke@diw.de

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

Dieser Beitrag basiert auf einer Studie für die Bundesanstalt für Straßenwesen: Bahamonde-Birke, F., Link, H., Kunert, U. (2013): Zahlungsbereitschaften für Verkehrssicherheit – Vorstudie, BASt - M – 242.

¹ Zu den früheren Anwendungen der Stated-Preference Methoden in Deutschland vgl. FGSV (1996).

weitere Indikatoren wie demokratische Partizipation und Freiheit, Lebenserwartung, soziale Teilhabe, Artenvielfalt etc. in die Bewertung einzubeziehen (Deutscher Bundestag, 2013).

Vor diesem Hintergrund besteht das Ziel des hier vorgelegten Beitrages, die verschiedenen Ansätze zur Zahlungsbereitschaft darzustellen und im Hinblick auf ihre Vor- und Nachteile zu diskutieren.

2. Die Bewertung des menschlichen Lebens als Schadenskosten

Die Kosten von Verkehrsunfällen² lassen sich konzeptionell in drei Komponenten unterteilen (vgl. hierzu HEATCO, 2005):

- 1) Direkte ökonomische Kosten. Sie entsprechen den infolge eines Verkehrsunfalls unmittelbar anfallenden Ausgaben (Kosten der medizinischen Behandlung, Kosten von Rehabilitationsmaßnahmen, Verwaltungs-, Polizei- und Rechtssprechungskosten, Bestattungskosten, etc.).
- 2) Indirekte ökonomische Kosten. Sie entsprechen den Verlusten, die die Volkswirtschaft durch den Produktionsausfall des Unfallopfers erleidet.
- 3) Immaterielle Verluste wie Leid, Schmerz, Verlust an Lebensqualität etc.

Während die beiden erstgenannten Komponenten bereits angefallene bzw. prospektiv zu schätzende monetäre Größen sind, stellt sich bei der letztgenannten Komponente die Frage nach ihrer Bewertung und Monetarisierung. In der deutschen verkehrswissenschaftlichen Diskussion wurde die Möglichkeit einer monetären Bewertung menschlichen Lebens in der Vergangenheit teilweise aus ethischen Gründen sowie aufgrund methodisch-konzeptioneller Probleme verneint. Die heute in Deutschland genutzten Schadenskostenansätze haben zum Ziel, den objektiven Nutzen eines Lebens bzw. der Verminderung des Unfallrisikos für die Volkswirtschaft zu ermitteln. Sie beschränken sich, mit Ausnahme der Schmerzensgelder, auf die Quantifizierung der beiden ersten Komponenten der Unfallkosten.

Der historisch älteste Schadenskostenansatz ist der Humankapitalansatz (Fein 1958; Mushkin und Collings, 1959), der auf der Annahme basiert, dass der Wert des Lebens in direktem Zusammenhang mit der Produktionsfähigkeit (dem sogenannten Humankapital) eines Individuums steht, die üblicherweise durch das Bruttoeinkommen, das eine bestimmte Person im Laufe ihres Lebens generieren kann, repräsentiert wird.

In Deutschland wurden Erweiterungen zum Reproduktions- und Ressourcenausfallkosten-Ansatz entwickelt (Krupp und Hundhausen, 1984, Baum und Höhnscheid, 1999). Dieser ist

² In diesem Beitrag werden ausschließlich die Kosten von Verkehrsunfällen mit Personenschäden behandelt. Die statistische Erfassung von Sachschäden wird hier nicht diskutiert.

die Basis für die derzeit von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) verwendete Methodik (Assing et al., 2010), deren Ergebnisse jährlich von der BASt aktualisiert und veröffentlicht werden (zuletzt BASt, 2011).

Wie auch sein methodischer Vorgänger basiert dieser Ansatz auf den Kosten, die der Volkswirtschaft im Zusammenhang mit einem Unfall entstehen. Dabei sind die Reproduktionskosten zur Wiederherstellung der vor dem Verkehrsunfall bestehenden Situation erforderlich und beinhalten die Ausgaben, die durch den Einsatz von medizinischen, juristischen oder anderen Handlungen zustande kommen. Die Ressourcenausfallkosten ihrerseits stellen die Verluste der Volkswirtschaft aufgrund des Produktionsausfalles (durch die Verletzung bzw. durch den Tod des Unfallopfers) dar.

Neben diesen Komponenten berücksichtigt der Reproduktions- und Ressourcenausfallkosten-Ansatz auch andere Kosten, so die außermärklichen Wertschöpfungsverluste, humanitäre Kosten und die durch Unfälle verursachten Staukosten (Baum et al., 2010). Obwohl der Reproduktions- und Ressourcenausfallkosten-Ansatz den Humankapitalansatz um fehlende Komponenten ergänzt, bleiben wesentliche Kritikpunkte bestehen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass beide Formen des Schadenskostenansatzes nur die unmittelbar anfallenden Kosten sowie die der Volkswirtschaft entstehenden Verluste aufgrund von Verkehrsunfällen quantifizieren, während die Präferenzen der Bevölkerung nicht einbezogen werden. Damit stellt sich die Frage, ob die Kostenabgrenzungen der Schadenskostenansätze hinreichend sind, um beispielsweise in der Kosten-Nutzen-Analyse eine adäquate Abbildung der Nutzen von Projekten zur Verbesserung der Verkehrssicherheit zu gewährleisten.

3. Die Verfahren der Zahlungsbereitschaftsanalyse

Aufgrund der Kritik an den Schadenskostenansätzen wurde in den 1970er Jahren die Zahlungsbereitschaftsanalyse entwickelt (Mishan, 1971). Sie basiert auf der Bereitschaft von Individuen, Geld für eine Verbesserung der aktuellen Zustände zu zahlen (willingness-to-pay) bzw. Geld für die Erduldung einer Verschlechterung zu akzeptieren (willingness-to-accept). Ermittelt wird letztlich der Wert, den die Gesellschaft einem bestimmten Gut zuordnet, also eine aggregierte Zahlungsbereitschaft.

Dabei geht es nicht darum, den Wert eines Menschenlebens festzulegen. Vielmehr wird mit diesen Konzepten das Ziel verfolgt, in Marktsituationen oder in Befragungen die Präferenzen der Individuen hinsichtlich ihres Sicherheitsgefühls zu identifizieren und entsprechend zu interpretieren. Diese Herangehensweise entspricht einer demokratischen Politikgestaltung, indem sie den Willen und die Absichten der Bevölkerung widerspiegelt. Der in der Literatur verwendete Begriff des Value of Statistical Life (VSL) bezieht sich somit nicht auf ein konkretes Menschenleben, sondern auf ein undefiniertes statistisches Leben, dessen Bewertung für Situationen mit nicht sicher, sondern nur mit geringer Wahrscheinlichkeit eintretenden Ereignissen ermittelt wird.

Der VSL³ kann folgendermaßen dargestellt werden (Jones-Lee, 1994; Rizzi und Ortúzar 2006a; Hojman et al., 2005):

$$VSL = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N WTP_i - N \cdot Cov(WTP_i, |\delta r_i|), \quad (1)$$

wobei WTP_i für die Zahlungsbereitschaft von Individuum i steht, N für die Größe der Bevölkerung und $Cov(WTP_i, |\delta r_i|)$ für die Kovarianz zwischen der individuellen Zahlungsbereitschaft und der Risikoverminderung. Üblicherweise wird angenommen, dass die Kovarianz zwischen dem Risiko und der Zahlungsbereitschaft Null ist, was Gleichung (2) wie folgt vereinfacht:

$$VSL = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N WTP_i. \quad (2)$$

Normalerweise wird die Zahlungsbereitschaft als die Grenzrate der Substitution zwischen zwei Gütern dargestellt. Dabei ist es üblich, eines der Güter in monetären Einheiten auszudrücken, um einen monetären Trade-Off zwischen den beiden Gütern zu ermöglichen. Das andere Gut kann im Falle der Verkehrssicherheit als eine Wahrscheinlichkeit, Opfer eines tödlichen Unfalles oder einer (schweren) Verletzung zu werden, dargestellt werden. Da es sich um eine Grenzrate handelt, ist dieser Wert nur in der Umgebung des Kalibrierungsniveaus gültig.

Der Zahlungsbereitschaftsansatz kann zur Ermittlung des Preises eines jeden, nicht vom Markt bewerteten Gutes angewendet werden. Im Falle der Verkehrssicherheit erfordert seine Anwendung jedoch eine sorgfältige Berücksichtigung der Rahmenbedingungen. So muss man hier zwischen einem Risiko ex-ante (das Risiko vor der Exposition) und einem Risiko ex-post (nach der Exposition) unterscheiden (Pearce et al., 2006). Der Wert des Lebens kann nicht als die ex-post Zahlungsbereitschaft einer Person für ihr eigenes Leben verstanden werden. Die Kosten-Nutzen-Analyse beschäftigt sich mit der ex-ante Zahlungsbereitschaft für eine Verminderung der Todeswahrscheinlichkeit in Folge eines Verkehrsunfalls für eine vorgegebene Bevölkerungsgruppe, da Verkehrssicherheitsprojekte vor dem Auftreten eines Vorfalles bewertet und beschlossen werden müssen.

Die Untersuchung der ex-ante Zahlungsbereitschaft ermöglicht die gleichzeitige Erfassung aller Komponenten, die die Individuen dem Wert des Lebens zuordnen, wie beispielweise die Erhöhung des Sicherheitsgefühls, die Risikoeinstellung, die subjektive Betrachtung des Schmerzes und des Leides oder den Wert des Lebens per se.

³ Formal müsste im Falle des Zahlungsbereitschaftsansatzes vom Wert der Risikoreduktionen (VRR nach der englischen Abkürzung) und der Zahlungsbereitschaft für Risikoreduktionen gesprochen werden (Jones-Lee, 1994; Rizzi und Ortúzar, 2006b), aber zugunsten der Konsistenz der Terminologie wird in diesem Bericht der Begriff Wert des statistischen Lebens (VSL) verwendet.

Aus der Vielfältigkeit der Komponenten, die den subjektiven Wert des Lebens bilden, ergibt sich, dass dieser auch von der jeweiligen Situation abhängig ist. In Folge dessen können unterschiedliche Risikoeinstellungen in verschiedenen Bereichen (wie zum Beispiel in der Verkehrssicherheit, im Umweltbereich oder im Gesundheitswesen) zu abweichenden Bewertungen des Lebens oder einer schweren Verletzung bzw. Erkrankung führen (Viscusi et al., 1991; Jones-Lee und Loomes, 1995).

Zu den Gründen für diese abweichenden Bewertungen kann gehören, ob das Eingehen des Risikos freiwillig ist oder nicht, ob das Individuum die Situation kontrolliert und ob andere Menschen von einem möglichen Versagen des Individuums betroffen werden. Selbstverständlich bedingen auch die sozio-ökonomische Eigenschaften der Person die Bewertung (OECD, 2012).

Zudem zeigen einige Befunde, dass die Zahlungsbereitschaft abhängig von der Richtung des betrachteten Effektes ist, d.h. es werden Unterschiede zwischen den Zahlungsbereitschaften für eine Besserung (willingness-to-pay) und den Zahlungsbereitschaften für die Erduldung einer Verschlechterung (willingness-to-accept) konstatiert (Horowitz und McConnell, 2003). Für diese Ergebnisse gibt es im Rahmen der neoklassischen Theorie keine schlüssige Erklärung, da sie den Prinzipien der Hicks'schen Nachfrage (kompensierte Nachfrage) widersprechen (Zhao und Kling, 2001). Allerdings lassen sich derartige „reference-dependent“ Präferenzen im Rahmen der Prospekttheorie erklären (Kahneman und Tverski, 1979). Seit einigen Jahren werden diese Effekte bei der Modellierung von Entscheidungen in der verkehrsökonomischen Forschung berücksichtigt (van de Kaa, 2010; Hjorth und Fosgerau, 2011). Bei der Gestaltung der Experimente zur Zahlungsbereitschaft muss dieser Effekt in Betracht gezogen werden.

Im Folgenden werden die wichtigsten Ansätze zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaft (sowohl mit offenbarten als auch mit angegebenen Präferenzen) vorgestellt und diskutiert. Dabei wird zunächst auf die generelle Rolle von Stated-Preference-Methoden im deutschen Sprachraum eingegangen, daran anschließend werden die wichtigsten methodischen Ansätze der Zahlungsbereitschaftsanalyse diskutiert.

3.1 Die Hedonische Preisbildung

Diese auf offenbarten Marktdaten basierende Methode wurde ursprünglich entwickelt, um die Preise des Wohnungsmarktes zu analysieren (Lancaster, 1966). Auch gegenwärtig finden sich die meisten Anwendungen dieses Ansatzes im Bereich Wohnungsmarkt.

Der hedonische Ansatz analysiert den Marktpreis eines Gutes als eine Funktion (normalerweise eine Summe) der latenten (d.h. nicht beobachtbaren) Preise der verschiedenen Attribute beziehungsweise Eigenschaften, die den Charakter des Gutes ausmachen (Rizzi und Ortúzar, 2013). So wird zum Beispiel der Preis eines Hauses als eine Funktion seiner hedonischen Eigenschaften wie der Größe, der Anzahl an Räumen, der Lage, der Umweltbelas-

tion oder der Kriminalität in der Nachbarschaft ausgedrückt. Auf diese Weise kann der Preis folgendermaßen dargestellt werden (Freeman, 2003):

$$p = f(k) = \sum_{i=1}^l \alpha_i \cdot f^i(k_i), \quad (3)$$

wobei p für den Marktpreis des Gutes steht, k ist ein Vektor von Attributen und $f(k)$ stellt eine Funktion von k dar. Der latente Preis (α) eines hedonischen Attributes k_j wird durch die folgende Gleichung ermittelt (Rizzi und Ortúzar, 2013):

$$dp \approx \frac{\partial p}{\partial k_j} = \alpha_j \cdot \frac{df_j}{dk_j | \bar{x}_j}. \quad (4)$$

Somit stellt dp die partielle Ableitung des Preises nach einem bestimmten Attribut x_j dar, bzw. den Aufpreis, der einer Erhöhung einer Einheit dieses Attributes entsprechen würde. Dieser Wert kann direkt als die aggregierte gesellschaftliche Zahlungsbereitschaft für dieses Gut interpretiert werden.

Folglich kann die Zahlungsbereitschaft für ein bestimmtes, nicht direkt vom Markt bewertetes Gut durch die Analyse der Marktpreise der Produkte, die dieses Gut enthalten, geschätzt werden. Allerdings bieten sich für eine Analyse im Rahmen der Verkehrssicherheit nur wenige Produkte an, die die Sicherheit als Bestandteil enthalten.

Die Mehrheit der hedonischen Studien zum VSL fokussiert auf den Arbeitsmarkt – durch den Vergleich der Aufpreise (implizite Lohnzuschläge) für gefährlichere Arbeitsstellen – oder auf die Konsumtätigkeit – durch den Preisvergleich von verschiedenen Sicherheitsprodukten wie Motorrad- oder Fahrradhelmen oder sichereren Personenkraftwagen.

Die hedonische Preisbildung ist stark kritisiert worden (vgl. hierzu Landefeld und Seskin, 1982). Vor allem wird bestritten, dass Gehaltsaufschläge angesichts der Charakteristika der Arbeiter, die hochriskante Jobs annehmen, genau einer Risikoerhöhung am Arbeitsplatz entsprechen können. Zudem muss eine mögliche Selektionsverzerrung betrachtet werden. Gewöhnlich weisen die Arbeitnehmer, die solche Arbeiten annehmen, eine unterschiedliche Risikoeinstellung im Vergleich zum Rest der Bevölkerung auf. Von daher kann nicht behauptet werden, dass ihre Bewertung des Lebens repräsentativ für die ganze Bevölkerung sei. Diese Einschränkung trifft nicht nur auf den Arbeitsmarkt zu, sondern auch wenn es sich um Personen handelt, die Sicherheitsprodukte erwerben.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass mit diesem Ansatz die Identifizierbarkeit von verschiedenen Risiken begrenzt ist. So ist es kompliziert (wenn nicht unmöglich), zwischen verschiedenen Gefahren wie dem Risiko eines Todesfalles oder der Gefahr einer (schweren) Verletzung zu unterscheiden. Zudem können auch andere Faktoren (die nicht risikobezogen sind) den Preis des untersuchten Gutes beeinflussen (Portney, 1981).

Schließlich ist zu erwähnen, dass die Anwendungsbereiche des Ansatzes limitiert sind. Abgesehen von den schon beschriebenen Problemen ermöglicht dieser Ansatz nur die Quantifizierung des Wertes des Lebens in wenigen Kontexten, wie dem Arbeitsmarkt oder

dem Konsum von spezifischen Produkten und die Ergebnisse lassen sich nicht in andere Kontexte übertragen. Zudem kann die Annahme der perfekten Information (Rosen, 1974) schwerlich in Bereichen wie der Verkehrssicherheit zutreffend sein.

Trotz dieser Probleme wird dieser Ansatz in der Fachliteratur zur Ermittlung des VSL angewendet (Viscusi, 1993; Viscusi und Aldy, 2003) und wichtige Behörden wie die *US-Environmental Protection Agency* (Bundeseinrichtung zum Schutz der Umwelt der USA – EPA) nutzen ihn zur Politikgestaltung.

Eine Metastudie der EPA (2010) untersuchte 21 Analysen, die auf dem Ansatz der hedonischen Preisbildung für den Arbeitsmarkt basieren, sowie 5 Studien, die die kontingente Bewertungsmethode anwenden. Diese Metastudie legte den von der EPA als maßgeblich erachteten VSL zur Begutachtung von Maßnahmen im Rahmen des *Clean Air Act* (Bundesimmissionsschutzgesetz) fest. Die Ergebnisse der in der Metastudie berücksichtigten hedonischen Studien sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Die in diesen Studien ermittelten VSL-Werte weisen eine hohe Bandbreite auf, was vermutlich auf die unterschiedlichen Zeiträume, Länderunterschiede sowie Unterschiede in der Anwendung der Methode zurückzuführen sein dürfte.

Tabelle 1: Von der EPA zur Ermittlung des VSL analysierte hedonische Zahlungsbereitschafts-Studien

Studie	VSL*
Kniesner und Leeth (1991 - USA)	850
Smith und Gilbert (1984)	970
Dillingham (1979)	1.340
Butler (1983)	1.580
Moore und Viscusi (1988a)	3.640
Marin und Psacharopoulos (1982)	4.130
Kniesner und Leeth (1991- Australien)	4.860
Cousineau et al. (1988)	5.340
Dillingham (1985)	5.710
Viscusi (1978)	6.070
Smith (1976)	6.800
Smith (1983)	6.920
Olson (1981)	7.650
Viscusi (1981)	9.600
Smith (1974)	10.570
Moore und Viscusi (1988b)	10.690
Kniesner und Leeth (1991 - Japan)	11.180
Herzog und Schlottman (1987)	13.360
Leigh und Folsom (1984)	14.210
Leigh (1987)	15.310
Garen (1988)	19.800

*Tausend US Dollars zu Preisen von 2006

Quelle: EPA (2010)

In Deutschland wurde die erste Untersuchung zum VSL basierend auf hedonischen Lohnregressionen im Jahre 2004 publiziert (Spengler, 2004). Die Studie zieht Arbeitsmarktdaten und Arbeitsunfallinformationen heran und kommt mittels Panelschätzungen (Zeitreihe der Daten von 1985 bis 1995) zu einem durchschnittlichen VSL von 1,65 Mill. Euro. Das Ergebnis liegt damit deutlich unter entsprechenden Ergebnissen von US-Studien, die fast ausnahmslos auf Querschnittsdaten beruhen. Spengler begründet diese Diskrepanz dahingehend, dass die Nichtberücksichtigung unbeobachteter Heterogenität die VSL-Schätzungen in den US-Studien nach oben verzerrt (Spengler, 2004: 303).

3.2 Die kontingente Bewertungsmethode

Diese Methode bezweckt die direkte Ermittlung der Zahlungsbereitschaft durch die Gestaltung eines hypothetischen Marktes, in welchem die Befragten ein nicht vom Markt bewertetes Gut erwerben können (Mitchell und Carson, 1989).

Dazu werden den Probanden Fragen wie die Folgende gestellt (GreenLabUC, 2012):

„Wie hoch ist Ihre Zahlungsbereitschaft für eine Verringerung der Wahrscheinlichkeit eines tödlichen Verkehrsunfalls auf der Autobahn in der Größe von 1 in 50.000?“

Dieser Ansatz bietet eine außerordentliche Flexibilität, die zugunsten der Evaluation von komplizierten Situationen eingesetzt werden kann. Zugleich ermöglicht diese Methodik eine Bewertung der Zahlungsbereitschaft für praktisch jedes nicht vom Markt bewertete Gut.

Die Probleme der Methode liegen jedoch in der direkten Fragestellung und der Interpretation des Nutzens als eine kleine Wahrscheinlichkeit. Üblicherweise geht es bei dieser Methode um die Beschaffung eines abstrakten Gutes (und nicht um die Abschaffung desselben), da diese Fragestellung dem normalen Konsumprozess eines Haushaltes ähnelt (Ortúzar und Willumsen, 2011). Dies kann auch Probleme mit der unterschiedlichen Bewertung der *willingness-to-pay* und der *willingness-to-accept* verursachen.

Die Befragungstechnik hat sich seit den ersten Versuchen mit der steigenden Anzahl von Studien wesentlich verbessert (Jones-Lee et al., 1993; Schwab-Christe und Soguel, 1995; Ortúzar et al., 2000). Manche Autoren sind jedoch der Ansicht, dass die Verbesserung der Befragungstechnik wesentliche Bedenken gegenüber der Methodik nicht ausräumen kann, die darin bestehen, dass die kontingente Bewertungsmethode nicht die Präferenzen der Individuen misst (Hausman, 1993; Ortúzar und Willumsen, 2011) und wesentliche Aspekte der Entscheidungssituation nicht einbezogen werden (z.B. der Kontext der Entscheidung oder die Wahlalternativen).

Als weitere kritische Aspekte werden ähnliche Zahlungsbereitschaften für die Vermeidung von unterschiedlich hohen Risiken genannt (Jones-Lee, 1985 und Beattie et al., 1998). Zusätzlich weisen die Ergebnisse eine mangelnde Konsistenz auf. So wurde festgestellt,

dass die Bevölkerung bereit ist, für eine Erhöhung der Sicherheit zu bezahlen, die ermittelte Zahlungsbereitschaft stand aber nicht in direktem Zusammenhang mit der Größenordnung der Risikoreduktion (Skaleneffekt), was der komplizierten Interpretation der Wahrscheinlichkeiten und ihrer geringen Größe zugeschrieben werden kann (O'Brien et al., 1998).

Beattie et al. (1998) konnten über verschiedene Studien die Existenz von starken Einbettungseffekten nachweisen, d.h. eine unterschiedliche Bewertung eines Gutes abhängig davon, ob dieses alleine oder als Teil einer Gruppe⁴ dargestellt wird (Einbettungseffekte nach McFadden, 1994). Einbettungseffekte können bei der kontingenten Bewertung in der Analyse der Daten nicht erkannt werden. Ebenfalls belegten Beattie et al. Sequenzeffekte – die unterschiedliche Bewertung eines Gutes in Abhängigkeit von der Reihenfolge, in der das Gut den Befragten vorgestellt wird (Sequenzeffekte nach Carson et al., 1998).

Die Methodik wurde auch von Verhaltenspsychologen (Fischhoff, 1997) und Ökonomen kritisiert (Diamond und Hausman, 1994), da die Fragestellungen nicht den Auswahlalternativen des wirklichen Lebens entsprechen.

Schließlich ist zu erwähnen, dass dieser Ansatz wesentlich unter der strategischen Verzerrung durch das Antwortverhalten der Probanden leidet. Da die Befragungsmethode direkt ist und Rückschlüsse auf das Ziel der Untersuchung zulässt, bestehen Anreize zu unrealistischem Antwortverhalten. Hierbei unterscheidet man zwei Hauptlinien: Zum einen die Befragten, die eher ihre Zahlungsbereitschaft überhöht angeben, um Infrastrukturprojekte, von denen man profitieren kann, zustande kommen zu lassen. Zum anderen gibt es Befragte, die ihre Zahlungsbereitschaft absichtlich unterschätzen, um z.B. zu vermeiden, dass sie künftig mit höheren Steuern belastet werden. Aufgrund der Durchschaubarkeit des Experimentes müssten die Antworten eher in einem spieltheoretischen Rahmen analysiert werden, wofür aber das Experiment nicht ausgelegt ist. Zusätzlich ist die Gefahr einer Verzerrung durch die Interviewer vorhanden, sofern die Befragung persönlich durchgeführt wird. Grundsätzlich besteht die Gefahr solcher Verzerrungen bei jeder befragungsbasierten Methode, sie kann aber durch indirekte Fragestellungen deutlich reduziert werden.

Dennoch stellt die kontingente Bewertungsmethode und ihre Varianten die bislang am häufigsten verwendete Vorgehensweise zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaft dar (de Blaeij et al., 2003; OECD, 2012). De Blaeij et al. (2003) führten eine Metaanalyse zur Ermittlungen des VSL durch, bei der die meisten Studien auf der kontingenten Bewertung basierten (Tabelle 2).⁵ Auch hier ist, ähnlich wie bei den in Tabelle 1 zusammen gefassten Studien, eine hohe Streuung der Ergebnisse festzustellen.

⁴ Eine Gruppe besteht aus den präsentierten Alternativen mit ihren Attributen, wobei sich die Alternativen durch die permutierten Ausprägungen der Attribute unterscheiden.

⁵ Die als Alternativen/Ergänzungen zur kontingenten Bewertungsmethode zur Verfügung stehende Risiko-Risiko-Analyse (Krupnick und Cropper, 1992) und die Standardlotteriemethode (Gold et al., 1996) werden hier nicht diskutiert, da sie bezüglich von Analysen zur Verkehrssicherheit keine Bedeutung erlangt haben.

Tabelle 2: Von de Blaeij et al. (2003) analysierte Studien zur Ermittlung des VSL

Studie	Land	Jahr der Erhebung	VSL*		
			Punkt-schätzung	Konfidenzintervall	
Schwab Christe und Soguel (1995)	Schweiz	1994		816	981
Schwab Christe (1995)	Schweiz	1995	906		
Kidholm (1995)	Dänemark	1993		745	1.110
Morrall (1986)	USA	1984		143	1.864
Desaigues und Rabl (1995)	Frankreich	1994		882	2.051
Persson et al. (2001)	Schweden	1998	2.307		
Lanoie et al. (1995)	Kanada	1986		1.739	3.111
Maier et al. (1989)	Australien	1989		1.557	4.297
Corso et al. (2000)	USA	1999		2.336	5.548
Jara-Diaz et al. (2000)	Chile	1999	4.348		
Persson et al. (1995)	Schweden	1993		4.262	4.866
Carthy et al. (1999)	UK	1997		4.031	5.246
Jones-Lee et al. (1983)	UK	1982		594	10.149
Johannesson et al. (1996)	Schweiz	1995		5.242	6.312
Beattie et al. (1998)	UK	1996		1.344	15.187
Viscusi et al. (1991)	USA	1991	9.116		
Persson und Cedervall (1991)	Schweden	1987		1.224	25.949
McDaniels (1992)	USA	1986		8.327	29.933

*Tausend US Dollars zu Preisen von 1997

Quelle: de Blaeij et al. (2003)

3.3 Die Stated-Choice-Methode

Die *Stated-Choice-Methoden* (SC)⁶ sind heute im wissenschaftlichen Bereich die State-of-the-Art-Technik zur Ermittlung von Zahlungsbereitschaften für Risikoreduktionen und andere nicht marktfähige Güter (de Blaeij, 2002; Rizzi und Ortúzar, 2003; Iragüen und Ortúzar, 2004; Hojman et al., 2005; Hensher et al., 2009).

Diese Technik umfasst die Durchführung einer SC-Befragung und die Modellierung eines hypothetischen Marktes. Die befragten Individuen müssen sich aller wichtigen Eigenschaften des hypothetischen Marktes bewusst sein, damit sie in der Befragung realistische Entscheidungen angeben können. Der Ansatz vermeidet die Existenz eines Einbettungseffektes, da alle Eigenschaften der Alternativen einzeln evaluiert werden (Sælensminde, 2003).

⁶ Dieser Ansatz wird insbesondere im Marketingbereich oft mit der *Conjoint* Analyse verwechselt. Allerdings bestehen wesentliche konzeptionelle Unterschiede zwischen den Methoden (Louviere et al., 2010). Obwohl beide Ansätze Ähnlichkeiten insbesondere in Bezug auf die den Befragten vorgestellten Alternativen aufweisen, weichen beide Methoden in der Analyse ab. Die *Conjoint* Analyse basiert auf rein mathematischen algebraischen Rankingalgorithmen (die Alternativen werden vorher von den Individuen geordnet) und nicht auf soliden mikroökonomischen Theorien, wie der *Random Utility Theory*. Aus diesem Grunde wird die *Conjoint* Analyse hier nicht behandelt. Anzumerken ist, dass jegliche Nutzenfunktion durch eine lineare Taylorreihe in der Nachbarschaft des Schätzpunktes approximiert werden kann.

Der größte Unterschied zur kontingenten Bewertungsmethode ist, dass der SC-Ansatz eine indirekte Schätzung der Zahlungsbereitschaft für nicht vom Markt bewertete Güter zulässt. Dies wird mit dem Design des Experimentes und der ökonometrischen Auswertung der erhobenen Daten ermöglicht (Ortúzar und Willumsen, 2011).

Aufgrund der erforderlichen Kalibrierung von Discrete Choice Modellen hat der gesamte Ansatz einen komplexen Charakter. Während der Erhebung werden den Individuen verschiedene Alternativen vorgestellt (*choice sets*), deren Unterschiede in den Ausprägungen der Attribute liegen. Ziel des Experimentes ist, dass die Befragten die Alternative auswählen, die ihnen den höheren Nutzen verspricht. Auf diese Weise sollen die Individuen ihre Präferenzen durch die Auswahl einer Alternative offenbaren und damit implizit auch ihre Zahlungsbereitschaften.

Im Rahmen der *Random Utility Theory* (Thurstone, 1927; McFadden, 1974) wird angenommen, dass die Individuen den verschiedenen Alternativen einen Nutzen beimessen, der in einer mathematischen Funktion dargestellt werden kann, deren Variablen die bekannten Eigenschaften der Alternativen und unbekannte Fehlerterme sind. Unter der Annahme, dass diese Funktion eine lineare Natur aufweist⁷ (in diesem Falle können die geschätzten Parameter als marginale Grenznutzen interpretiert werden), kann der Nutzen wie folgt dargestellt werden:

$$U_i = \sum_k \alpha_k \cdot q_{ik} + \varepsilon_i = V_i + \varepsilon_i, \quad (5)$$

wobei U_i für den Nutzen der Alternative i steht und α_k für den marginalen Grenznutzen des Attributes k (unter der Annahme, dass dieser Grenznutzen für alle Alternativen konstant ist). q_{ik} stellt die Eigenschaft k der Alternative i dar und ε_i ist ein Fehlerterm, der alle für den Analytisten unbekannte Aspekte der Entscheidung enthält. V_i wird die systematische Nutzenkomponente der Alternative genannt. Die Annahme, dass die Fehlerterme identisch und unabhängig nach einer Gumbel-Verteilung (Extremal-I-Verteilung) verteilt sind, führt zum bekannten Multinomialen Logitmodell (McFadden, 1974). Auf diese Weise kann die Wahrscheinlichkeit, mit der eine Person für die Alternative i in einem *choice set* mit m Alternativen optieren wird, wie folgt ausgedrückt werden.

$$P_i = \frac{e^{\lambda V_i}}{\sum_j e^{\lambda V_j}} \quad (6)$$

wobei P_i die Wahrscheinlichkeit darstellt und λ ein Skalenfaktor in Bezug auf die Standardabweichung der Fehlerterme ist. Da üblicherweise das Interesse auf den Verhältnissen zwischen den Grenznutzen der Attribute liegt, wird dieser Skalenfaktor ohne Einschränkung der Allgemeinheit als 1 normalisiert.

⁷ Anzumerken ist, dass jegliche Nutzenfunktion durch eine lineare Taylorreihe in der Nachbarschaft des Schätzpunktes approximiert werden kann.

Die Berücksichtigung einer höheren Komplexität in der Struktur der Fehlerterme sowie von anderen Formen der Nutzenfunktionen – sei es zum Beispiel eine nichtlineare Spezifikation oder die Einführung von Variabilität in den geschätzten Parametern – führt zu komplizierteren Modellen wie dem Nested Logit, dem Probit oder dem Mixed Logit. Die Wahrscheinlichkeiten bleiben aber in der Regel identifizierbar (für einen Überblick vgl. hierzu Ortúzar und Willumsen, 2011).

Die Ermittlung der Zahlungsbereitschaft für eine Einheit eines bestimmten Attributes k erfolgt durch den Vergleich des Grenznutzens desselben mit dem einer monetären Eigenschaft der Alternativen – üblicherweise des Preises, aber alternativ kann auch das Einkommen des Individuums herangezogen werden. Auf diese Weise wird der maximale Geldbetrag ermittelt, den eine Person für die Verbesserung des Attributes zahlen würde. Im Falle einer nichtlinearen Nutzenfunktion ist dieser Prozess komplizierter (da es sich nicht nur um Grenznutzen handelt), aber dennoch lösbar.

Die Discrete Choice Modelle ermöglichen ebenfalls die Berücksichtigung der Einstellungen und Wahrnehmungen der Individuen oder der Gesellschaft. Diese können aber aufgrund ihrer Korrelation mit den Fehlertermen nicht direkt in der Nutzenfunktion betrachtet werden. Deswegen erfolgt die Analyse dieser Aspekte durch die Konstruktion von latenten Variablen, die durch ein *Multiple Indicators, Multiple Causes* (MIMIC) Modell dargestellt werden. Dessen gemeinsame Anwendung mit den Discrete Choice Modellen führt zu den hybriden Discrete Choice Modellen (Ben-Akiva et al., 2002; Bahamonde-Birke und Ortúzar, 2012).

Ein Vorteil des SC-Ansatzes ist die fortgeschrittene Entwicklung der Befragungstechnik (Rose und Bliemer, 2009). Dieser Aspekt macht die Gestaltung von effizienten Befragungen und kostengünstigen Datenerhebungen möglich. Zudem kann ein gutes Design der Experimente auch zu effizienteren Schätzungen der Parameter und somit zu einer Erhöhung der Konsistenz führen.

Jedoch kann diese Flexibilität in der Gestaltung von effizienten Befragungen und in der Spezifikation und Schätzung der Modelle auch Probleme verursachen. Die hohe Anzahl von Alternativen zur Gestaltung des Experimentes und die verschiedenen ökonometrischen Ansätze zur Schätzung der Parameter können zu voneinander abweichenden Ergebnissen führen. Allerdings sollten bei einem gut spezifizierten Modell die Haupteffekte eine gewisse Orthogonalität aufweisen; d.h. die Auslassung einer Variablen sollte keine Wirkungen auf die anderen geschätzten Parameter haben. Wenn jedoch wesentliche Aspekte der zu modellierenden Entscheidung ignoriert werden (oder falsch spezifiziert werden), kann die Orthogonalität nicht gewährleistet werden, was zum Auftreten von Endogenität führt (Guevara und Ben-Akiva, 2010). Von daher müssen die Forscher besonders viel Wert auf eine korrekte Abbildung des Entscheidungsprozesses der Individuen legen, um die Identifizierung von statistisch signifikanten Scheinrelationen zu vermeiden (Bahamonde-Birke et al., 2010).

Die Anwendung dieser Methodik im Bereich der Verkehrssicherheit setzt die Spezifikation von Variablen voraus, die das Sicherheitsniveau messen. Üblicherweise wird dieses durch die Anzahl an Unfällen mit Todesfolge, an Todesfällen, an Schwerverletzten, usw. in einem bestimmten geographischen Raum oder für eine bestimmte Infrastruktur (z.B. Autobahn) über einen gewissen Zeitraum dargestellt (Hojman et al., 2005). Diese konkrete Darstellung wird dem Ausdruck einer Wahrscheinlichkeit vorgezogen, da ihre Interpretation den Befragten leichter fällt. Zudem ähnelt diese Darstellung dem Entscheidungsprozess der Individuen, die sich normalerweise nicht der Wahrscheinlichkeiten, sondern einzelner (z.B. durch die Presse bekannter) Vorfälle bewusst sind. Diese verkehrssicherheitsbezogenen Variablen werden im Zusammenhang mit anderen Eigenschaften dargestellt, um die Alternativen zu bilden, die einer normalen Mobilitätsentscheidung entsprechen sollten. Zusätzlich bezieht man normalerweise die Fahrtdauer, den Preis, die Anzahl an Umsteigevorgängen, die Art der Verkehrsmittel und eventuell weitere Attribute in die Situation ein (Ortúzar und Willumsen, 2011). Das folgende Beispiel (Hojman et al., 2005) stellt eine typische Auswahl-situation dar. In dieser müssen die Individuen zwischen zwei verschiedenen Alternativen auswählen, die verschiedene Eigenschaften aufweisen. In diesem Beispiel entspricht die erste Alternative in den wichtigsten Eigenschaften einer vom Befragten davor beschriebenen Reise und die zweite führt Änderungen zu den Eigenschaften dieser Reise ein. Da angenommen wird, dass alle restlichen Parameter *ceteris paribus* bleiben, spielt die Präferenzordnung hier keine Rolle.

Tabelle 3: Beispiel einer normalen Auswahl-situation

	Route 1	Route 2
Toll	4.2	6.7
Travel Time	85	75
Fatalities	20	8
Severely injured	44	65

Quelle: Hojman et al., 2005

Tabelle 4 zeigt einige Ergebnisse von SC-Studien, die jedoch nicht für Vergleichszwecke angepasst sind. Ersichtlich sind zum einen Unterschiede der Ergebnisse entsprechend den Wohlstandsniveaus der Länder. Für Chile und Australien werden zudem leicht unterschiedliche Resultate für Netzteile ausgewiesen und damit eine Differenzierungsmöglichkeit des SC-Ansatzes gezeigt.

In ähnlicher Weise kann dieser Ansatz zur Ermittlung von Zahlungsbereitschaften für andere nicht vom Markt bewertete Güter eingesetzt werden. Jedoch muss immer eine messbare Kontrollvariable identifiziert werden, die das abstrakte Problem symbolisiert und deren Verbesserung von den Befragten abgewogen wird. Ortúzar (2010) zeigt einige Beispiele auf, wobei die Anzahl von Verstorbenen oder (Schwer-)verletzten als Kontrollvariable für die Verkehrssicherheit genutzt wird, die Anzahl von Tagen mit Smog-Warnungen für die Luftverschmutzung oder eine subjektive Lärmbelastungsskala für die Lärmreduzierung. Allerdings darf die Auswahl der Kontrollvariablen nicht willkürlich sein. Es muss sich um einen in der Bevölkerung bekannten und verinnerlichten Aspekt handeln, dessen Interpreta-

tion den Befragten leicht fällt. So können zum Beispiel bis jetzt mit dem Klimawandel verbundene Aspekte durch diese Methode nicht analysiert werden, da keine Kontrollvariable identifiziert werden kann, die die Befragten als allgemein anerkannten Indikator zur globalen Erwärmung akzeptieren und dessen Verbesserung sie im Kontext anderer Attribute abwägen können (GreenLabUC, 2012).

Die Kritikpunkte gegen die SC-Methode sind insbesondere der hypothetische Charakter der Befragung und der Antworten. Genau wie im Falle der vorher beschriebenen befragungsbastrierten Methoden handelt es sich um angegebene Präferenzen (und nicht um offenbarte Präferenzen) und von daher ist mit Verzerrungen und mit möglichen Fehlinterpretationen zu rechnen. Diese Probleme lassen sich jedoch durch ein geeignetes Befragungsdesign und durch die Kombination von SP- und RP-Daten vermindern (Ortúzar und Willumsen, 2011).

Tabelle 4: Ergebnisse von SC-Studien aus verschiedenen Ländern

Studie	Land	VSL
Iragüen und Ortúzar (2004) ¹⁾	Chile	290.382 USD
Hojman et al. (2005) ¹⁾	Chile – Route 5	301.868 USD
Hojman et al. (2005) ¹⁾	Chile – Route 68	304.220 USD
Rizzi und Ortúzar (2003) ¹⁾	Chile	773.920 USD
De Blaeij (2002) ²⁾	Niederlande	2.496.000 USD
Hensher et al. (2011) ³⁾	Australien	4.879.679 AUD
Hensher et al. (2009) ⁴⁾	Australien- innerorts	6.369.655 AUD
Hensher et al. (2009) ⁴⁾	Australien – außerorts	6.289.062 AUD
González et al. (2012) ⁵⁾	Spanien	26.600.000 EUR

¹⁾ Zu Preisen von 2005.- ²⁾ Zu Preisen von 2005. Der Wert kann nicht direkt mit den chilenischen Werten auf Preisbasis 2005 verglichen werden, da bei der Umrechnung von Euro auf Dollar keine Kaufkraftparitäten berücksichtigt worden sind.- ³⁾ Zu Preisen von 2007.- ⁴⁾ Zu Preisen von 2006.- ⁵⁾ Zu Preisen von 2010. Die Autoren der Studie weisen darauf hin, dass der VSL unplausibel hoch ist.

Quelle: Eigene Zusammenstellung von Studien

Die kombinierte Anwendung von offenbarten und angegebenen Daten/Präferenzen ist jedoch nicht trivial, da nicht von gemeinsamen Fehlertermen ausgegangen werden kann (Ben-Akiva und Morikawa, 1990). Normalerweise sollten die Standardabweichungen der aus den RP-Daten geschätzten Parameter geringer als die der SP-Daten sein. Daher müssen die Parameter, die aus einer der zwei Stichproben geschätzt werden, durch einen zu kalibrierenden Skalenfaktor normalisiert werden, so dass die Abweichungen vergleichbar sind. Auf diese Weise können gemeinsame Parameter geschätzt werden, die beiden Stichproben genügen. Es ist nicht notwendig, dass jede SC-Studie SP- und RP-Daten berücksichtigt, aber die Validierung der Befunde durch diese Methodik erhöht die Zuverlässigkeit der Ergebnisse. Ein letzter Kritikpunkt gegenüber dem Ansatz ist, dass die hohe Anzahl zu schätzender Parameter eine größere Stichprobe erfordern kann. Dieses Problem lässt sich jedoch durch ein effizientes Befragungsdesign verringern (Rose und Bliemer, 2008).

4. Diskussion und Schlussfolgerungen

In diesem Beitrag wurden die verschiedenen Ansätze zur Ermittlung der Unfallkosten, insbesondere zur Ermittlung des VSL, diskutiert. Tabelle 5 fasst die Vor- und Nachteile der am häufigsten verwendeten Ansätze zusammen. Wie die Zusammenfassung in der Tabelle zeigt, hat sich das Instrumentarium der Zahlungsbereitschaftsanalyse innerhalb der letzten drei Jahrzehnte in der Forschung etabliert und methodisch weiterentwickelt. Die historisch ersten Ansätze zur Ermittlung von Zahlungsbereitschaften für nicht marktfähige Güter sind die hedonische Preisbildung und die kontingente Bewertungsmethode.

Tabelle 5: Vor- und Nachteile von Ansätzen zur Schätzung der Unfallkosten

Ansatz	Vorteile	Nachteile
Humankapitalansatz sowie Berechnung der Reproduktions- und Ressourcenausfallkosten	<ul style="list-style-type: none"> - Bewertung im VGR-Rahmen - replizierbar - objektive Prozedur 	<ul style="list-style-type: none"> - rein ökonomischer Utilitarismus - Präferenzen der Bevölkerung nicht berücksichtigt - unterschiedliche Bewertung von Personen nach ihrem Produktionspotenzial - Abhängigkeit vom Diskontsatz - geringe Differenzierung
Hedonische Preisbildung	<ul style="list-style-type: none"> - Verwendung von beobachteten Marktdaten 	<ul style="list-style-type: none"> - nicht repräsentative Stichproben (Charakteristika der Probanden, Selektionsverzerrung, usw.) - mangelnde Identifizierbarkeit der Bedeutung einzelner Attribute - limitierte Anwendungsbereiche
Kontingente Bewertungsmethode	<ul style="list-style-type: none"> - direkte Interpretation der Ergebnisse - differenzierte Merkmale - große Flexibilität 	<ul style="list-style-type: none"> - Befragungstechnik - Methodeneinfluss - Unterschiede der WTP- und WTA-Werte im Vergleich zu anderen Ansätzen verstärkt komplizierte Interpretation des Nutzen durch die Befragten - mangelnde Konsistenz der Ergebnisse - Einbettungs- und Sequenzeffekte - Auslassung wesentlicher Eigenschaften der Situation - unrealistischer Fragenkontext - strategische Verzerrung
Risiko-Risiko-Analyse	<ul style="list-style-type: none"> - Vermeidung einer direkten Erhebung der Zahlungsbereitschaft - große Flexibilität 	<ul style="list-style-type: none"> - Befragungstechnik - Notwendigkeit von bereits verfügbaren Zahlungsbereitschaftsschätzungen als Eingangsdaten - Kettenstruktur (Ausbreitung der Fehler) - Probleme der Zirkularität
Standardlotteriemethode	<ul style="list-style-type: none"> - Vermeidung einer direkten Erhebung der Zahlungsbereitschaft - leichtere Interpretation des Nutzens durch Befragte 	<ul style="list-style-type: none"> - Befragungstechnik - Notwendigkeit von bereits verfügbaren Zahlungsbereitschaftsschätzungen als Eingangsdaten - Kettenstruktur (Ausbreitung der Fehler) - Ex-post Analyse - begrenzte Flexibilität
Stated-Choice-Ansätze	<ul style="list-style-type: none"> - alle wesentlichen Eigenschaften der Alternativen können betrachtet werden - mögliche Berücksichtigung von Einstellungen und Wahrnehmungen - gemeinsame Modellierung mit RP- und SP-Daten möglich - große Flexibilität 	<ul style="list-style-type: none"> - Befragungstechnik - Notwendigkeit einer adäquaten Modellierung - Notwendigkeit einer Kontrollvariable - Notwendigkeit von großen Stichproben

Quelle: Eigene Zusammenstellung

Tabelle 6: International verwendete Bewertungsansätze zur Quantifizierung der volkswirtschaftlichen Kosten von Verkehrsunfällen

	Australien	Belgien	Dänemark	Deutschland	Finnland	Großbritannien	Irland	Neuseeland	Niederlande	Norwegen	Österreich	Schweden	Schweiz	USA
Zahlungsbereitschaftsansatz	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Schadenskostenansatz	X	X	X	X		X	X	X			X		X	X

Quelle: Zusammenstellung auf Basis von Assing et al. (2010) und Risbey et al. (2010)

Während die hedonische Preisbildung auch heute noch ein Standardinstrument bei der Untersuchung des Einflusses bestimmter Merkmale (wie z. B. Lärm) auf die Preise im Immobilienmarkt darstellt, ist ihre Anwendung im Verkehrssicherheitsbereich aufgrund der diskutierten Verzerrungen der Ergebnisse und der mangelnden Identifizierbarkeit des Einflusses der einzelnen Komponenten auf den Preis umstritten. Die kontingente Bewertungsmethode hingegen ist seit den 1990er Jahren Hauptinstrumentarium zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaft. Aufgrund der diskutierten Probleme wird die Anwendung dieses Ansatzes jedoch nicht länger empfohlen (Kling et al., 2012; Hausman, 2012). Bedingt durch Forschungstraditionen und die langsame Adaption des neuesten Standes der Forschung in der Praxis basiert jedoch die Mehrheit der Studien auf diesen beiden Ansätzen (de Blaeij et al., 2003; Miller, 2000; OECD, 2012).

Auch die in den 90er Jahren entwickelte und in diesem Beitrag nicht näher diskutierte Risiko-Risiko-Analyse und die Standardlotteriemethode als Alternativen zur kontingenten Bewertungsmethode erwiesen sich z.B. wegen der ex-post-Bewertung der Risiken, die nicht der Realität der Investitionsentscheidungen entspricht, als ungeeignet.

Damit bleibt festzuhalten, dass innerhalb der verfügbaren Methoden die SC-Methoden den heutigen State-of-the-Art in der Forschung zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung für nicht marktfähige Güter darstellen. Dieses Instrumentarium weist wesentliche Fortschritte im Vergleich zu den alternativen Ansätzen in Tabelle 5 auf. Allerdings liegen die meisten Anwendungserfahrungen mit SC-Ansätzen bislang für die Bewertung der Reisezeit (Value of Time) und der Zuverlässigkeit (Value of Reliability) vor (Abrantes und Wardmann, 2011; Shires und de Jong, 2009; Carrion und Levinson, 2012). Die Anwendung dieser Technik zur Ermittlung des VSL für Verkehrssicherheit ist hingegen relativ neu, so dass bislang wenige Ergebnisse verfügbar sind.

Betrachtet man den Stand der Anwendung der verschiedenen Methoden zur Ermittlung der Unfallkosten, insbesondere des VSL, in der Bewertungspraxis, so fällt auf, dass in der Kosten-Nutzen-Analyse der meisten europäischen Länder, aber auch in den USA, neben dem

Schadenskostenansatz auch der Zahlungsbereitschaftsansatz verwendet wird (vgl. Tabelle 6). In einigen Ländern stellt er sogar die einzige Methode dar. Deutschland verwendet für die Bewertung der Unfallkosten traditionell ausschließlich den Schadenskostenansatz.

Insgesamt sind in Deutschland bislang drei Standards zu Bewertungsverfahren von Verkehrsweginvestitionen gebräuchlich: Die „Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS)“ von 1997 (FGSV, 1997), die „Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs und Folgekostenrechnung, Version 2006“ (ITP, 2006) und die Bewertungsmethodik des Bundesverkehrswegeplans (BMVBW, 2005). In diesen drei Verfahren werden mehrere Nutzenkomponenten quantitativ erfasst und monetär bewertet, darunter das Unfallgeschehen. Für die Bewertung von Unfällen werden Unfallraten (Zahl der Unfälle je Kfz-Fahrleistung-Kilometer) mit Kostensätzen für Getötete, Schwerverletzte und Leichtverletzte in unterschiedlich tiefer Gliederung verknüpft. Dabei basieren in allen drei Verfahren die Wertansätze für die Unfalltypen im Wesentlichen auf dem Rechenmodell der BAST nach dem Ansatz der Reproduktions- und Ressourcenausfallkosten. Die Wertermittlung nach einem Ansatz der Zahlungsbereitschaft steht teilweise im Hintergrund der Lärmbewertung.

Die Methoden und Bewertungsverfahren der BVWP und der EWS befinden sich gegenwärtig in Überarbeitung. Nach derzeitigem Kenntnisstand bleiben dabei die grundsätzlichen Verfahrensweisen bezüglich der Bewertung der Unfallkosten erhalten; es werden die Kostendifferenzierungen vertieft und die Kostenstände aktualisiert. Die Verwendung von Ergebnissen aus Studien zur Zahlungsbereitschaft bleibt nicht auf die Kostenkategorie Lärm beschränkt. Im Rahmen der methodischen Überarbeitung der BVWP werden derzeit Bewertungen der Reisezeit und der Zuverlässigkeit im Verkehrsablauf (VOT und VOR Studien) auf der Basis von SC-Befragungen vorgenommen.

Aus dieser Situation folgt, dass kaum Erfahrungen und Studien in Deutschland in Bezug auf die Zahlungsbereitschaft vorliegen. Dieses Problem betrifft nicht nur die Zahlungsbereitschaft zur Vermeidung von Verkehrsunfällen sondern auch die Bewertung der Zahlungsbereitschaft für andere Parameter wie die Fahrdauer oder die Zuverlässigkeit.⁸

Die für Deutschland bekannten Schätzungen des VSL für Verkehrssicherheit basieren auf Metastudien aus anderen Ländern (OECD, 2012; HEATCO, 2005), deren Ergebnisse auf Deutschland mittels Kriterien wie dem BIP pro Kopf und der Kaufkraftparität sowie Annahmen zur Einkommenselastizität übertragen wurden (HEATCO, 2005) oder auf linearen Regressionen basieren (Miller, 2000; OECD, 2012). Eine solche Vorgehensweise ist dem Mangel an originären Studien für Deutschland geschuldet und kann die spezifischen gesellschaftlichen Verhältnisse und die Einstellungen der Bevölkerung in Deutschland (die sich

⁸ Bislang wurde in der BVWP beispielsweise mit VOTs gearbeitet, die in den Niederlanden Anfang der 90er Jahren erhoben, auf Deutschland übertragen und seitdem mittels Inflations- und Kaufkraftentwicklung fortgeschrieben wurden (Hague Consulting Group, 1990). Derzeit befindet sich ein Projekt im Auftrage des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zur Bewertung der obengenannten Attribute in Bearbeitung (BMVBS, 2011).

deutlich von denen anderer Länder unterscheiden können) nicht berücksichtigen. Zudem ist auch im wissenschaftlichen Bereich bis auf wenige Ausnahmen (Fröhlich und Axhausen, 2012; Spengler, 2004) ein deutlicher Mangel an Forschung (im internationalen Vergleich) zu konstatieren.

Gegen die Übertragung von Ergebnissen zur Bewertung der Verkehrssicherheit zwischen verschiedenen Ländern sprechen nicht nur unterschiedliche Wohlstandsniveaus. Ein Vergleich von Aspekten der Verkehrssicherheit zwischen 19 europäischen Ländern zeigt sehr verschiedene objektive Gefährdungen, Wahrnehmungen der Risiken und Bewertungen der Sicherheit (European Commission, 2012). Dabei sind die Wahrnehmungen und Bewertungen auch abhängig von der Art der Verkehrsteilnahme. Andere Quellen belegen ebenfalls Unterschiede in der Risikoeinschätzung und Risikowahrnehmung zwischen den Kulturen (World Road Association, 2012).

Zusammenfassend ist somit festzustellen, dass im Laufe der letzten Jahre eine Lücke zwischen dem Stand der Forschung (SC-Methoden) und dem Stand der Praxis (andere Methoden) entstanden ist, die mit Anwendungserfahrungen gefüllt werden sollte. Insbesondere für Deutschland liegt ein wesentlicher Forschungsbedarf vor.

Abstract

Willingness-to-pay for road safety

The evaluation of road safety projects following a cost-benefit approach requires the valuation of road accidents as a fundamental input. According to the current German evaluation methodology only the direct and indirect economic costs of road accidents are taken into account, while the intangible consequences such as pain, sorrow, loss of quality of life and the willingness-to-pay of the population to reduce / avoid these consequences are not considered.

This paper summarizes the state-of-the-art for assessing the willingness-to-pay (WTP) in a traffic safety context and it presents a comprehensive and systematic overview of the scientific literature. The most popular approaches for assessing the WTP (i.e. the hedonic pricing, the contingent valuation and Stated-Choice-approach) are analyzed regarding their theoretical foundations, the current state-of-the-praxis and the empirical evidence.

Among the analyzed alternatives, the SC-approach represents the current state-of-the-art for determining people's WTP for non-market goods. Nevertheless, most empirical evidence relying on this method is re-lated to the valuation of the travel time (VOT) and to the value of reliability (VOR). It must be stated, that during the last years a gap between the state-of-the-art (SC-methods) and the state-of-the-praxis (other methods) has arisen, which should be filled with empirical evidence. Particularly in Germany there is a significant need for research.

Kurzfassung

Die Bewertung von Projekten im Rahmen von Kosten-Nutzen-Analysen erfordert quantitative Input-Informationen zu den Kosten von Verkehrsunfällen. In der deutschen Bewertungspraxis werden bislang ausschließlich die mittel- und unmittelbar anfallenden monetären Folgen von Verkehrsunfällen quantitativ berücksichtigt, während die immateriellen Folgen wie Schmerz, Leid, Verlust an Lebensqualität bzw. die Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung zur Verringerung/Vermeidung dieser Folgen unberücksichtigt bleiben.

Der vorliegende Beitrag fasst den heutigen Stand der Forschung zur Quantifizierung von Zahlungsbereitschaften für die Verkehrssicherheit durch eine umfassende und systematische Übersicht der wissenschaftlichen Literatur zusammen. Die Verfahren hedonische Preisbildung, kontingente Bewertungsmethode und Stated-Choice (SC) werden hinsichtlich ihrer theoretischen Fundierung, der verwendeten methodischen Ansätze (Art der Befragung, Modellierung etc.) und der Anwendungserfahrungen untersucht.

Unter den verfügbaren Verfahren stellen die SC-Methoden den heutigen State-of-the-Art in der Forschung zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaft der Bevölkerung für nicht marktfähige Güter dar. Allerdings liegen die meisten Anwendungserfahrungen mit SC-Ansätzen bislang für die Bewertung der Reisezeit und der Zuverlässigkeit vor. Zusammenfassend ist festzustellen, dass im Laufe der letzten Jahre eine Lücke zwischen dem Stand der Forschung (SC-Methoden) und dem Stand der Praxis (andere Methoden) entstanden ist, die mit Anwendungserfahrungen gefüllt werden sollte. Insbesondere für Deutschland liegt ein wesentlicher Forschungsbedarf vor.

LITERATURVERZEICHNIS

- ABRANTES, P.A.L., WARDMAN, M.R. (2011): Meta-analysis of UK values of travel time: An update. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* (45), 1-17.
- ASSING, K., HÖHNSCHEID, K.J., KRANZ, T., SCHÖNEBECK, S. (2010): Straßenverkehrssicherheit als wichtige Voraussetzung für nachhaltige Mobilität. *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung* 79(2), 61-76. Berlin.
- BAHAMONDE-BIRKE, F., RAVEAU, S., YÁÑEZ, M.F., 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., ORTÚZAR, J. DE D. (2012): On the variability of hybrid discrete choice models. *Transportmetrica*, DOI: 10.1080/18128602.2012.700338.
- BASSt (2011): Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle 2009, *Forschung kompakt* 04/11.
- BAUM, H., HOHNSCHEID, K.-J. (1999): Volkswirtschaftliche Bewertung von Personenschaden im Straßenverkehr, Fortschreibung für 1994, Bergisch Gladbach.
- BAUM, H., KRANZ, T., WESTERKAMP, U. (2010): Volkswirtschaftliche Kosten durch Straßenverkehrsunfälle in Deutschland. *Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), Bergisch Gladbach*.
- BEATTIE, J., COVEY, J., DOLAN, P., HOPKINS, L., JONES-LEE, M., LOOMES, G., PIDGEON, N., ROBINSON, A. Y SPENCER, A. (1998): On the contingent valuation of safety and the safety of contingent valuation: Part 1 - caveat investigator, *Journal of Risk and Uncertainty* 17, 5-25.
- BEN-AKIVA, M.E., MORIKAWA, T. (1990): Estimation of travel demand models from multiple data sources. *Proceedings 11th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Yokohama, July 1990, Japan*.
- BEN-AKIVA, M.E., WALKER, J.L., BERNARDINO, A.T., GOPINATH, D.A., MORIKAWA, T., POLYDOROPOULOU, A. (2002): Integration of choice and latent variable models. In H.S. Mahmassani (ed.), *In Perpetual Motion: Travel Behaviour Research Opportunities and Challenges*, 431-470. Pergamon, Amsterdam.
- DE BLAEIJ, A. (2002): The Value of a Statistical Life in Road Safety. *Stated Preference and Empirical Estimates for The Netherlands*. Ph.D. Thesis. Vrije Universiteit, Amsterdam.
- DE BLAEIJ, A., FLORAX, R.J.G.M., RIETVELD, P., VERHOEF, E. (2003): The value of statistical life in road safety: a metaanalysis. *Accident Analysis & Prevention* 35, 973-986.
- BMVBS (2011): Leistungsbeschreibung für die Vergabe Ermittlung von Bewertungsansätzen für Reisezeiten und Zuverlässigkeit auf Basis der Schätzung eines Modells für

- modale Verlagerungen im nicht-gewerblichen und gewerblichen Personenverkehr für die Bundesverkehrswegeplanung, Berlin.
- BMVBW (2005): Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik – Bundesverkehrswegeplan 2003, Bonn.
- BUTLER, R.J. (1983): Wage and Injury Rate Response to Shifting Levels of Workers' Compensation, In J.D. Worrall (ed.), *Safety and the Work Force: Incentives and Disincentives in Worker's Compensation*, 61-86. Ithaca, NY: Cornell University, ILR Press.
- CARRION, C., LEVINSON, D. (2012): Value of travel time reliability: A review of current evidence. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46(4), 720-741.
- CARSON, R.T., FLORES, N.E., HANEMANN, W.M. (1998): Sequencing and Valuing Public Goods, *Journal of Environmental Economics and Management* 36, 314-324.
- CARTHY, T., CHILTON, S., COVEY, J., HOPKINS, L., JONES-LEE, M.W., LOOMES, G., PIDGEON, N., ROBERTSON, A., SPENCER, A. (1998): On the contingent valuation of safety and the safety of contingent valuation. 2. The CV/SG "chained" approach. *Journal of Risk and Uncertainty* 17, 187-213.
- CORSO, P.S., HAMMITT, J.K., GRAHAM, J.D. (2000): Evaluating the effect of visual aids on willingness to pay for reductions in mortality risk. In *Proceedings of the Paper Presented at the Annual Meeting of the Association of Environmental and Resource Economists*.
- COUSINEAU J.M., LACROIX, R., GIRARD, A.M. (1988): Occupational hazard and wage compensating differentials. University of Montreal, Working Paper.
- DESAIGUES, B., RABL, A. (1995): Reference values for human life: an econometric analysis of a contingent valuation in France. In: Schwab Christe, N.G., Soguel, N.C. (ed.), *Contingent Valuation, Transport Safety and the Value of Life*, 85-112. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- DEUTSCHER BUNDESTAG (2013): Enquete-Kommission Wachstum, Wohlstand, Lebensqualität, Abschlussbericht Projekt-Gruppe 2 „Entwicklung eines ganzheitlichen Wohlstands- bzw. Fortschrittsindikators“.
- DIAMOND, P., HAUSMAN, J. A. (1994): Contingent valuation: is some number better than no number?, *Journal of Economic Perspectives* 8, 45-64.
- DILLINGHAM, A.E. (1979): *The Injury Risk Structure of Occupations and Wages*. Ithaca, NY: Cornell University, Unpublished PhD dissertation.
- DILLINGHAM, A.E. (1985): The Influence of Risk Variable Definition on Value of Life Estimates. *Economic Inquiry* 24, 277-294.
- EPA (2010): Guidelines for Preparing Economic Analyses. In: [http://yosemite.epa.gov/ee/epa/erm.nsf/vwAN/EE-0568-50.pdf/\\$file/EE-0568-50.pdf](http://yosemite.epa.gov/ee/epa/erm.nsf/vwAN/EE-0568-50.pdf/$file/EE-0568-50.pdf)
- European Commission (2012): SARTRE4-European road users' risk perception and mobility: <http://www.attitudes-roadsafety.eu/home/publications> (20.3.2012).

- EVANS, A. W. (2013): The economics of railway safety, *Research in Transportation Economics*, vol. 43, issue 1, pages 137-147.
- FEIN, R. (1958): *Economics of Mental Illness*. New York: Basic Books.
- FGSV (1996): *Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences – Ausgabe 1996*, Köln.
- FGSV (1997): *Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (EWS) – Aktualisierung der RAS-W 86*, Köln.
- FISCHHOFF, B. (1997): What do psychologists want? Contingent valuation as a special case of asking questions. In Kopp, R.J., Pommerehne, W.W. und Schwarz, N. (ed.), *Determining the Value of Nonmarketed Goods*, 189–217. New York, NY: Plenum.
- FREEMAN, M. (2003): *The Measurement of Environmental and Resource Values*. Second edition, Resources for the Future, Washington, D.C.
- FRÖHLICH, P., AXHAUSEN, K.W. (2012): *Übersicht zu Stated-Preference-Studien in der Schweiz und Abschätzung von Gesamtelastizitäten*, Statusbericht 2012, Bundesamt für Raumentwicklung, Bern.
- GAREN, J. (1988): Compensating wage differentials and the endogeneity of job riskiness. *The Review of Economics and Statistics* 70(1), 9-16.
- GOLD, M.R., SIEGEL, J.E., RUSSELL, L.B., WEINSTEIN, M.C. (1996): *Cost-Effectiveness in Health and Medicine*. Oxford University Press, NY.
- GONZÁLEZ, R.M., AMADOR, F.J., RIZZI, L.I., ROMÁN, C., ORTÚZAR, J. DE D., ESPINO, R., CHERCHI, E., MARTÍN, J.C. (2012): Disposición a pagar por reducir el riesgo de accidentes de tráfico con víctimas en España. XVII Congreso Panamericano en Ingeniería de Tránsito, Transporte y Logística, Santiago de Chile, 24-27, September, 2012.
- GREENLABUC (2012): *Nuevos Elementos para la Inclusión de la Distribución de Beneficios en la Elaboración de Agies*. Informe Final para la Subsecretaría del Medio Ambiente.
- GUEVARA, C., BEN-AKIVA, M.E. (2010): Addressing Endogeneity in Discrete Choice Models. Assessing Control-Function and Latent-Variable Methods. In Hess und Daly (ed.), *Choice Modelling: The State-of-the-Art and the State-of-the-Practice*, 353-370. Emerald Publishing, Bingley, UK.
- HAGUE CONSULTING GROUP (1990): *The Netherlands' Value of Time Study*. Final Report. Report for DVK, Rijkswaterstaat, HCG, The Hague.
- HAUSMAN, J. (1993): *Contingent Valuation. A Critical Assessment*. North Holland, Amsterdam.
- HAUSMAN, J. (2012): Contingent Valuation: From Dubious to Hopeless. *Journal of Economic Perspectives* 26(4), 43–56.

- HEATCO (2005): Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, Deliverable 2 State-of-the-art in project assessment. Stuttgart.
- HENSHER, D.A., ROSE, J.M., ORTÚZAR, J. DE D., RIZZI, L.I. (2009): Estimating the willingness to pay and value of risk reduction for car occupants in the road environment. *Transportation Research part A*, 43(7), 692-707.
- HENSHER, D.A., ROSE, J.M., ORTÚZAR, J. DE D., RIZZI, L.I. (2011): Estimating the value of risk reduction for pedestrians in the road environment: An exploratory analysis. *Journal of Choice Modelling*, 4(2), 70-94.
- HERZOG, JR., H.W., SCHLOTTMAN, A.M. (1987): Valuing Risk in the Workplace: Market Price, Willingness to Pay, and the Optimal Provision of Safety. University of Tennessee, Working Paper.
- HJORTH, K., FOSGERAU, M. (2011): Using prospect theory to investigate the low value of travel time for small time changes, Paper submitted to the Kuhmo Nectar Conference 2011.
- HOJMAN, P., ORTÚZAR, J. DE D., RIZZI, L.I. (2005): On the joint valuation of averting fatal victims and serious injuries in highway accidents. *Journal of Safety Research* 36, 337-386.
- HOROWITZ, J.K., MCCONNELL, K.E. (2003): Willingness to accept, willingness to pay and the income effect. *Journal of Economic Behavior and Organization* 51, 537-545.
- HOYOS, D. (2010): The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments. *Ecological Economics* 69, 1595-1603.
- INTRAPLAN (2006): Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs und Folgekostenrechnung, Version 2006“. Erstellt im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, München.
- IRAGÜEN, P., ORTÚZAR, J. DE D. (2004): Willingness-to-pay for reducing fatal accident risk in urban areas: an internet-based web page stated preference survey. *Accident Analysis and Prevention* 36, 513-524.
- JARA-DÍAZ, S., GALVEZ, T., VERGARA, C. (2000): Social valuation of road accident reductions. *Journal of Transport Economics and Policy* 34, 215-232.
- JOHANNESSON, M., JOHANSSON, P.-O., O'CONNOR, R.M. (1996): The value of private safety versus the value of public safety. *Journal of Risk and Uncertainty* 13, 263-275.
- JONES-LEE M.W. (1976): *The Value of Life: An Economic Analysis*. Chicago: University of Chicago Press, 1976.
- JONES-LEE, M.W. (1994): Safety and the Saving of Life. In Layard, R. und Glaister, S. (ed.), *Cost-Benefit Analysis*, Cambridge University Press, Cambridge.
- JONES-LEE, M.W., HAMMERTON, M., HABBOTT, V. (1983): The value of transport safety: results of a national sample survey. Report to the Department of Transport,

- University of New-castle-upon-Tyne, Department of Economics, Newcastle-upon-Tyne.
- JONES-LEE, M.W., HAMMERTON, M., PHILIPS, P. (1985): The value of safety: results of a national sample survey. *The Economic Journal* 95, 49-72.
- JONES-LEE, M.W., LOOMES, G. (1995): Scale and context effects in the valuation of transport safety. *Journal of Risk and Uncertainty* 11, 183-203.
- JONES-LEE, M., LOOMES, G., PHILIPS, P. (1995): Valuing the prevention of non-fatal road injuries: contingent valuation vs standard gambles. *Oxford Economics Papers* 47, 676 - 695.
- JONES-LEE, M.W., LOOMES, G., O'REILLY, D., PHILIPS, P. (1993): The value of preventing non-fatal road injuries: findings of a willingness to pay national sample survey. Transport Research Laboratory, Working Paper WPSRC2, Transport Research Laboratory, Crowthorne.
- VAN DE KAA, E., (2010): Sign-dependent Value of Time in Stated Preference: Judgment Bias or Exposure of Genuine Preference, *European Journal of Transport and Infrastructure Research* 10(4), December 2010, pp. 347-367.
- KAHNEMAN, D., TVERSKI, A. (1979): Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk, *Econometrica*, 47(2), pp. 263-291.
- KIDHOLM, K. (1995): Assessing the value of traffic safety using contingent valuation technique: the Danish survey. In Schwab Christe, N.G., Soguel, N.C. (ed.), *Contingent Valuation, Transport Safety and the Value of Life*, 45-62. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- KLING, C. L., PHANEUF, D. J., ZHAO, J. (2012): From Exxon to BP: Has some number become better than no number? *Journal of Economic Perspectives* 26(4), 3–26.
- KNIESNER, T.J., LEETH, J.D. (1991): Compensating wage differentials for fatal injury risk in Australia, Japan, and the United States. *Journal of Risk and Uncertainty* 4(1), 75-90.
- KRUPNICK, A. (2007): Mortality-risk valuation and age: Stated preference evidence. *Review of Environmental Economics and Policy* 1, 261-282.
- KRUPNICK, A.J., CROPPER, M.L. (1992): The effect of information on health risk valuations. *Journal of Risk and Uncertainty* 5, 29-48.
- KRUPP, R., HUNDHAUSEN G. (1984): *Volkswirtschaftliche Bewertung von Personenschäden im Straßenverkehr*. Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), Bergisch Gladbach.
- LANCASTER, K.J. (1966): A new approach to consumer theory. *Journal of Political Economy* 14, 133–156.
- LANDEFELD, J.S. (1979): *Control of New Materials with Carcinogenic Potential: An Economic Analysis*. College Park, MD: University of Maryland, Unpublished PhD dissertation, 1979.

- LANDEFELD, J.S., SESKIN, P.E. (1982): The Economic Value of Life: Linking Theory to Practice. *American Journal of Public Health* 6, 555-566.
- LANOIE, P., PEDRO, C., LATOUR, R. (1995): The value of a statistical life: a comparison of two approaches. *Journal of Risk and Uncertainty* 10, 253–257.
- LEIGH, J.P. (1987): Gender, Firm Size, Industry and Estimates of the Value-of-Life. *Journal of Health Economics* 6, 255-273.
- LEIGH, J.P., FOLSOM, R.N. (1984): Estimates of the value of accident avoidance at the job depend on concavity of the equalizing differences curve. *The Quarterly Review of Economics and Business* 24(1), 55-56.
- LOUVIERE, J.J., FLYNN, T.N., CARSON, R. (2010): Discrete choice experiments are not conjoint analysis. *Journal of Choice Modelling* 3, 57-72.
- MAIER, G., GERKING, S., WEISS, P. (1989): The economics of traffic accidents on Australian roads: risk lovers or policy deficit? *Empirica-Australian Economic Papers* 16, 177–192.
- MARIN, A., PSACHAROPOULOS, G. (1982): The reward for risk in the labor market: evidence from the United Kingdom and reconciliation with other studies. *Journal of Political Economy* 90(4), 827-853.
- MCDANIELS, T.L. (1992): Reference points, loss aversion and contingent valuation for auto safety. *Journal of Risk and Uncertainty* 5, 187–200.
- MCFADDEN, D. (1974): Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. In Zarembkam, P. (ed.), *Frontiers in Econometrics*, 105-142. New York: Academic Press.
- MCFADDEN, D. (1994): Contingent Valuation and Social Choice, *American Journal of Agricultural Economics* 76, 689-708.
- MEYERHOFF, J., LIENHOOP, N., ELSASSER, P. (HRSG.) (2007): *Stated Preferences Methods for Environmental Valuation: Applications from Austria and Germany*, Metropolis Verlag.
- MEYERHOFF, J., DEHNHARDT, A. (2009): On the “non” use of environmental valuation estimates. In: Döring, R., (ed.), *Sustainability, natural capital and nature conservation*. Marburg.
- MILLER, T.R. (2000): Variations between Countries in Values of Statistical Life, *Journal of Transport Economics and Policy* 34(2), 169-188.
- MISHAN, E.J. (1971): *Cost-Benefit Analysis*. New York: Praeger.
- MITCHELL, R.C., CARSON, R.T. (1989): *Using Surveys to Value Public Goods: The Contingent Valuation Method*. Washington: Resources for the Future.
- MOORE, M.J., VISCUSI, W.K. (1988A): Doubling the estimated value of life: results using new occupational fatality data. *Journal of Policy Analysis and Management* 7(3), 476-490.

- MOORE, M.J., VISCUSI, W.K. (1988B): The Quantity-Adjusted Value of Life. *Economic Inquiry* 26(3), 369-388.
- MORRALL, III, J.F. (1986): A Review of the Record. *Regulation* 10(2), 25-34.
- MUSHKIN, S.J., COLLINGS, F.D'A. (1959): Economic costs of disease and injury. *Public Health Report* 74, 795-809.
- O'BRIEN, B., GOEREE, R., GAFNI, A., TORRANCE, G., PAULY, M., ERDER, H., RUSTHOVEN, J., WEEKS, J., CAHILL, M., LAMONT, B. (1998): Assessing the value of a new pharmaceutical: a feasibility study of contingent valuation in managed care. *Medical Care* 36, 370-384.
- OECD (2012): *Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies*, OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264130807-1-en>.
- OLSON, C.A. (1981): An Analysis of Wage Differentials Received by Workers on Dangerous Jobs. *Journal of Human Resources* 16(2), 167-185.
- ORTÚZAR, J. DE D. (2010): Die Schätzung externer Effekte im Verkehrswesen mithilfe von Stated-Choice-Experimenten. *Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung* 79(2), 39-60.
- ORTÚZAR, J. DE D., WILLUMSEN, L.G. (2011): *Modelling Transport*. Fourth Edition, John Wiley and Sons, Chichester.
- ORTÚZAR, J. DE D., CIFUENTES, L.A., WILLIAMS, H.C.W.L. (2000): Application of willingness-to-pay methods to value transport externalities in less-developed countries. *Environment and Planning* 32A(11), 2007-2018.
- PEARCE, D.W., ATKINSON, G., MOURATO, S. (2006): *Cost-benefit analysis and the environment: recent developments*. Organization for Economic Cooperation and Development, Paris.
- PERSSON, U., CEDERVALL, M. (1991): *The Value of Risk Reduction: Results of a Swedish Sample Survey*. Swedish Institute for Health Economics, Lund.
- PERSSON, U., NORINDER, A., HJALTE, K., GRALÉN, K. (2001): The value of a statistical life in transport: findings from a new contingent valuation study in Sweden. *Journal of Risk and Uncertainty* 23, 121-134.
- PERSSON, U., NORINDER, A., SVENSEN, M. (1995): Valuing the benefits of reducing the risk of non-fatal road injuries: the Swedish experiment. In Schwab Christe, N.G., Soguel, N.C. (ed.), *Contingent Valuation, Transport Safety and the Value of Life*, 63-84. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- PORTNEY, P.R. (1981): Housing prices, health effects, and valuing reductions in risk of death. *Journal of Environmental Economics and Management* 8, 72-78.
- RISBEY, T., CREGAN, M., DE SILVA, H. (2010): *Social Cost of Road Crashes*. Australian Transport Research Forum 2010 Proceedings, Canberra.

- RIZZI, L.I., ORTÚZAR, J. DE D. (2003): Stated preference in the valuation of interurban road safety. *Accident Analysis and Prevention* 35, 9-22.
- RIZZI, L.I., ORTÚZAR, J. DE D. (2006a): Road safety valuation under a stated choice framework. *Journal of Transport Economics and Policy* 40, 69-94.
- RIZZI, L. I., ORTÚZAR, J. DE D. (2006b): Estimating the willingness-to-pay for road safety improvements. *Transport Reviews* 26, 471–485.
- RIZZI, L.I., ORTÚZAR, J. DE D. (2013): Valuing externalities using willingness to pay methods. In Nash, C. Tonner, J. (ed.) *Handbook of Research Methods and Applications in Transport Economics and Policy*. Edward Elgar Publishing (unter Review).
- ROSE, J.M., BLIEMER, M.C.J. (2009): Constructing efficient stated choice experimental designs. *Transport Reviews* 29 (5), 587–617.
- ROSEN, S. (1974): Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy* 82(1), 34-55.
- SÆLENSMINDE, K. (2003): Embedding effects in valuation of non-market goods. *Transport Policy* 10, 59-72.
- SCHWAB CHRISTE, N.G. (1995): The valuation of human costs by the contingent valuation method: the Swiss experience. In: Schwab Christe, N.G., Soguel, N.C. (ed.), *Contingent Valuation, Transport Safety and the Value of Life*, 19-44. Kluwer Academic Publishers, Boston.
- SCHWAB CHRISTE, N.G., SOGUEL, N. (1995): *Contingent Valuation, Transport Safety and the Value of Life*. Kluwer Academic Publishers, London.
- SCHWAB CHRISTE, N.G., SOGUEL, N.C. (1995): *Le pris de la souffrance et du chagrin*. IRER, EDES, Neufchâtel.
- SHIRES, J.D., DE JONG, G.C. (2009): An international meta-analysis of values of travel time savings. *Evaluation and Program Planning* (4), 315-25.
- SMITH, R.S. (1974): The feasibility of an 'injury tax' approach to occupational safety. *Law and Contemporary Problems* 38(4), 730-744.
- SMITH, R.S. (1976): *The Occupational Safety and Health Act: Its Goals and Achievements*, 89-95. Washington, DC: American Enterprise Institute.
- SMITH, V.K. (1983): The Role of Site and Job Characteristics in Hedonic Wage Models. *Journal of Urban Economics* 13, 296-321.
- SMITH, V.K., GILBERT, C.C.S. (1984): The Implicit Valuation of Risks to Life: A Comparative Analysis. *Economics Letters* 16, 393-399.
- SPENGLER, H. (2004): Kompensatorische Lohndifferenziale und der Wert eines statistischen Lebens in Deutschland. *Zeitschrift für Arbeitsmarktforschung*, Jg. 37, H. 3, 269-305.
- THURSTONE, L.L. (1927): A law of comparative judgment. *Psychological Review* 34, 273-286.

- VISCUSI, W.K. (1978): Labor market valuations of life and limb: empirical evidence and policy implications. *Public Policy* 26(3), 359-386.
- VISCUSI, W.K. (1981): Occupational Safety and Health Regulation: Its Impact and Policy Alternatives. *Research in Public Policy Analysis and Management* 2: 281-299.
- VISCUSI, W. K. (1993): The value of risks to life and health. *Journal of Economic Literature* 31, 1912-1946.
- VISCUSI, W. K., ALDY, J.E. (2003): The value of statistical life: a critical review of market estimates throughout the world. *Journal of Risk and Uncertainty* 27, 5-76.
- VISCUSI, W.K., ALDY, J.E. (2007): Labor market estimates of the senior discount for the value of statistical life. *Journal of Environmental Economics and Management* 53(3), 377-392.
- VISCUSI, W.K., MAGAT, W.A., HUBER, J. (1991): Pricing environmental risks: survey assessment of risk-risk and risk-dollar tradeoffs for chronic bronchitis. *Journal of Environmental Economics and Management* 21, 32-51.
- WILLECKE, R., BÖGEL, H.-D, ENGELS, K. (1967): Möglichkeiten einer Wirtschaftlichkeitsberechnung im Straßenbau unter besonderer Berücksichtigung der Unfallkosten. Forschungsberichte des Instituts für Verkehrswissenschaft an der Universität zu Köln. Düsseldorf, Verlag Handelsblatt GmbH.
- WORLD ROAD ASSOCIATION (2012): Social Acceptance of Risks and their Perception. PIARC, La Défense.
- ZHAO, J., KLING, C. (2001): A New Explanation for the WTP/WTA Disparity, *Economics Letters* 73, 293-300.