



Working Paper

**Zum Umgang mit kleinen Zeitgewinnen im nichtgewerblichen  
Personenverkehr  
FE-Projekt-Nr. 96.996/2011**

**Author(s):**

Ehreke, Ilka

**Publication Date:**

2016-04

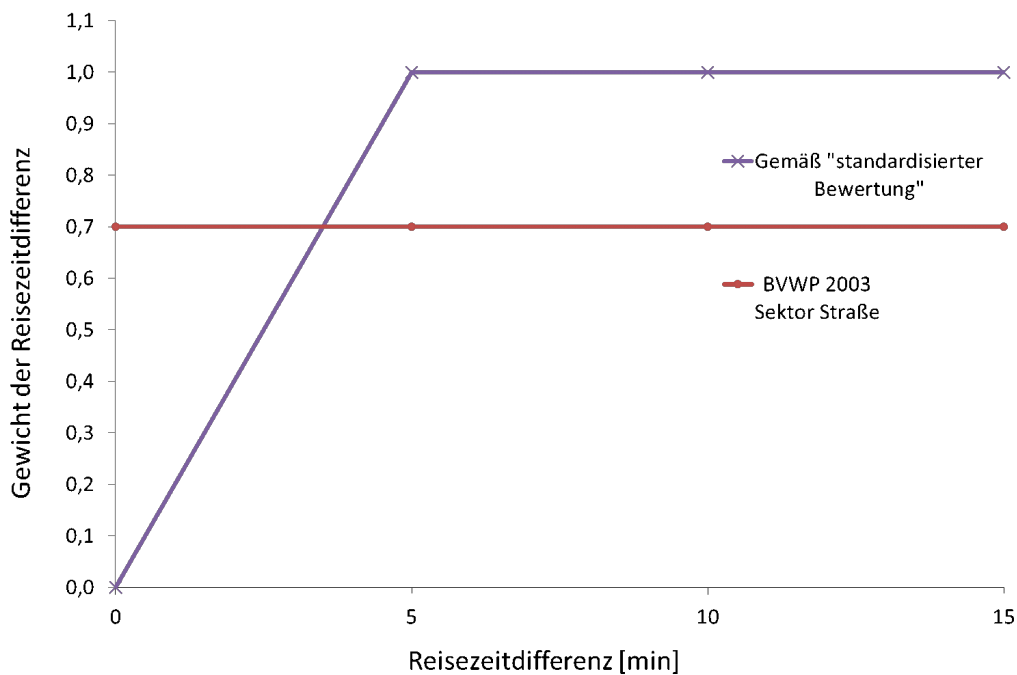
**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000120250> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).



## Zum Umgang mit kleinen Zeitgewinnen im nichtgewerblichen Personenverkehr

FE-Projekt-Nr. 96.996/2011

Ilka Ehreke

Arbeitsberichte

1145

April 2016

## Zum Umgang mit kleinen Zeitgewinnen im nichtgewerblichen Personenverkehr

FE-Projekt-Nr. 96.996/2011

Ilka Ehreke  
IVT-ETH Zürich  
CH-8093 Zürich

ilka.ehreke@ivt.baug.ethz.ch

April 2016

### Zusammenfassung

In der Bundesverkehrswegeplanung kommt den kleinen Zeitgewinnen im Privatverkehr eine besondere Bedeutung zu. Während es in der empirischen Literatur zum kurzfristigen Verkehrsverhalten Hinweise gibt, dass kleine Zeitveränderungen kurzfristig nicht wahrgenommen werden, ist dies in der Logik der langfristigen Bewertung in den Verfahren der Nutzen-Kosten-Analyse (NKA) nicht relevant. Es wäre systemwidrig sie auszuschließen und würde darüber hinaus Möglichkeiten für die Manipulation der NKA-Ergebnisse eröffnen. Um dem Stellenwert dieses Themas gerecht zu werden, soll das sechste Kapitel des Abschlussberichts des FE-Projekt-Nr. 96.996/2011 noch einmal gesondert als Arbeitsbericht veröffentlicht werden. Es wird die Bedeutung von und der Umgang mit kleinen Zeitgewinnen im internationalen Kontext untersucht. Neben dem Studium internationaler Fachpublikationen wird auch ein besonderer Fokus auf die deutschsprachige Literatur zu den kleinen Zeitgewinnen im nicht-gewerblichen Personenverkehr und deren Anwendung in der NKA deutscher Infrastrukturprojekte gelegt. Wir empfehlen weiterhin der internationalen Praxis zu folgen und keine Abschlüsse für kurze Fahrzeitveränderungen vorzunehmen. Wenn möglich, können Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden, um die Stabilität der Bewertungsergebnisse gegenüber kleinen Zeitgewinnen nachzuweisen.

### Bevorzugter Zitierstil

Ehreke, I. (2016) Zum Umgang mit kleinen Zeitgewinnen im nichtgewerblichen Personenverkehr, *Arbeitsberichte*, **1145**, Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich, Zürich.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Hintergrund</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Das Problem der Bewertung von kleinen Zeitgewinnen</b>	<b>1</b>
2.1	„Discounted or Zero Unit Value“ Ansatz . . . . .	2
2.2	„Constant or Non-zero Unit Value (CUV)“ Ansatz . . . . .	2
<b>3</b>	<b>Das Verfahren der deutschen Bundesverkehrswegeplanung</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Gängige internationale Praxis der Bewertung kleiner Reisezeitgewinne in staatlichen Verkehrsinfrastrukturprojekten</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Rechengenauigkeit in Umlegungsverfahren</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Empirische Untersuchung zur Bewertung kleiner Zeitgewinne</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>Empfehlung und Ausblick für die Bundesverkehrswegeplanung</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Literatur</b>	<b>16</b>

## Abbildungsverzeichnis

1	Abminderungsfunktion für Reisezeitdifferenzen . . . . .	6
---	---	---

## Tabellenverzeichnis

1	Vergleich der Bewertung kleiner Zeitgewinne im nicht-gewerblichen Personenverkehr im internationalen Kontext . . . . .	8
---	--	---

## **1 Hintergrund**

Spätestens mit der Veröffentlichung des Entwurfs zum Bundesverkehrswegeplan 2030 wird deutlich, dass den kleinen Zeitgewinnen im Privatverkehr eine besonderer Stellenwert in der Bundesverkehrswegeplanung eingeräumt wird (BMVI, 2016). Um dieser besonderen Bedeutung der kleinen Zeitgewinne Rechnung zu tragen, sollen die Erkenntnisse und Empfehlungen des 6. Kapitels des Schlussberichts FE-Projekt-Nr. 96.996/2011 (Axhausen et al., 2015) an dieser Stelle als eigener Arbeitsbericht hervor gehoben werden, um sie so auch einer breiteren Leserschaft zugänglich zu machen.

Anträge für staatliche Investitionen im Verkehrswesen werden in Deutschland wie auch in vielen anderen europäischen und außereuropäischen Ländern mit Hilfe von Nutzen-Kosten-Analysen bewertet. Eine dominierende Bedeutung kommt in diesem Rahmen in der Regel den Zeitgewinnen zu. Zeitersparnisse stellen in Deutschland in den bewerteten Verkehrsinfrastrukturprojekten mit teilweise über 80 Prozent den größten Nutzengewinn und dadurch auch einen strategischen Faktor bei der Entscheidung für die Durchführung eines Projektes dar (Willeke et al., 1979). Die berechneten Reisezeitgewinne nehmen jedoch massiv ab, wenn kleine Einsparungen von unter 2, 3, 5 oder 10 Minuten nicht in die Berechnung mit einbezogen werden (Ecoplan und Metron, 2005). Welch und Williams (1997) zeigen, dass in englischen Studien die Zeitgewinne in einigen Projekten teilweise komplett unter 2 Minuten liegen. Die Entscheidung über die Bewertungen kleiner Reisezeiten in Nutzen-Kosten-Analysen hat also einen wesentlichen Einfluss auf die Empfehlung für oder gegen ein Verkehrsinfrastrukturprojekt.

Aus den genannten Gründen soll an dieser Stelle die Bedeutung von und der Umgang mit kleinen Zeitgewinnen im internationalen Kontext untersucht werden, da diese dort immer wieder kontrovers diskutiert werden. Neben dem Studium internationaler Fachpublikationen wird auch ein besonderer Fokus auf die deutschsprachige Literatur zu den kleinen Zeitgewinnen im nicht-gewerblichen Personenverkehr und deren Anwendung in Nutzen-Kosten-Analysen deutscher Infrastrukturprojekte gelegt werden.

## **2 Das Problem der Bewertung von kleinen Zeitgewinnen**

Der quantifizierte Nutzen in typischen Nutzen-Kosten-Analysen geht zu einem großen Teil auf kleine Zeitgewinne einer großen Anzahl von Personen zurück (Fosgerau und Jensen, 2003). Die Frage der Bewertung von kleinen Zeitveränderungen in Zeitwertstudien (VOT Studien) stellt ein zentrales Problem der Forschung dar und ist bis heute nicht vollständig geklärt. Die Problematik der Bewertung wurde bereits in den 1970er Jahren beschrieben und stellt somit kein

neues Phänomen dar (Mackie et al., 2001). Eine Übersicht der Entwicklung der Methodologie zur Untersuchung von Zeitwerten findet sich beispielsweise bei Gunn (2001). Spätestens seit den 1980er Jahren werden Stated Choice Experimente zur Ermittlung des Wertes der Reisezeit verwendet (Daly et al., 2011). In der neueren Forschungsliteratur hat sich der Blickwinkel des Interesses verschoben. Zusammen mit dem Vorzeichen der Zeit (Gewinn oder Verlust) wird die Problematik der Bewertung kleiner Zeitgewinne aktuell häufig unter dem Begriff „Size and Sign Effect of the VOT“ untersucht (vgl. Bates und Whelan, 2001; Austroads, 2012; Börjesson und Eliasson, 2012).

Welch und Williams (1997) unterscheiden zwei Ansätze, wie kleine Zeitveränderungen bewertet werden können. Die Begrifflichkeiten wurden in der Fachliteratur, unabhängig davon wie sie bewertet werden, weitestgehend übernommen.

## 2.1 „Discounted or Zero Unit Value “Ansatz

Bei dem DUV-Ansatz fließen kleine Zeitgewinne mit einem abgeminderten Wert in die Zeitkostenberechnung mit ein. Eine weitere Form des Ansatzes ist Zeitveränderungen, die unterhalb eines bestimmten Grenzwertes liegen, auszuschließen und nicht mit in die Bewertung einfließen zu lassen (*zero unit value*). Mackie et al. (2001) finden folgende Argumente, die für eine Abminderung der kleinen Zeitveränderungen sprechen:

- Zeitgewinne, die sich unterhalb eines bestimmten Grenzwertes befinden, sind so gering, dass sie nicht anderweitig sinnvoll verwendet werden können, da eine alternative Aktivität ein Mindestmaß an Zeit erfordert.
- Kleine Zeitgewinne generieren weniger Nutzen als größere, ebenso wie Zeitverluste höher bewertet werden als Zeitgewinne.
- Verkehrsmodelle können Zeitgewinne nicht präzise auf die Sekunde genau voraussagen. Dies könnte bedeuten, dass sich kleine Zeitgewinne in Wirklichkeit vielleicht gar nicht einstellen, deren Berücksichtigung aber zu einer massiven Überschätzung des Projektnutzens führen würde.
- Kleine Zeitgewinne unterhalb einer Fühlbarkeitsgrenze werden nicht wahrgenommen und haben aus diesem Grund auch keinen Wert.

## 2.2 „Constant or Non-zero Unit Value (CUV)“ Ansatz

Bei dem CUV-Ansatz fließen alle ermittelten Zeitveränderungen, egal welcher Größe, in die Nutzenberechnung mit ein. Für die Gleichbewertung sprechen laut Mackie et al. (2001):

- Personen passen Aktivitätenmuster über die Zeit an, und können kleine Zeitgewinne zumindest längerfristig nutzen.
- Einige Personen generieren auch Nutzen aus kleinen Zeitgewinnen (*averaging argument*, MVA Consultancy et al., 1987). Das Argument der Fühlbarkeitsschwelle (*DUV Ansatz*) stellt sich in diesem Zusammenhang als Scheinargument heraus. Sehr kleine Zeiteinsparungen können zu einem Nutzengewinn führen, auch wenn man sie nicht wahrnimmt. Des Weiteren zeigen unterschiedliche Studien, dass bei der Routenwahl kleine Zeitgewinne sehr wohl wahrgenommen werden.
- Die Wahl eines Grenzwertes für die Abminderung des Zeitwertes erscheint willkürlich. Wenn zum Beispiel eine Person einen gewissen Anteil ihres Zeitbudgets, zum Beispiel 3 Minuten, bisher nicht nutzt, könnte sie nach einer Verbesserung, wie dem Neubau einer Straße, einen Zeitgewinn von über 5 Minuten generiert haben (Accent und Hague Consulting Group, 1999).
- Neue Straßen müssen als Teil eines Ganzen gesehen werden. Zwar erlaubt die Verbesserung einer Teilstrecke nur einen kleinen Zeitgewinn, aber mehrere Verbesserungen zusammen führen auch zu einem großen Zusatznutzen. Eine Nichtbewertung würde somit zu inkonsistenten Ergebnissen führen (Ecoplan und Metron, 2005).
- Es ist nicht logisch, kleine Differenzen, die in Teilschritten auftreten, niedriger zu bewerten, als die Summe im Gesamtmodell bewertet werden würde (*adding-up argument*, MVA Consultancy et al., 1987).
- Es besteht die Gefahr des strategischen Verhaltens der Antragsteller bei Infrastrukturprojekten. Ein unerwünschtes, aber großes und sinnvolles Projekt könnte in mehrere kleine nicht mehr sinnvolle Projekte aufgeteilt und so verhindert werden. Ebenso würden kleinere Projekte, die oft nur kleine Zeitgewinne als Nutzen generieren können, gegenüber größeren Projekten benachteiligt. Das strategische Mittel an dieser Stelle wäre im Umkehrschluss viele kleine unprofitable Projekte zu einem großen Projekt zu verbinden. Beides kann nicht das Ziel bei der ernsthaften Ermittlung des Nutzens eines Projekts sein (Ecoplan und Metron, 2005).

In den 1990er Jahren wurden im Rahmen der Value of Times Studies verschiedener Länder (insbesondere in der UK Study von 1994) weitere Probleme bei der Bewertung von (kleinen) Zeitveränderungen herausgearbeitet:

- VOTs sind nicht linear, da Gewinne niedriger bewertet werden als Verluste. Ebenso sind kleine Gewinne proportional weniger wert als große Gewinne (AHCG, 1996) und die Bewertung von Zeitveränderung hängt von Größe dieser in Relation zu der Reisezeit ab (Daly et al., 2011).
- Was ist die Definition von „klein“ (2, 3, 5, 10 oder sogar 20 Minuten)? Um Missinterpretationen zu vermeiden, wird an mancher Stelle empfohlen, die Veränderungen der Zeit besser als Prozentsatz denn als Absolutwert anzugeben (Ramjerdi et al., 1997). Es besteht jedoch ein Konsens darüber, dass die Art und Weise wie „klein“ in einer VOT Studie definiert wird, einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis der Studie hat (Austroads, 2012).
- Wie akkurat kann ein Modell geschätzt werden, sodass Gewinne oder Verluste sekunden-scharf bestimmt werden? Wie verlässlich sind Prognosemodelle, wenn es sich um kleine Zeitgewinne von zum Beispiel 30 Sekunden handelt? Sind dann Modelle, die den Nutzen vieler kleiner Zeitgewinne ausweisen, weniger verlässlich als solche, die den Nutzen weniger großer Zeitgewinne beinhalten?
- In die Zukunft gerichtete Verkehrsmodelle beschreiben Unterschiede möglicher Szenarien. In diesem Kontext ist es nicht zulässig, die Unterschiede lediglich mit Zeitgewinnen (oder –verlusten) zu identifizieren (Daly et al., 2011).
- Zusätzlich ist anzumerken, dass die Genauigkeit der Verkehrsmodelle, oder besser die Berechnung der notwendigen Gleichgewichte, große Fortschritte gemacht hat (Bar-Gera und Boyce (2003) und dass diese Rechengenauigkeit der Kontrolle des Anwenders unterliegt, der sie mit längeren Rechenzeiten erhalten kann.

Generell stellen Bates und Whelan (2001) die Frage, ob die gemessenen Effekte der kleinen Zeitveränderungen als reale Effekte oder nur als Effekte des Entscheidungsmodells interpretiert werden können. Sollte es sich bei den Effekten um sogenannte „Studien-Design-Artefakte“ handeln, wäre es demnach eine adäquate Methode, diese zu eliminieren.

Unumstritten ist hingegen, dass die Definition von kleinen Zeitgewinnen Einfluss auf die Bewertung und das Ergebnis der Untersuchung hat. Das Studiendesign hat einen Einfluss bei der Ermittlung der VOT: Eine Studie, die mehr Zeitverluste oder große Zeitveränderungen beinhaltet, wird höhere VOT ermitteln als eine Studie mit mehr Zeitgewinnen und kleineren



Zeitveränderungen. SC-Experimente der vergangenen Jahre haben das Ergebnis verringerter VOT für kleine Zeitveränderungen eher bestätigt bis verstärkt. Es bleibt die Frage, ob dies einen realen Effekt wiedergibt (Daly et al., 2011).

### **3 Das Verfahren der deutschen Bundesverkehrswegeplanung**

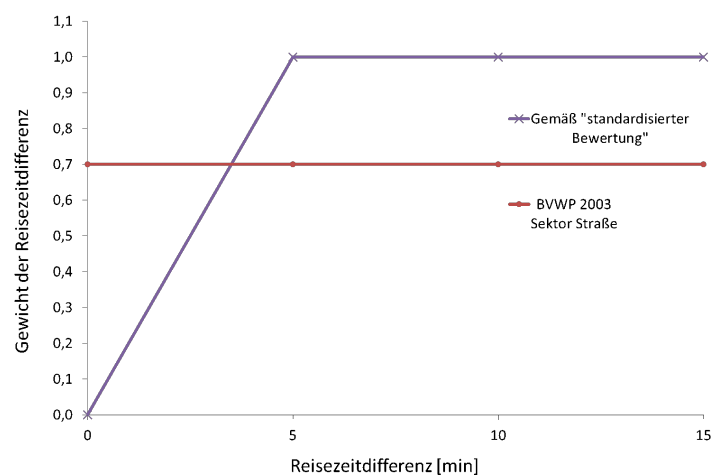
Reisezeitersparnisse im nicht-gewerblichen Personenverkehr werden im aktuellen Bundesverkehrswegeplan mit einem normativ abgeleiteten Wertansatz ermittelt (Birn et al., 2005). Mit Hilfe von Stated Preference Befragungen wurden verschiedene VOT in Abhängigkeit zum Reisezweck, Verkehrsmodus und zum Verkehrsmittel ermittelt und seitdem fortgeschrieben. Der Nutzen eines Projektes berechnet sich demnach aus dem Vergleich des Planfalls mit dem Ist-Fall in einem Verkehrsmodell (Rothengatter, 2000). In diesem Kontext werden aktuell Zeiterparnisse im Straßenverkehr unter der Annahme eines Schwellenwertes der Wahrnehmung für kleine Zeitgewinne analog zu den Verfahren des BVWP 1992 und des BVWP 1985 mit einem verminderten Wert von 30 % bewertet (Bundesminister für Verkehr, 1993; Willeke und Paulußen, 1991). Das heißt, alle Reisezeitgewinne im Straßenverkehr wurden unabhängig von ihrer Größe (z.B. auch Zeitgewinne > 10 Minuten) mit einem um 30 % abgeminderten Wertansatz bewertet. Im gewerblichen Verkehr des Sektors Straße und im Sektor Schiene hingegen werden die Zeiterparnisse unabhängig von ihrer Größe vollständig berücksichtigt (BVU et al., 2009).

Somit wird in Deutschland im Gegensatz zu der gängigen internationalen Praxis aller anderen europäischen Länder (und auch vieler außereuropäischer Länder) ein reduzierter Ansatz zur Bewertung von Reisezeiteinsparungen verwendet. Das beschriebene Verfahren für kleine Zeitgewinne stammt aus den 1970er Jahren und wurde seither in der Bundesverkehrswegeplanung nicht mehr verändert (vgl. auch Rothengatter, 2000). Der Festlegung eines Schwellenwertes liegt der Annahme zugrunde, dass Zeiteinsparung unter einer Wahrnehmungs- oder Fühlbarkeitsgrenze liegen und aus diesem Grund nicht für alternative, ökonomisch relevante Aktivitäten genutzt werden können (Willeke et al., 1979). Bereits zu dem damaligen Zeitpunkt machen die Autoren auf die Problematik der Verwendung eines fixen Schwellenwertes (z. B. 5 Minuten) in Nutzen-Kosten-Analysen aufmerksam und konstatieren den Forschungsbedarf in dieser Richtung als noch sehr umfangreich (Rothengatter, 2000: 61). Ihr Vorschlag ist mit einer Mehrzahl alternativer Werte zu rechnen. An der grundsätzlichen Idee der Verwendung und Notwendigkeit eines Schwellenwertes halten sie jedoch fest (S. 57). In späteren Veröffentlichungen wird die Bedeutung von Zeitgewinnen von Willeke und Paulußen (1991) und Paulußen (1992) thematisiert: Erneut nehmen sie sich der Relevanz der kleinen Zeitgewinne in der deutschen Planungspraxis

an. Sie erklären, dass Zeitgewinne erst mit Erreichen einer gewissen Mindestgröße genutzt und für neue Aktivitäten wahrgenommen werden können. Die Einbeziehung aller Zeitgewinne würde unrealistische Ergebnisse hervorrufen. Es erfolgt zwar der Verweis auf neue, plausible Erkenntnisse der internationalen Fachliteratur (S. 71 bzw. 121), die sich entweder für die Gleichbewertung von Zeitersparnissen ausspricht oder die Schwellenwertproblematik teilweise gar nicht mehr behandeln. Dennoch werden verschiedene Abminderungssätze wie der fahrten-, längen- und leerzeitbezogene Ansatz diskutiert (S. 72ff bzw. 122ff). In den Abhandlungen wird zudem die Bedeutung der britischen und niederländischen Zeitwertstudie für die Zeitwertforschung unterstrichen und die Vorteile der Anwendung von Stated Preference Experimenten für die Ermittlung von Zeitwerten herausgearbeitet. Abschließend erfolgt der Hinweis darauf, dass im Ausland zunehmend eine einheitliche Bewertung der Zeitgewinne Anwendung findet. Eine klare Empfehlung für die Abkehr der Verwendung eines Schwellenwertes für kleine Zeitgewinne erfolgt jedoch nicht. Der Schwellenwert von 5 Minuten wird als valide herausgestellt (S. 153f und 216f).

Rothengatter (2000) fordert eine generelle Überarbeitung des deutschen Bewertungsverfahrens für Verkehrsinfrastrukturprojekte für den BVWP, da dieses auch bedingt durch die deutsche Einheit seit den 1970er nicht mehr verändert wurde. Zwar beschreibt er das angewandte Verfahren für die Bewertung von Reisezeitänderungen und die Abminderung kleiner Zeitgewinne, der Frage ob dieses allerdings, trotz neuer Erkenntnisse in der internationalen Fachliteratur zu dieser Zeit, noch als angemessen gilt, geht er hingegen nicht nach.

Abbildung 1: Abminderungsfunktion für Reisezeitdifferenzen



In der neueren deutschen Literatur findet sich seither wenig zu der Bewertungsproblematik von kleinen Zeitgewinnen in Nutzen-Kosten-Analysen. BVU et al. (2009) schlagen eine kontinuierliche Abminderung kleiner Zeitgewinne unter 5 Minuten für alle Nachfragesegmente analog zum Verfahren der Standardisierten Bewertung vor (Abbildung 1).

Im deutschsprachigen Raum legen sich Abay und Axhausen (2000) im Rahmen der Vorstudie Schweizer Zeitkostenstudie jedoch analog zu internationalen Standards auf eine einheitliche Bewertung der Zeitveränderungen fest und weisen auf die bestehenden Probleme bei der Bewertung kleiner Zeitveränderungen hin. In dem 2004 veröffentlichten Bericht (König et al., 2004) findet sich außer im Anhang, der die Thesen der Vorstudie enthält, keine explizite Behandlung der kleinen Zeitgewinne. Auch in späteren Veröffentlichungen zu der Schweizer Zeitkosten Studie (Axhausen et al., 2007, 2008) werden die kleinen Zeitgewinne nicht mehr erwähnt. ? fassen im Auftrag der Schweizerischen Verband der Straßen- und Verkehrsfachleute (VSS) unter anderem die aktuelle Forschung zu den kleinen Zeitgewinnen als Grundlage für eine Schweizer Norm zu Nutzen-Kosten-Analysen im Straßenverkehr zusammen. Auch sie sprechen sich an dieser Stelle für die Nutzung eines Einheitswertes aus (S. 126). Obermeyer et al. (2014) gehen davon aus, dass Schwellenwerte im menschlichen Verhalten existieren, und diskutieren davon ausgehend, wie diese ermittelt werden könnten, und welche Wirkungen dies in der ökonomischen Bewertung haben würde. Abgesehen davon, dass hier derzeit noch keine belastbare Empirie vorliegt, diskutieren die Autoren auch das Problem der Aufsummierung über mehrere Projekte, und benennen Forschungsbedarf bezüglich der Frage, ob aus dem Nachweis der Schwellenwerte im menschlichen Verhalten eine Berücksichtigung in der ökonomischen Bewertung erfolgen sollte.

## **4 Gängige internationale Praxis der Bewertung kleiner Reisezeitgewinne in staatlichen Verkehrsinfrastrukturprojekten**

In nahezu allen Ländern, die den Zeitkostenwert in ihre Nutzen-Kosten-Analysen mit einbeziehen, werden kleine und große Zeitveränderungen gleich gewertet. Doch diese Annahme wird oft infrage gestellt. Das Argument dahinter ist, dass einzelne Personen keinen Nutzen von Zeitgewinn von ein paar Sekunden generieren, aber dass die Summe einer großen Anzahl dieser kleinen Zeitgewinne einen erheblichen Anteil des standardmäßig messbaren Nutzens ausmacht. Dieses Argument wird durch die Ergebnisse einiger SC-Experimente untermauert, die aussagen, dass sogar Zeitgewinne bis zu fünf Minuten vernachlässigt werden können (Austroads, 2012). Aktuelle Übersichten über die gängigen Bewertungsverfahren kleiner Zeitgewinne in internationale Verkehrsinfrastrukturprojekte und den Stand der Forschung finden sich sowohl bei Daly et al. (2011) als auch bei Austroads (2012). Da die Probleme bei der wissenschaftlichen Bewertung von kleinen Zeitgewinnen bereits in Abschnitt 2 diskutiert wurden, soll der Fokus in diesem Abschnitt auf die Anwendung in den internationalen Bewertungsverfahren gelegt werden. Das deutsche und das schweizer Verfahren wurden bereits im vorigen Abschnitt ausführlich

erläutert und werden in diesem Abschnitt nicht mehr behandelt. Tabelle 1 fasst die Ergebnisse der Literaturdurchsicht zusammen.

Tabelle 1: Vergleich der Bewertung kleiner Zeitgewinne im nicht-gewerblichen Personenverkehr im internationalen Kontext

Land	Def. „klein“ in Min.	Bewertung kleiner Zeitgewinne	Methodik	Literatur zu kleinen Zeitgewinnen
Deutschland	5	Abminderung 30 % (Straße)	Stated Choice	Willeke und Paulußen (1991), Rothengatter (2000), Birn et al. (2005), BVU et al. (2009)
Australien	5	einheitlich, keine Sonderbehandlung	Stated Choice	Austroads (2012)
Dänemark	10	einheitlich, keine Sonderbehandlung	Stated Choice	Fosgerau et al. (2007)
EU	3	einheitlich, extra ausgewiesen	Stated Choice	Bickel et al. (2006)
Kanada	5	exkludiert wenn kleiner als 5 Minuten	Lohnkosten	Transport Canada (1994)
Niederlande		einheitlich, keine Sonderbehandlung	Stated Choice	Hague Consulting Group (1998)
Norwegen	2-5	einheitlich	Stated Choice kleiner als 2 Min. exkludiert per Studiendesign (1997)	Ramjerdi et al. (1997), Ramjerdi et al. (2010), Hjorth und Fosgerau (2011)
Schweden	10-20	einheitlich, keine Sonderbehandlung	Stated Choice	Hultkrantz et al. (2001), Börjesson und Eliasson (2012)
Schweiz	5	einheitlich, keine Sonderbehandlung	Stated Choice	Abay und Axhausen (2000)

*Fortsetzung auf der nächsten Seite*

Land	Def. “klein” in Min.	Bewertung kleiner Zeitgewinne	Methodik	Literatur zu kleinen Zeitgewinnen
USA		einheitlich, keine Sonderbehandlung	Stated Choice	Small (2012), U.S. Department of Transportation (1997)

Erweitert nach Daly et al. (2011) und Austroads (2012)

Im Vereinigten Königreich hat die Zeitwertforschung eine lange Tradition und reicht bis in die 1960er Jahre zurück (Wardman, 1998). Anhand der Daten der Value of Time Studie von 1993 wurden erstmals Unterschiede bei der Bewertung großer und kleiner Zeitgewinne untersucht und schon damals eine Empfehlung für eine konstante Bewertung der Zeit ausgesprochen (Bates und Whelan, 2001). Im NATA Refresh Report (Department for Transport, 2009) findet sich der Vorschlag, Zeiteinsparung (und –verluste) künftig disaggregiert auszuweisen, um die Analyse der Effekte dieser den neuen Zielen des DfTs entsprechend noch zu verbessern. Das DfT setzt diese Empfehlung in ihrem WebTAG (Department for Transport, 2011) um und fordert eine Klassifizierung von kleinen Zeitveränderungen in -5 Minuten, -5 bis -2 Minuten, -2 bis 0 Minuten, 0 bis 2 Minuten, 2 bis 5 Minuten und mehr als 5 Minuten. Bei der Berechnung des Nutzens wird jedoch nach wie vor ein konstanter Zeitwert verwendet.

Ebenso wie die britische hatte auch die niederländische VOT Studie die Untersuchung der kleinen Zeitgewinne nicht als direkte Forschungsaufgabe. Die vorhandenen Daten wurden aber analog zu den britischen Daten hinsichtlich dieser Fragestellung untersucht (Gunn, 2001). In den aktuellen englischsprachigen Publikationen der niederländischen Zeitkostenstudie findet sich kein Hinweis auf die Problematik kleiner Zeitgewinne. Aus diesem Grund kann auf eine einheitliche Behandlung aller Zeitveränderungen geschlossen werden.

Die dänische Zeitkostenstudie (Fosgerau et al., 2007) befasst sich explizit mit der Problematik der Größe der Zeitveränderung. Wie schon im Rahmen der britischen und niederländischen VOT Studie ist ein zentrales Ergebnis der Untersuchung, dass kleine Zeitveränderungen von zum Beispiel 3 Minuten niedriger bewertet werden als größere. Analog zu der Auswertung der britischen Studie wird dieser Effekt jedoch dem Studiendesign zugeschrieben. Es wird ebenfalls eine einheitliche Bewertung von Zeitveränderungen empfohlen. Eine abgeminderte Bewertung von kleinen Zeitgewinnen in Nutzen-Kosten-Analysen wird als nicht angemessen und unlogisch angesehen (S.13).

Börjesson und Eliasson (2012) veröffentlichen einen Arbeitsbericht, der sich explizit mit der Größe der Zeitveränderungen im Rahmen der schwedische VOT Studie befasst. Hierbei bezeich-

nen sie die unterschiedliche Bewertung kleiner und großer Zeitgewinne als „Studien-Design-Artefakt“, die es zu kontrollieren gilt. In ihren Rechnungen gelangen sie zu dem Urteil, dass kein „Grenzwerteffekt“ existiert und auch Zeitersparnisse unter 5 Minuten einen Wert haben (S. 10). Dennoch schlussfolgern sie, dass VOT bei kleinen Zeitveränderungen in SP-Experimenten generell zu niedrig bewertet werden, und empfehlen eine Zeitveränderung von mindestens 15-20 Minuten im Studiendesign, um unabhängige VOT zu erhalten. Sie machen des Weiteren darauf aufmerksam, dass die Wahl des Studiendesigns einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis haben kann und somit mitunter zu falschen Empfehlungen führt.

In der norwegischen VOT Studie (Ramjerdi et al., 1997) wurden Zeitgewinne unter 2 Minuten anhand des Studiendesign vermieden. Die in der Studie ermittelten Zeitveränderungen werden jedoch gleich bewertet. Weder in der Zusammenfassung der aktuellen Studien (Ramjerdi et al., 2010) noch im Anhang der Hauptstudie findet sich ein Hinweis auf eine Sonderbehandlung oder ein gesondertes Studiendesign. Es wird lediglich die Aussage getroffen, dass sich die VOT Studie an den Erkenntnissen der dänischen und schwedischen Studien orientiert. Somit kann im Grunde davon ausgegangen werden, dass kleine Zeitveränderungen unverändert in die Bewertung mit einfließen.

Auf europäischer Ebene wurde 2004 das Projekt „Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment (HEATCO)“ begonnen und 2006 abgeschlossen. Im Deliverable 5 (Odgaard et al., 2005) ist ein kurzer Absatz über die Behandlung kleiner Zeitgewinne in Nutzen-Kosten-Analysen enthalten: Demnach wird eine konstante Bewertung aller Zeitgewinne (Stunden, Minuten oder Sekunden) empfohlen. Da die Messung kleiner Zeitgewinne jedoch eine potenzielle Fehlerquelle darstellt, wird weiterführend nahegelegt, dass der Anteil des ökonomischen Nutzens, der sich aus den kleinen Zeitgewinnen unter 3 Minuten ableitet, noch näher untersucht werden sollte.

Das US-amerikanische Department of Transport empfiehlt eine konstante Bewertung von Zeitveränderungen (U.S. Department of Transportation, 1997). In Abwesenheit eines validen Beweises des Gegenteils wird die Gleichbehandlung kleiner und großer Zeitgewinne als angemessen betrachtet. In der gleichen Publikation wird eine Studie zitiert, die besagt, dass ältere Studien, die zu der Verwendung eines Schwellenwertes für kleine Zeitgewinne raten, nicht länger als glaubwürdig angesehen werden (S. 11).

Kanada ist neben Deutschland das einzige Land, das sich für eine gesonderte Behandlung von kleinen Zeitgewinnen in Nutzen-Kosten-Analysen für Verkehrsprojekte ausspricht (Transport Canada, 1994). Der Wert der Reisezeit wird nicht über SP-Experimente, sondern über Lohnkostenrechnungen bestimmt. Per Definition gelten Zeiteinsparungen unter 5 Minuten als klein, allerdings wird für diese kein separater Wert angegeben. In der kanadischen Empfehlung werden

die kleinen Zeitgewinne aus der der Investitionsentscheidung zugrunde liegenden mathematischen Kalkulation herausgehalten und sollen den Entscheidungsträgern getrennt als Faktor kommuniziert werden. Sie haben somit keinerlei kalkulierbaren Einfluss für oder gegen ein Projekt und Fließen lediglich über das „Bauchgefühl“ der Entscheidungsträger in die Investitionsentscheidung mit ein. An dieser Stelle sei angemerkt, dass sich sowohl die kanadischen als auch die deutschen Empfehlungen auf eher ältere Erkenntnisse zu der Bewertung von kleinen Zeitgewinnen in Zeitkostenberechnungen beziehen. In den anderen Ländern sind bereits aktuellere Forschungsergebnisse in die Empfehlungen mit eingeflossen.

In Australien werden VOT abhängig vom Transportmittel von verschiedenen Ämtern bestimmt (Daly et al., 2011). Bisher wurden kleine Zeitgewinne in der gängigen Praxis nicht konkret ausgewiesen, jedoch auch nicht gesondert bewertet oder ausgeschlossen. Eine aktuelle Veröffentlichung von Austroads (2012) befasst sich intensiv mit den kleinen Zeitgewinnen in Infrastrukturprojekten analog zu der gängigen internationalen Praxis. Ein Schwellenwert bei der Bewertung kleiner Zeitveränderung wird innerhalb der Publikation als veraltet herausgearbeitet. Als Empfehlung spricht sich Austroads für eine Verbesserung der Definition und Messinstrumente von kleinen Zeitgewinnen aus. Auch erscheint den Autoren der Fokus auf die Zuverlässigkeit der Reisezeit wichtiger als eine Bestimmung eines absoluten Wertes für Zeiteinsparungen (S. 25).

## 5 Rechengenauigkeit in Umlegungsverfahren

Bei der Erstellung mathematischer Verkehrsmodelle besteht immer auch eine Austauschbeziehung zwischen der Genauigkeit der Schätzungen der Reisezeiten und der Rechenzeit, die es kostet, diese zu berechnen. Schätzfehler durch Rechenartefakte, die im Gesamtmodell vernachlässigt werden können, erhalten eventuell bei Betrachtung eines Teilabschnitts eine substantielle Relevanz. Diese Fehler komplett auszuschließen könnte jedoch die notwendige Zeit zur Berechnung der Modelle von Tagen auf Wochen oder sogar Monate ausdehnen. Es gilt also, die zur Erfüllung der gegebenen Aufgabe notwendige Genauigkeit zu bestimmen, sei es durch die Anforderungen einer qualitativ hochwertigen Rechnung oder einer schnelleren Rechenzeit mit gegebenenfalls verminderter Genauigkeit. Dies bedeutet in der Praxis der Gleichgewichtsberechnung in Verkehrsmodellen somit auch immer wieder einen Kompromiss aus der hinreichenden Erfüllung der Genauigkeitsanforderungen und einem gleichzeitig vertretbaren Rechenaufwand.

Im Kontext von DTAs (Dynamic Traffic Assignment) vergleichen Peeta und Ziliaskopoulos (2001) verschiedene Ansätze zur Simulation von Verkehrsverhalten in Echtzeit. Dabei heben

sie einen Ansatz von Peeta und Mahmassani (1995) hervor, der individuelle Entscheidungen einzelner Individuen mit einer aggregierten Beschreibung der Verkehrsströme kombiniert. In einfachen Modellen erreicht dieser Ansatz eine hinreichende Genauigkeit bei einer akzeptablen Rechenzeit. Werden jedoch Personen(gruppen) mit unterschiedlichen Eigenschaften eingeführt und steigt weiterhin die Komplexität der zu simulierenden Situation, erweist sich auch dieser Ansatz als ineffizient hinsichtlich der benötigten Rechenzeit bei einer akzeptablen Genauigkeit.

Anhand einer beispielhaften Studie, die den Einfluss des Baus neuer Autobahnausfahrten in der Delaware Valley Region untersucht, suchen Bar-Gera und Boyce (2003) eine Lösung mit einer maximalen durchschnittlichen Ungenauigkeit von 0,001 Prozent der Gleichgewichts-Reisezeit, sowie maximal 3 bzw. 10 Prozent für die Abweichung bezüglich der Gleichgewichtsauslastung auf Freeways bzw. Zubringerstraßen gegenüber der AON-Lösung (All or Nothing Lösung) als ausreichend an. Bedingung hierfür ist eine hinreichende Erfüllung beider Kriterien. In einem darauf aufbauenden Artikel untermauern Boyce et al. (2004) noch einmal die Notwendigkeit zur Entwicklung von Standards und Richtlinien zur Anwendung in der Praxis. Carey und Ge (2004) empfehlen bei einer diskreten Optimierung von Zeit und Raum abhängig von der gewählten Reisezeit-Funktion eine Diskretisierung der Zeit bei ca. 10 Minuten.

Eine gute Zusammenfassung des aktuellen Forschungsstandes zu den DTAs bieten neben Peeta und Ziliaskopoulos (2001) auch Viti und Tampère (2010). Sie teilen die verschiedenen Annäherungen in drei übergeordnete Themenbereiche ein. Ein Teil der Publikationen behandelt die möglichen Lösungseigenschaften von DTAs, ein weiterer die Entscheidungsmodellierung in DTAs und ein dritter die Simulation des Verkehrsflusses auf Makro-, Meso- oder Mikroebene unter Berücksichtigung der dafür erforderlichen Rechenzeit. Doch auch mit steigender Rechenleistung und einer Verschiebung der Simulationen hin auf die Mikroebene, um die Genauigkeit der Umlegung zu erhöhen, kann der angemessene Trade-off zwischen Rechenzeit und Genauigkeit nach wie vor nicht bestimmt werden (Balakrishna et al., 2012).

Der Schwerpunkt der gegenwärtigen Forschung liegt vornehmlich auf der Analyse und Auswahl effizienter Algorithmen zur Simulation von Verkehrsverhalten. Die Frage der hinreichenden Genauigkeit einer Simulation wird dabei als notwendige Gegebenheit jedoch meist nur am Rande betrachtet. Angesichts des stochastischen Charakters der zugrunde liegenden Variablen sowie der hohen Anzahl notwendiger Iterationen in dynamischen Simulationen besteht jedoch hier dringender Bedarf zur Entwicklung verlässlicher Indikatoren und Richtlinien.

Eine weitere Modellanforderung könnte auch sein, die Veränderungen von ein paar Sekunden bei der Gleichgewichtsberechnung gar nicht zu berücksichtigen und diese gegebenenfalls aus dem Modell zu löschen. Dies würde eine Neustrukturierung der bisher verwendeten Umlegungsverfahren des BVWP erfordern und ist nicht kurzfristig umsetzbar. Hierfür ist zunächst die Wirkung



der Genauigkeit des Umlegungsverfahrens hinsichtlich der Verbesserung der Rechengenauigkeit oder der Eliminierung kleiner Zeitveränderungen noch genauer zu untersuchen.

Die Modelle, welche im Endergebnis die Zeitgewinne einer Maßnahme berechnen, sind also, wie alle Modelle, mit Fehlern behaftet. Wenn das Modell also einen kleinen Zeitgewinn auf einer Relation ausgibt, dann ist a priori unklar, ob der Zeitgewinn aufgrund der Modellgenauigkeit (im Sinne des oben diskutierten Abwägens zwischen Aufwand und Genauigkeit) eigentlich Null oder eigentlich eher etwas größer ist. Es ist daher notwendig, die Effekte der Rechengenauigkeit im Detail zu untersuchen.

## 6 Empirische Untersuchung zur Bewertung kleiner Zeitgewinne

Während der Modellierung im Rahmen der deutschen Zeitkostenstudie (Axhausen et al., 2015) wurden spezifische empirische Tests durchgeführt, um zu klären, ob es unterschiedliche Empfindlichkeiten in Abhängigkeit von der Größe der präsentierten Differenzen eines gegebenen Attributs zwischen den Alternativen gibt. Um die Annahme, ob Zeit und Kosten Parameter eine Funktion der Größendifferenzen sind, die den Teilnehmern in den hypothetischen Wahlszenarien präsentiert wurden, empirisch zu testen wurde in den Modellen ein zusätzlicher Elastizitätsterm getestet. Zum Beispiel für die Fahrzeit wurde die folgende neue Variable definiert:

$$\Delta_{TT} = \sum_{j \neq i} \frac{1}{J} \sqrt{(TT_j - TT_i)^2} \quad (1)$$

Wobei  $\sum_{j \neq i}$  die Summe aller Paare der präsentierten Reisezeiten ist. Im binären Fall ist  $\Delta_{TT}$  gleich der absoluten Zeitdifferenz zwischen den beiden Alternativen.

Der Parameter des assoziierten Attributes in der Nutzenfunktion, hier  $\beta_{TT}$ , wurde durch  $\beta_{TT} \left( \frac{\Delta_{TT}}{\bar{\Delta}_{TT}} \right)^{\lambda_{\Delta_{TT}}}$  ersetzt, um den Größeneffekt zu testen. Dabei ist  $\bar{\Delta}_{TT}$  der Mittelwert der Summen der Vergleiche zwischen den Alternativen. Der Parameter  $\lambda_{\Delta_{TT}}$  ist die Elastizität der Zeitempfindlichkeit für die im SC-Experiment verwendeten Größenunterschiede.

Die empirischen Tests solcher Größeneffekte wurden für alle wesentlichen Attribute (Reisezeit, Zugangszeit, Kosten, Umsteigewartezeit, Takt und erwartete Verspätung) durchgeführt. Sie ergaben keine konsistenten Hinweise auf einen Einfluss der Größen der Differenzen auf deren Parameter. Im Detail, die Parameter, wie  $\lambda_{\Delta_{TT}}$ , waren nicht signifikant von Null verschieden. Diese Ergebnisse zeigen, dass die in dieser Studie präsentierten Experimente (Attributausprä-

gungen und -unterschiede) keinen Einfluss auf die geschätzten Parameter selbst haben. Das unterstützt die Annahme, dass die Größe der Zeitdifferenzen keinen Einfluss auf die Empfindlichkeiten hat. Entsprechend führen große Zeitunterschiede zwischen Alternativen zu keinen anderen Sensitivitäten und damit zu keinen anderen Zeitwerten als kleine Unterschiede.

Zusätzlich wurden empirische Tests zu den Vorzeichen der Zeitveränderung (Zeitgewinne und Zeitverluste) durchgeführt. Sie ergaben ebenfalls keine konsistenten Hinweise auf einen Einfluss des Vorzeichens auf die Parameter der Reisezeit. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die befragten Personen die präsentierten Zeitveränderungen nicht mit den Ausgangswerten in Relation gesetzt haben. Im finalen Modell wurden die Vorzeichen der Zeit aus diesem Grund nicht berücksichtigt.

## **7 Empfehlung und Ausblick für die Bundesverkehrswegeplanung**

Auch nach über 30 Jahren der Zeitwertforschung kann das Problem der Bewertung der kleinen Zeitgewinne als noch nicht endgültig gelöst betrachtet werden. In der internationalen Praxis hat sich jedoch – wenn vielleicht auch aufgrund mangelnder Alternativen – eine Gleichbewertung aller Zeitveränderungen durchgesetzt. Wie Tabelle 1 zu entnehmen ist wird in allen Ländern außer Kanada der eine Gleichbewertung von Zeitgewinnen (CUV Ansatz) in Kosten-Nutzen-Analysen umgesetzt. Ein konstanter Zeitwert wird in vielen nationalen Studien gewählt, um einen kumulativen Effekt in der Aggregation und strategisches Verhalten beim Projektzuschnitt zu vermeiden. Mackie et al. (2001) konstatieren den Ansatz als Standard und Ergebnis umfassender Zeitkostenstudien. In einem Memorandum des Department of Transportation USA (DOT) wird die Verlässlichkeit von Studien, die sich für einen abgeminderten Bewertungsansatz aussprechen, bezweifelt (U.S. Department of Transportation, 1997).

Es ist außerdem festzustellen, dass sich die neuste Forschung zu den kleinen Zeitgewinnen nicht mehr mit der Diskussion für oder gegen die Verwendung eines Schwellenwertes beschäftigt, sondern eine Gleichbehandlung aller Zeitgewinne bereits voraussetzt. Im Fokus des aktuellen Forschungsinteresses stehen die unterschiedliche Bewertung verschieden großer Reisezeitveränderungen in Abhängigkeit vom Studiendesign sowie die geeigneten Messinstrumente, um Zeitveränderungen zu bestimmen und zu prognostizieren. Zusammen mit dem Vorzeichen der Zeitveränderung ist dies als der „Size and Sign Effect of the VOT“ bekannt.

Während es in der empirischen Literatur zum kurzfristigen Verkehrsverhalten Hinweise gibt, dass kleine Zeitveränderungen kurzfristig nicht wahrgenommen werden, ist dies in der Logik

der langfristigen Bewertung in den Verfahren der Nutzen-Kosten-Analyse nicht relevant. Es wäre systemwidrig und würde darüber hinaus Möglichkeiten für die Manipulation der NKA-Ergebnisse eröffnen.

Mögliche Fehler durch Ungenauigkeiten in der Berechnung der Verkehrsmengen in den Verkehrsmodellen, die zur Berechnung der Mit- und Ohne-Projekt-Zustände verwendet werden, sind dort durch entsprechende Qualitätsvorgaben zu minimieren.

Diese Ergebnisse der empirischen Tests ergaben keine konsistenten Hinweise auf einen Einfluss der Größen (und Vorzeichen) der Differenzen auf deren Parameter. Das unterstützt die Annahme, dass die Größe der Zeitdifferenzen keinen Einfluss auf die Empfindlichkeiten hat. Entsprechend führen große Zeitunterschiede zwischen Alternativen zu keinen anderen Sensitivitäten und damit zu keinen anderen Zeitwerten als kleine Unterschiede.

Das deutsche Bewertungsverfahren sollte den internationalen Standards entsprechend, und auch um eine internationale Vergleichbarkeit zu gewährleisten, zukünftig alle Zeitveränderungen egal welcher Natur bzw. Größe gleich bewerten. Damit wird sichergestellt, dass die Bewertung von Reisezeiten nicht von der Definition „kleiner Reisezeitgewinne“ noch vom Projektzuschnitt abhängig ist. Weiterhin trägt die einheitliche Bewertung von Zeitgewinnen zu einer weiteren Harmonisierung von Bewertung und Verkehrsmodellen bei. Bei letzteren wurden bisher bereits Zeitdifferenzen (z.B. zwischen verschiedenen Routen) sekundengenau einbezogen. Wenn möglich, können Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden, um die Stabilität der Bewertungsergebnisse gegenüber kleinen Zeitgewinnen nachzuweisen.

## **Dank**

Nachdem die bisher im Bundesverkehrswegeplan verwendeten Zeitkostensätze im Personenverkehr in den letzten Jahren fortgeschrieben, aber nicht grundsätzlich überprüft, wurden, stellte die nun erstmalige offizielle Schätzung der Zeitkostensätze und des Wertes der Zuverlässigkeit eine verantwortungsvolle und spannende Herausforderung dar. Das Konsortium aus TNS Infratest, dem IVT der ETH Zürich und dem weiteren Team möchte sich aus diesem Grund beim Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur bedanken, mit dieser Aufgabe betraut und während des Projekts konstruktiv begleitet worden zu sein. Hier sind insbesondere die Mitglieder der Begleitgruppe zu erwähnen. Ein ganz besonderer Dank gilt neben allen Mitwirkenden am Projekt auch allen Personen, die an unserer RP-/SP-Studie oder den Experteninterviews teilgenommen haben und uns damit die Realisierung des Projekts erst ermöglicht haben.

## 8 Literatur

- Abay, G. und K. W. Axhausen (2000) Zeitkostenansätze im Personenverkehr: Vorstudie, *Schriftenreihe*, **2000/42**, Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI), Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bern.
- Accent und Hague Consulting Group (1999) The Value of Travel Time on UK roads, *Forschungsbericht*, Department for Environment, Transport and the Regions, Accent, Hague Consulting Group, London.
- Austroroads (2012) Small travel time savings: Treatment in project evaluations, Webseite, Februar 2012, <https://www.onlinepublications.austroroads.com.au/items/AP-R392-11>.
- Axhausen, K. W., I. Ehreke, A. Glemser, S. Hess, C. Joedden, K. Nagel, A. Sauer und C. Weis (2015) 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: FE-Projekt 96.996/2011 Zeitkosten Personenverkehr, *Forschungsbericht*, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), IVT, ETH Zürich, Berlin.
- Axhausen, K. W., S. Hess, A. König, G. Abay, J. J. Bates und M. Bierlaire (2008) Income and distance elasticities of values of travel time savings: New Swiss results, *Transport Policy*, **15** (3) 173–185.
- Axhausen, K. W., S. Hess, A. König, J. J. Bates und M. Bierlaire (2007) State-of-the-art estimates of swiss value of travel time savings, Vortrag: *86th Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, D.C., Januar 2007.
- Balakrishna, R., D. Morgan, Q. Yang und H. Slavin (2012) Comparison of simulation-based dynamic traffic assignment approaches for planning and operations management, Vortrag: *91st Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington, D.C., Januar 2012.
- Bar-Gera, H. und D. Boyce (2003) Origin-based algorithms for combined travel forecasting models, *Transportation Research Part B*, **37**, 405–422.
- Bates, J. und G. Whelan (2001) Size and sign of time savings, *Arbeitsbericht*, Universität Leeds, Institute for Transport Studies, Leeds.
- Bickel, P., R. Friedrich, A. Burgess, P. Fagiani, A. Hunt, G. de Jong und L. Tavasszy (2006) Heat-co deliverable 5: Proposal for harmonised guidelines, *Forschungsbericht*, Sixth Framework Programme, Institut für Energiewissenschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart, März 2006.

- Birn, K., H. Bolik und P. Rieken (2005) Die gesamtwirtschaftliche Bewertungsmethodik Bundesverkehrswegeplan 2003, Schlussbericht zum FE-Vorhaben 96.0790/2003, *Endbericht*, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVMW), BVU Beratergruppe Verkehr + Umwelt GmbH, Ingenieurgruppe IVV, Planco, Berlin.
- BMVI (2016) Bundesverkehrswegeplan 2030 - Entwurf März 2016, *Vorläufiger Bericht*, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Berlin, März 2016.
- Börjesson, M. und J. Eliasson (2012) Experiences from the swedish value of time study, *Arbeitsbericht*, **2012:8**, Royal Institute of Technology, Centre for Transport Studies, Stockholm.
- Boyce, D., B. Ralevic-Dekic und H. Bar-Gera (2004) Convergence of traffic assignments: How much is enough?, *Journal of Transportation Engineering*, **130** (1) 49–55.
- Bundesminister für Verkehr (1993) Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrsweegeinvestitionen: Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992, Schlussbericht zum FE-Vorhaben 90372/92, *Endbericht*, Bundesminister für Verkehr, Bundesminister für Verkehr, Bonn.
- BVU, ITP und planco (2009) Aktualisierung von Bewertungsansätzen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen in der Bundesverkehrswegeplanung, Schlussbericht für das BMVBS, *Endbericht*, Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), BVU, ITP, planco.
- Carey, M. und Y. E. Ge (2004) Efficient discretisation for link travel time models, *Networks and Spatial Economics*, **4**, 269–290.
- Daly, A. J., F. Tsang und C. Rohr (2011) The value of small time savings for non-business travel, Vortrag: *European Transport Conference*, Glasgow, Oktober 2011.
- Department for Transport (2009) NATA refresh: Appraisal for a sustainable transport system, <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.dft.gov.uk/consultations/archive/2008/consulnatarefresh/natarefresh2009.pdf>.
- Department for Transport (2011) Transport user benefit calculation TAG unit 3.5.3, <http://www.dft.gov.uk/webtag/documents/expert/pdf/unit3.5.3.pdf>.
- Ecoplan und Metron (2005) Kosten-Nutzen-Analysen im Straßenverkehr, Kommentar zur VSS-Grundnorm, *Schriftenreihe*, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute, Bern.

- Fosgerau, M., K. Hjorth und S. Lyk-Jensen (2007) The danish value of time study, *Endbericht*, Technische Universität Dänemark, Technische Universität Dänemark, Danish Transport Research Institute, Kopenhagen.
- Fosgerau, M. und T. L. Jensen (2003) Economic appraisal methodology controversial issues and danish choices, Vortrag: *European Transport Conference*, Straßburg, Oktober 2003.
- Gunn, H. (2001) Spatial and temporal transferability of relationships between travel demand, trip cost and travel time, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **37**, 163–189.
- Hague Consulting Group (1998) Value of dutch travel time savings in 1997: Final report, *Forschungsbericht*, **6068**, Transport Research Centre of the Dutch Ministry of Transport, Hague Consulting Group, Den Haag.
- Hjorth, K. und M. Fosgerau (2011) Loss aversion and individual characteristics, *Environmental and Resource Economics*, **49**, 573–596.
- Hultkrantz, L., R. Mortazavi und L. Hulkrantz (2001) Anomalies in the value of travel-time changes, *Journal of Transport Economics and Policy*, **35**, 285–299.
- König, A., K. W. Axhausen und G. Abay (2004) Zeitkosten im Personenverkehr, *Schriftenreihe*, **2001/534**, Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI), IVT, ETH Zürich, Planungsbüro Abay & Meier, St. Gallen.
- Mackie, P. J., S. R. Jara-Diaz und A. S. Fowkes (2001) The value of travel time savings in evaluation, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **37**, 91–106.
- MVA Consultancy, Institute for Transport Studies und Transport Studies Unit (1987) The value of travel time savings, *Policy Journals*.
- Obermeyer, A., B. Wieland und C. Evangelinos (2014) Die ökonomische Bewertung kleiner Reisezeiteinsparungen, *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, **234** (1) 44–69.
- Odgaard, T., C. E. Kelly und J. J. Laird (2005) Heatco deliverable 1: Current practice in project appraisal in Europe – analysis of country reports, *Forschungsbericht*, Sixth Framework Programme, Institut für Energiewissenschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart.
- Paulußen, U. (1992) Möglichkeiten und Grenzen der monetären Bewertung von projektbedingten Reisezeiterparnissen im nicht-gewerblichen Personenverkehr und deren Berücksichtigung bei der Planung von Verkehrswegen, Dissertation, Universität zu Köln, Köln.
- Peeta, S. und H. S. Mahmassani (1995) System optimal and user equilibrium time-dependent traffic assignment in congested networks, *Annals of Operations Research*, **60**, 81–113.

- Peeta, S. und A. K. Ziliaskopoulos (2001) Foundations of dynamic traffic assignment: The past, the present and the future, *Networks and Spatial Economics*, **1**, 233–265.
- Ramjerdi, F., S. Flügel, H. Samstad und M. Killi (2010) Summary: Value of time, safety and environment in passenger transport time, *Technischer Bericht*, **1053B/2010**, Institute for Transport Economics, Norwegian Centre for Transport Research, Oslo.
- Ramjerdi, F., L. Rand, I. Saetermo und K. Saelensminde (1997) The Norwegian Value of Time Study part I, *Technischer Bericht*, **379/1997**, Institute for Transport Economics, Norwegian Centre for Transport Research, Oslo.
- Rothengatter, W. (2000) Evaluation of infrastructure investments in Germany, *Transport Policy*, **7**, 17–25.
- Small, K. A. (2012) Valuation of travel time, *Economics of Transportation*, **1** (1) 2–14.
- Transport Canada (1994) Guide to Benefit-Cost Analysis in Transport Canada, *Technischer Bericht*, Economic Evaluation Branch, Transport Canada, Ottawa.
- U.S. Department of Transportation (1997) The value of saving travel time: Departmental guidance for conducting economic evaluations, <http://ostpxweb.dot.gov/policy/Data/VOT97guid.pdf>.
- Viti, F. und C. M. J. Tampère (2010) Dynamic traffic assignment: Recent advances and new theories towards real time applications and realistic travel behaviour, in C. M. J. Tampère, F. Viti und L. Benner (Hg.) *New Developments in Transport Planning: Advances in Dynamic Traffic Assignment*, 1–25, Edward Elgar, Cheltenham.
- Wardman, M. (1998) The value of travel time: a review of British evidence, *Journal of Transport Economics and Policy*, 285–316.
- Welch, M. und H. Williams (1997) The sensitivity of transport investment benefits to the evaluation of small travel time savings, *Journal of Transport Economics and Policy*, **31**, 231–254.
- Willeke, R., F. Ollick und K. D. Zebisch (1979) *Nutzen-Kosten-Analysen für Investitionen im öffentlichen Personennahverkehr: Methoden und Ergebnisse der Standardisierten Bewertung*, Verkehrs-Verlag J. Fischer, Düsseldorf.
- Willeke, R. und U. Paulußen (1991) Berücksichtigung projektbedingter Ersparnisse an Reisezeit im nicht-gewerblichen Personenverkehr bei der Planung von Verkehrswegen des Bundes, *Arbeitsbericht*, Universität zu Köln, Institut für Verkehrswissenschaft, Köln.