

Hinweis auf die Dissertation an der Bauhaus-Universität Weimar

Berücksichtigung externer Kosten bei der Ermittlung von Straßenbenutzungsgebühren auf deutschen Autobahnen

Dissertation  
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

an der Fakultät Bauingenieurwesen  
der Bauhaus-Universität Weimar

vorgelegt von

Alexander Dahl  
aus Billerbeck

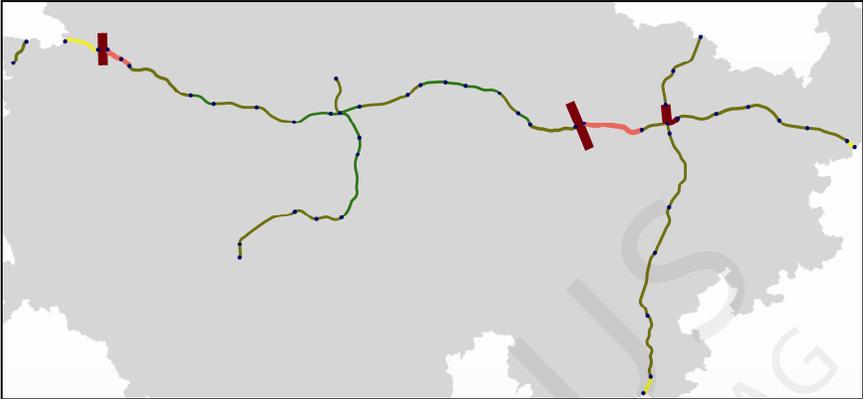
Weimar, April 2010

Gutachter:      1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Brannolte  
                     2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Udo Becker  
                     3. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans Wilhelm Alfen

Tag der Disputation: 03. Dezember 2010

BAUHAUS  
UNIVERSITÄTSVERLAG

Berücksichtigung externer Kosten bei der Ermittlung von Straßenbenutzungsgebühren auf deutschen Autobahnen



Copyright VPT Weimar

Alle Rechte, auch des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in den Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Bauhaus-Universität Weimar, Professur Verkehrsplanung und Verkehrstechnik,  
Marienstr. 13 D, 99421 Weimar

Satz und Gestaltung: Alexander Dahl

Umschlaggestaltung: Asmus Schriewer

Druck: docupoint GmbH

ISBN: 978-3-86068-434-4

Verlag der Bauhaus-Universität Weimar 2011

Bestellung über: [verlag@uni-weimar.de](mailto:verlag@uni-weimar.de)

Diese Arbeit steht auch online unter  
<http://e-pub.uni-weimar.de/volltexte/2011/1534/> zur Verfügung.

Hinweis:

Im Rahmen der Arbeit entwickelte Kostensätze und Ergebnisse werden zu ganzen Zahlen bzw. auf die zweite Nachkommastelle gerundet, um die dargestellten Werte besser nachvollziehen zu können und die Potenzierung von Rundungsfehlern zu vermeiden. Mit dieser Vorgehensweise soll keineswegs der Anspruch erhoben werden, dass die Werte eine ihrer Darstellung entsprechende Genauigkeit aufweisen.

## **Kurzfassung**

Seit 1969 werden für die Bundesrepublik kontinuierlich Berechnungen zu den Gesamtkosten des Straßenverkehrs der Bundesfernstraßen und deren Verteilung auf die Verkehrsteilnehmer durchgeführt. Die Ergebnisse der Wegekostenrechnungen der Jahre 2002 und 2007 sind die Grundlage für die mittlerweile für das deutsche Autobahnnetz eingeführte fahrleistungsbezogene Benutzungsgebühr für Lkw mit einem zulässigen Gesamtgewicht von mindestens zwölf Tonnen. Damit wird die Forderung der EU-Richtlinie 1999/62/EG umgesetzt, nach der sich die durchschnittlichen Straßenbenutzungsgebühren an den Kosten für den Bau, den Betrieb und den Ausbau des betreffenden Verkehrswegenetzes orientieren sollen. Mit der EU-Richtlinie 2006/38/EG kündigt sich die weitere Entwicklung bei der Berechnung von Straßenbenutzungsgebühren an. Zukünftig sollen auch externe Kosten in die Berechnung einfließen. Ein erster Schritt zur Berücksichtigung dieser externen Kosten erfolgte mit Erstellung eines Handbuchs im Rahmen eines EU-Forschungsprojektes. Das Handbuch enthält aufgrund der unterschiedlichen Rahmenbedingungen in den Mitgliedsstaaten der EU keine exakten Berechnungsvorschriften, sondern stellt verschiedene methodische Ansätze bisher durchgeführter Studien zu externen Kosten vor, gibt Empfehlungen hinsichtlich der Methodenwahl und beinhaltet Schätzungen über die Höhe der externen Kosten. Die im europäischen Raum in den vergangenen Jahren durchgeführten Studien zur Ermittlung externer Kosten des Verkehrs zeichnen sich durch einander ähnelnde Vorgehensweisen aus, die aber vor allem hinsichtlich der Kostenrechnungsart und der verwendeten Kostensätze aus Sicht des Verfassers der vorliegenden Arbeit kritische Aspekte aufweisen.

In der vorliegenden Dissertationsschrift wird daher eine alternative Berechnungsmethodik zur Ermittlung abschnitts-, fahrzeugklassen- und fahrleistungsbezogener externer Kosten für Autobahnen entwickelt und an einem ausgewählten Beispielnetz zur Anwendung gebracht. Dabei wird in einigen wesentlichen Punkten von der in aktuellen Studien überwiegend gewählten Vorgehensweise abgewichen, um eine andere Sichtweise darzustellen. Damit trägt die vorliegende Arbeit substantziell zur Erweiterung des Erkenntnisstands zu Berechnungsmethoden externer Kosten des Straßenverkehrs bei. Die hier entwickelte Berechnungsmethodik ist außerdem als Grundlage für ein in der Praxis anwendbares Verfahren zu verstehen und zeichnet sich auch daher durch eine einfach zu handhabende Übertragbarkeit auf das gesamte Autobahnnetz Deutschlands aus. Die Abschnitte entsprechen den Teilstrecken zwischen zwei Autobahnanschlussstellen. Es wird zwischen den beiden Fahrzeugklassen "Lkw ab 12 t zulässigem Gesamtgewicht" und "Sonstigen Fahrzeugen" unterschieden. Obwohl momentan nur eine Benutzungsgebühr für Lkw ab 12 t zulässigem Ge-

samtgewicht erhoben wird, ist es mit der entwickelten Methodik möglich, fahrleistungsbezogene externe Kosten für alle Kfz angeben zu können. Die Einbeziehung externer Nutzen wird in diesem Zusammenhang andiskutiert; der Schwerpunkt liegt allerdings auf den externen Kosten.

Im Rahmen der Arbeit werden zunächst Definitionen wesentlicher Terminologien dargestellt, soweit diese für das Verständnis der sich anschließenden Diskussion und Festlegung der Grundlagen der entwickelten Berechnungsmethodik notwendig erscheinen. Diese Diskussion und Festlegung umfasst die Bereiche Kostenrechnungsart, Bewertungsverfahren zur Ermittlung des Wertegerüsts, Diskontrate, zu betrachtende Kostenbereiche, Mengengerüst und Allokationsrechnung. Darauf folgend werden die betrachteten Kostenbereiche anhand vorliegender Studien und eigener Überlegungen detailliert dargestellt und das Wertegerüst bestimmt. Außerdem wird die Allokationsrechnung und das für die Berechnung heranzuziehende Mengengerüst für jeden Bereich separat vorgestellt. Anschließend wird die entwickelte Berechnungsmethodik auf ein Beispielnetz (Autobahnnetz Thüringen) angewendet. Neben der Vorstellung des Untersuchungsgebiets, der Berechnung der externen Kosten und der disaggregierten Ergebnisdarstellung wird die Einteilung des Beispielnetzes in unterschiedliche Preiskategorien auf der Grundlage der abschnittsbezogenen vorliegenden Ergebnisse diskutiert, auf deren Basis die externen Kosten über Straßenbenutzungsgebühren internalisiert werden könnten. Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse werden einzelne Annahmen der Berechnungsmethodik bzw. Kostensätze des Wertegerüsts variiert. Die Auswirkungen dieser Variationen werden wiederum am Beispielnetz, für das erneute Kostenberechnungen vorgenommen werden, dargelegt. Abschließend werden offen gebliebene Fragestellungen und Empfehlungen für weitere Untersuchungen benannt.

## **Inhaltsverzeichnis**

1	Einleitung.....	11
1.1	Ausgangslage.....	11
1.2	Zielstellung und Abgrenzung.....	13
1.3	Vorgehensweise.....	14
2	Definitionen und Grundlagen.....	15
2.1	Wegekostenrechnung.....	15
2.2	Externe Effekte, Kosten und Nutzen.....	16
3	Methodische Grundlagen.....	22
3.1	Kostenrechnungsarten.....	22
3.1.1	Grenzkostenrechnung.....	22
3.1.2	Durchschnittskostenrechnung bzw. Vollkostenrechnung.....	24
3.1.3	Kostenrechnung in der vorliegenden Arbeit.....	26
3.2	Bewertungsverfahren zur Ermittlung des Wertegerüsts.....	27
3.2.1	Zahlungsbereitschaftsverfahren.....	28
3.2.2	Schadenskostenansatz.....	30
3.2.3	Vermeidungskostenansatz.....	30
3.2.4	Marktdatendivergenzanalyse.....	32
3.2.5	Bewertungsverfahren in der vorliegenden Arbeit.....	34
3.3	Diskontrate.....	37
3.4	Preisstand.....	38
3.5	Betrachtete Kostenbereiche.....	38
3.5.1	Staukosten.....	40
3.5.2	Unfallkosten.....	42
3.5.3	Lärmkosten.....	42
3.5.4	Kosten durch Beiträge zum Klimawandel.....	43
3.5.5	Kosten durch Luftverschmutzung.....	43
3.5.6	Kosten für Natur und Landschaft.....	43
3.5.7	Kosten durch Wasser- und Bodenverschmutzung.....	43
3.5.8	Kosten durch vor- und nachgelagerte Prozesse.....	43
3.5.9	Kosten durch Nutzung sensibler Gebiete.....	44
3.5.10	Zusätzliche Kosten in innerstädtischen Gebieten.....	44

3.5.11	Weitere Kostenbereiche .....	45
3.6	Mengengerüst und Allokationsrechnung .....	45
3.7	Zusammenfassung .....	46
4	Entwicklung der Berechnungsmethodik.....	48
4.1	Unfallkosten.....	48
4.1.1	Einführung .....	48
4.1.2	Betrachtete Wirkungen .....	49
4.1.3	Bewertungsverfahren/Wertegerüst .....	49
4.1.4	Mengengerüst und Allokationsrechnung.....	67
4.2	Lärmkosten.....	68
4.2.1	Einführung .....	68
4.2.2	Betrachtete Wirkungen .....	69
4.2.3	Bewertungsverfahren/Wertegerüst .....	69
4.2.4	Mengengerüst und Allokationsrechnung.....	83
4.3	Kosten durch Beiträge zum Klimawandel .....	85
4.3.1	Einführung .....	85
4.3.2	Betrachtete Wirkungen .....	87
4.3.3	Bewertungsverfahren/Wertegerüst .....	88
4.3.4	Mengengerüst und Allokationsrechnung.....	94
4.4	Kosten durch Luftverschmutzung .....	96
4.4.1	Einführung .....	96
4.4.2	Betrachtete Wirkungen .....	97
4.4.3	Bewertungsverfahren/Wertegerüst für Wirkungen auf Menschen .....	102
4.4.4	Bewertungsverfahren/Wertegerüst für Wirkungen auf die Vegetation .....	114
4.4.5	Bewertungsverfahren/Wertegerüst für Wirkungen auf Gebäude.....	116
4.4.6	Mengengerüst und Allokationsrechnung.....	118
4.5	Kosten für Natur und Landschaft.....	120
4.5.1	Einführung .....	120
4.5.2	Betrachtete Wirkungen .....	120
4.5.3	Bewertungsverfahren/Wertegerüst .....	121

4.5.4	Mengengerüst und Allokationsrechnung.....	123
4.6	Kosten durch Wasser- und Bodenverschmutzung .....	124
4.6.1	Einführung .....	124
4.6.2	Betrachtete Wirkungen .....	124
4.6.3	Bewertungsverfahren/Wertegerüst .....	125
4.6.4	Mengengerüst und Allokationsrechnung.....	127
4.7	Kosten durch vor- und nachgelagerte Prozesse.....	128
4.7.1	Einführung .....	128
4.7.2	Betrachtete Wirkungen .....	128
4.7.3	Bewertungsverfahren/Wertegerüst .....	130
4.7.4	Mengengerüst und Allokationsrechnung.....	133
4.8	Zusammenfassung der Berechnungsmethodik .....	136
5	Anwendung der Berechnungsmethodik am Beispiel des Freistaats Thüringen .....	140
5.1	Einleitung.....	140
5.2	Berechnung der Unfallkosten .....	142
5.3	Berechnung der Lärmkosten .....	142
5.4	Berechnung der Kosten durch Beiträge zum Klimawandel.....	143
5.5	Berechnung der Kosten durch Luftverschmutzung.....	144
5.6	Berechnung der Kosten für Natur und Landschaft.....	145
5.7	Berechnung der Kosten durch Wasser- und Bodenverschmutzung ...	146
5.8	Berechnung der Kosten durch vor- und nachgelagerte Prozesse .....	147
5.9	Gesamtergebnis .....	149
5.10	Analyse der Ergebnisse.....	153
6	Diskussion eines Preissystems .....	159
7	Sensitivitätsanalyse .....	164
7.1	Einleitung.....	164
7.2	Unfallkosten.....	165
7.2.1	Variation 1 .....	165
7.2.2	Variation 2 .....	166
7.3	Lärmkosten.....	168
7.4	Kosten durch Beiträge zum Klimawandel .....	168
7.5	Kosten durch Luftverschmutzung .....	170

7.6	Kombinationen der kostenbereichsspezifischen Sensitivitätsanalysen .....	171
7.7	Diskontrate .....	172
7.7.1	Variation 1 .....	173
7.7.2	Variation 2 .....	175
7.8	Zusammenfassung und Interpretation der Sensitivitätsanalysen.....	177
8	Ausblick.....	181
8.1	Unfallkosten.....	181
8.2	Lärmkosten.....	181
8.3	Kosten durch Beiträge zum Klimawandel.....	182
8.4	Kosten durch Luftverschmutzung .....	182
8.5	Kosten für Natur und Landschaft.....	183
8.6	Kosten durch Wasser- und Bodenverschmutzung .....	183
8.7	Kosten durch vor- und nachgelagerte Prozesse.....	184
9	Zusammenfassung.....	185
10	Quellenverzeichnis .....	188
11	Abbildungsverzeichnis.....	206
12	Tabellenverzeichnis.....	209
13	Verzeichnis der Abkürzungen.....	214
14	Glossar .....	217
Anhang A – Anhang H		