



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

DIPLOMARBEIT

Mobility Pricing als potenzieller Problemlösungsansatz im Straßenverkehr: Eine
Analyse anhand von ausgewählten internationalen Beispielen

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von**

Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Georg Hauger

E280/5 Fachbereich für Verkehrssystemplanung (IVS)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Raumplanung und Architektur

von

Julian Pöll

0957564



DIPLOMARBEIT

Mobility Pricing als potenzieller Problemlösungsansatz im Straßenverkehr: Eine
Analyse anhand von ausgewählten internationalen Beispielen

Abstract (Deutsch)

Das in langfristiger Hinsicht ansteigende Verkehrsaufkommen führt neben enormen Kosten für Ausbau und Instandhaltung der bestehenden Verkehrsinfrastruktur auch zu starken negativen externen Effekten, die aufgrund von mangelnder bestehender Kostenwahrheit größtenteils von der Allgemeinheit getragen werden müssen. Hinzu kommen ein unzureichendes Verkehrsmanagement durch die aktuell gängigen Abgabensysteme und eine langfristige Gefährdung der generierten Einnahmen durch das Aufkommen von Fahrzeugen mit alternativen Antriebstechnologien. Mobility Pricing setzt an diesen Problemstellungen an und verfolgt dabei insbesondere die verstärkte Etablierung des Verursacherprinzips, die Steuerung der Verkehrsnachfrage und die Schaffung eines nachhaltigen Verkehrssystems. Um das Problemlösungspotenzial von Mobility Pricing analysieren zu können, wird im Rahmen dieser Arbeit erstmalig eine Auswahl von zehn fahrleistungsabhängigen, satellitengestützten Abgabensystemen im Straßenverkehr mit Hilfe einer Sekundärdatenanalyse sowie mit qualitativen Vergleichen und eigenständigen Schlussfolgerungen auf ihre Funktionsweise und auf ihre verkehrsspezifischen, volkswirtschaftlichen, sozialen und umweltspezifischen Auswirkungen hin untersucht. Dabei konnte mit Hilfe der Analyse aufgezeigt werden, dass fahrleistungsabhängige Abgabensysteme potenziell wirkungsvoll sind was das Verkehrsmanagement betrifft und beispielsweise eine Reduktion der durchschnittlichen Fahrleistung mit sich bringen können, deren Umsetzung jedoch gleichzeitig auch mit einer hohen Komplexität und hohen Investitionskosten verbunden ist.

Abstract (English)

The long term increasing traffic volume leads to enormous costs for extension and maintenance of the existing transport infrastructure and at the same time leads to high negative externalities, which have to be paid for mostly by society, as they are not internalized. Additionally the established levies make for insufficient traffic management and the generated revenues are at risk in the long term, due to the emergence of alternative fuel vehicles. Mobility Pricing offers a potential solution for these problems with the aim of strengthening the polluter-pays principle, the regulation of traffic demand and the establishment of a sustainable transport system. To determine the problem-solving potential of Mobility Pricing this thesis analyzes ten specifically chosen dynamic and satellite-based road user charging systems in road transport for the first time. The analysis is based on literature research, qualitative comparisons and deductions with a particular focus on the impacts on traffic demand but also in aspect to the economical, social and environmental impacts. The analysis was able to show the potential effectiveness of dynamic road user charging systems in regard to traffic management which for example is reflected in a reduction in average kilometers traveled. At the same time, the analysis showed that the implementation goes hand in hand with a high degree of complexity and high investment costs.

Inhaltsverzeichnis

Glossar	4
1. Einleitung und Problemstellungen	6
1.1 Ökonomische Grundlagen	12
1.2 Politische Zielsetzungen und politischer Hintergrund	13
2. Mobility Pricing als potenzieller Problemlösungsansatz.....	16
3. Ansätze zur Etablierung von Mobility Pricing	17
4. Aufbau der Arbeit.....	21
4.1 Abgrenzung des Untersuchungsrahmens.....	21
4.2 Ziele der Arbeit	22
4.3 Gewählte Methodik und Vorgangsweise	22
4.4 Definition der Forschungsfragen	23
5. Analyse ausgewählter dynamischer Abgabensysteme im Straßenverkehr	24
5.1 Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe Schweiz.....	26
5.1.1. Funktionsweise und Gestaltung der Abgabe.....	26
5.1.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen	28
5.1.3. Volkswirtschaftliche Auswirkungen.....	30
5.2. Pilotprojekt Oregon	32
5.2.1. Pilotversuch 1 – Versuchsaufbau und Funktionsweise	32
5.2.2. Pilotversuch 1 – Verkehrsspezifische Auswirkungen	35
5.2.3. Pilotversuch 2	37
5.3. Pilotversuch Löwen.....	38
5.3.1. Versuchsaufbau und Funktionsweise	38
5.3.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen	42
5.4. Pilotversuch Brüssel.....	44
5.4.1. Versuchsaufbau und Funktionsweise	44
5.4.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen	46
5.5. Minnesota Road Fee Test	48
5.5.1. Versuchsaufbau und Funktionsweise	48
5.5.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen	50
5.5.3. Volkswirtschaftliche und soziale Auswirkungen	52

5.6.	Puget Sound Traffic Choices Study	54
5.6.1.	Versuchsaufbau und Funktionsweise	54
5.6.2.	Verkehrsspezifische Auswirkungen	57
5.6.3.	Modellierung und Hochrechnung der erzielten Ergebnisse.....	60
5.7.	AKTA Road Pricing Kopenhagen	63
5.7.1.	Versuchsaufbau und Funktionsweise	63
5.7.2.	Verkehrsspezifische Auswirkungen	65
5.7.3.	Volkswirtschaftliche und umweltspezifische Auswirkungen	67
5.8.	Forschungspaket Mobility Pricing Schweiz.....	69
5.8.1.	Untersuchte Szenarien	69
5.8.2.	Verkehrsspezifische Auswirkungen	71
5.8.3.	Volkswirtschaftliche, soziale und umweltspezifische Auswirkungen.....	73
5.9.	Forschungsprojekt Österreich	77
5.9.1.	Untersuchte Szenarien	77
5.9.2.	Verkehrsspezifische Auswirkungen	78
5.9.3.	Volkswirtschaftliche und soziale Auswirkungen	81
5.10.	Road Pricing Niederlande	85
5.10.1.	Untersuchte Szenarien	85
5.10.2.	Verkehrsspezifische Auswirkungen	87
5.10.3.	Volkswirtschaftliche und umweltspezifische Auswirkungen	90
5.11.	Weitere relevante Praxisbeispiele.....	92
6.	Schlussfolgerungen	93
6.1.	Beantwortung der Forschungsfragen.....	93
6.2.	Empfehlungen für die Umsetzung eines flächendeckenden, fahrleistungs- abhängigen Abgabensystems	100
6.3.	Ausblick und Grenzen der Aussagekraft.....	102
	Abbildungsverzeichnis.....	104
	Literaturverzeichnis.....	108

Glossar

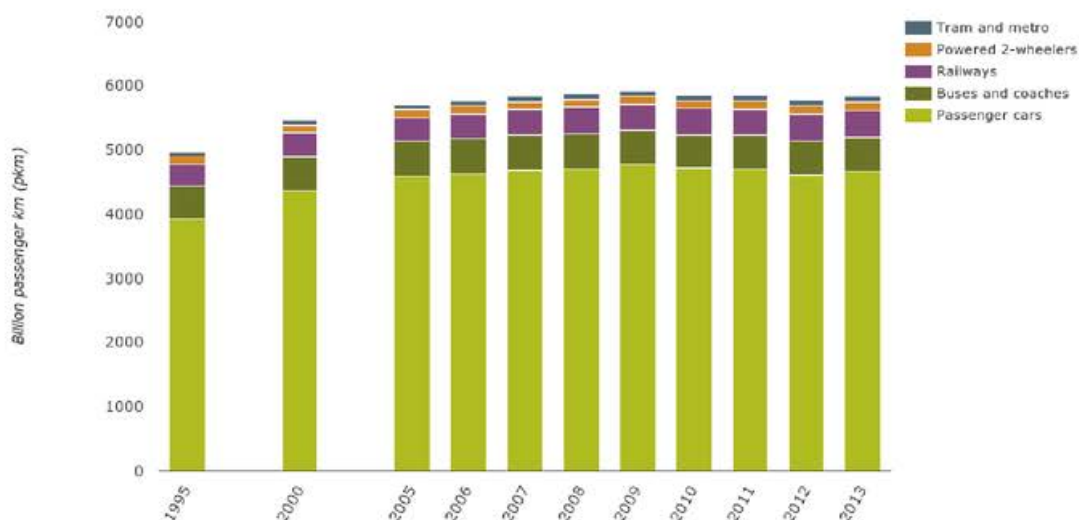
<u>Mobility Pricing</u>	Unter Mobility Pricing wird im Rahmen dieser Arbeit die Anwendung von marktwirtschaftlichen Preismechanismen im Verkehrssektor verstanden. Dabei soll mit Hilfe einer dynamischen Preisgestaltung und der Internalisierung der externen Kosten das Verursacherprinzip weitgehend umgesetzt werden sowie eine Steuerung der Verkehrsnachfrage erfolgen. (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 9-12)
<u>Road Pricing</u>	Unter Road Pricing (auch Road User Charging, kurz RUC) versteht man die Einhebung von Straßenbenutzungsgebühren als verkehrspolitisches Instrument. Die Zielsetzungen können sich dabei beispielsweise auf die Finanzierung der Infrastruktur, die Verringerung der Fahrleistung, die Vermeidung von Verkehrsstaus sowie auf die Reduktion der negativen Auswirkungen des Straßenverkehrs beziehen. (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 7 ff.)
<u>TDP Road Pricing</u>	Unter TDP (Time, Distance, Place) Road Pricing versteht man eine Sonderform von Road Pricing, bei welcher die Faktoren der Tageszeit, der zurückgelegten Wegstrecke sowie der Routenwahl in die Berechnung der Gebührenhöhe mit einbezogen werden (vgl. Grush & Roth, 2009, S. 1).
<u>Verursacherprinzip/ Kostenwahrheit</u>	Unter dem Verursacherprinzip (engl. „Polluter-Pays-Principle“) versteht man, dass die volkswirtschaftlichen (sozialen) Kosten einer Aktivität mit Hilfe einer Kosteninternalisierung den eigentlichen Verursachern angelastet werden, um somit einen Zustand der Verursachungsgerechtigkeit (Kostenwahrheit) herzustellen. Durch die Etablierung des Verursacherprinzips kann in weiterer Folge auch die Konsum- und Produktionsentscheidung der Verursacher beeinflusst werden. (vgl. Springer Gabler Verlag (Hrsg.), o.J., online; vgl. Novak, 2006, S. 18)
<u>OBU</u>	On-Board-Units (kurz OBUs) sind elektronische Einbaugeräte in Kraftfahrzeugen, die unter Einsatz von unterschiedlichen Technologien in erster Linie zur Erfassung der Fahrleistung sowie zur Berechnung der Gebühren innerhalb von Mautsystemen eingesetzt werden (vgl. ITWissen, o.J., online).

<u>DSRC</u>	Dedicated Short-range Radio Communication (kurz DSRC) ist eine Technologie, die bei Mautsystemen zur Datenübertragung zwischen Fahrzeugen (die dazu einen Transponder benötigen) und straßenseitigen Funkbaken eingesetzt wird und der Identifikation von Fahrzeugen sowie der Gebühreneinhebung dient (vgl. Blythe, 2005, S. 6 f.).
<u>GNSS</u>	Global Navigation Satellite System (kurz GNSS) ist der Sammelbegriff für sämtliche satellitengestützte Positionierungssysteme. Weltweit gesehen befinden sich aktuell mehrere solcher Positionierungssysteme im Aufbau oder bereits im Einsatz, so beispielsweise GPS (USA), GLONASS (Russland) oder Galileo (Europäische Union). (vgl. Zogg, 2014, S. 9; vgl. Intelligent Transportation Systems Institute (Hrsg.), 2009, S. 2)
<u>Map-Matching</u>	Unter Map-Matching versteht man computerbasierte Algorithmen zur Verknüpfung der GNSS-Rohdaten (der Fahrzeugpositionen) mit einer digitalen, GIS-basierten Straßenkarte, um feststellen zu können, auf welchem Straßenstück (bzw. auf welcher Straßenart) das Fahrzeug aktuell unterwegs ist (vgl. Velaga & Pangbourne, 2014, S. 249 f.; vgl. Aigong & Lina, o.J., S. 4 f.).
<u>Fahrleistung/ Verkehrsleistung</u>	Die Fahrleistung ist eine Maßzahl zur Definition der zurückgelegten Wegstrecke von Fahrzeugen, unabhängig von deren Auslastungsgrad. Sie wird in der Regel in Fahrzeugkilometern (Fzkm) pro Zeitintervall angegeben. Im Gegensatz dazu bezieht die Verkehrsleistung (auch Transportleistung genannt) die Menge der beförderten Verkehrsobjekte mit ein. Sie wird in der Regel in Personenkilometern (Pkm) oder Tonnenkilometern (Tkm) angegeben. (vgl. Ammoser & Hoppe, 2006, S. 2-29; vgl. Bundesamt für Statistik, o.J., online)

1. Einleitung und Problemstellungen

Weltweit haben nahezu alle Länder mit den Nebenwirkungen der in den letzten Jahrzehnten stark angestiegenen Verkehrsnachfrage zu kämpfen (vgl. VDA (Hrsg.), 2012, S. 4 f.). Auch in der EU-28 ist, wie die nachfolgende Abbildung 1 verdeutlicht, die Verkehrsleistung im Straßenpersonenverkehr bis zum Jahr 2005 hin stark angestiegen. Innerhalb der letzten Jahre (seit 2009) hat sich die Entwicklung der Verkehrsleistung nun weitgehend stabilisiert. Der Anteil der PKWs am Modal Split ist dabei zwischen 1995 und 2013 von 73,3 % auf 72,3 % leicht zurückgegangen. Zwischen den Jahren 2000 und 2013 haben die Personenkilometer bei den PKWs allerdings trotzdem um 7 % zugenommen, was absolut gesehen den größten Anstieg der Verkehrsleistung aller Verkehrsträger bedeutet. (vgl. European Environment Agency, 2015a, S. 6-10)

Abbildung 1: Entwicklung des Modal Splits und des Personenverkehrs der EU-28 in Mrd. Personenkilometern¹



Quelle: European Environment Agency, 2015b, online.

Bei der Verkehrsentwicklung des öffentlichen Verkehrs zeigen sich innerhalb der EU-28 größtenteils deutliche Anstiege seit dem Jahr 2000. Während im Jahr 2013 im Busverkehr ein Rückgang in der Höhe von 4 % im Vergleich zum Jahr 2000 zu verzeichnen war, erhöhten sich die Verkehrsleistungen im selben Zeitraum im Bahnverkehr um 14 % und im Straßenbahn und U-Bahn-Verkehr um 22 %. Nachdem die Verkehrsleistung im Bahnverkehr mit der Wirtschaftskrise 2008 in vielen EU-Ländern teils deutlich zurückging, setzte in einigen Ländern der EU-15 seit 2008 wiederum ein starkes Wachstum ein. (vgl. European Environment Agency, 2015a, S. 8 f.) Problemstellungen ergeben sich im öffentlichen Verkehr

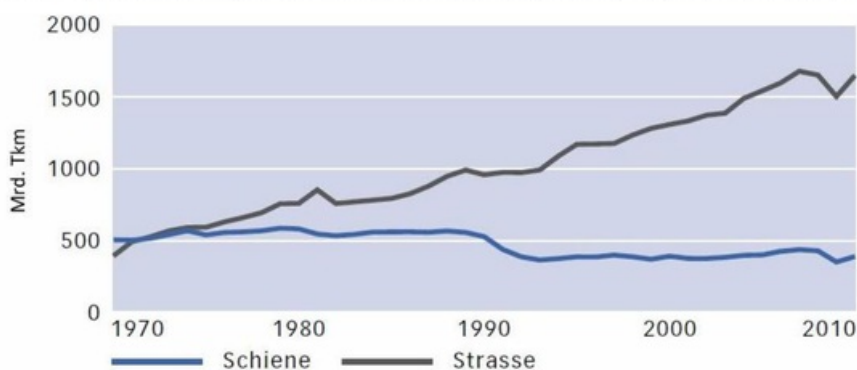
¹ Darstellung exklusive Luft- und Schiffsverkehr

neben der steigenden Verkehrsleistung insbesondere durch starke Schwankungen in der Verkehrsnachfrage sowie durch eine ungleichmäßige Kapazitätsauslastung (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 37 f.).

Insgesamt wird in den kommenden Jahrzehnten mit einem großen Anstieg der Verkehrsleistung im Personenverkehr gerechnet (vgl. Europäische Kommission, 2011a, S. 1). So wird in der EU bis zum Jahr 2030 von einer Steigerung der Verkehrsleistung im Personenverkehr in der Höhe von 23 % im Vergleich zu 2010 ausgegangen (vgl. Europäische Kommission, 2015, S. 1).

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch im Güterverkehr. So hat sich beispielsweise die Transportleistung im Güterverkehr in der EU-27² zwischen den Jahren 1970 und 2010 mehr als verdoppelt. Zu einem Anstieg kam es hierbei insbesondere im Straßengüterverkehr wie die nachfolgende Abbildung 2 verdeutlicht. Der Anteil des Straßengüterverkehrs am gesamten Güterverkehr hat sich hierbei zwischen 1970 und 2010 von 36 % auf 72 % verdoppelt. Im Gegensatz dazu kam es im Schienengüterverkehr im gleichen Zeitraum mit einem Minus in der Transportleistung von 24 % zu einem deutlichen Rückgang, welcher sich in den vergangenen zwanzig Jahren allerdings wieder weitgehend stabilisiert hat. Der Anteil des Schienengüterverkehrs am gesamten Güterverkehrsaufkommen reduzierte sich dabei zwischen 1970 und 2010 von 46,4 % auf lediglich 17,1 %. Dieser Rückgang ist auf eine starke Verlagerung des Güterverkehrs von der Schiene auf die Straße zurückzuführen. (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 4 f.)

Abbildung 2: Entwicklung des Güterverkehrs der EU-27 (exkl. Zypern) in Mrd. Tonnenkilometern



Quelle: Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 5; geänderte Darstellung, 2016.

Nach der Wirtschaftskrise 2008 kam es zu einem deutlichen Einbruch in der Güterverkehrsleistung, die seitdem (Stand 2013) ihr vorheriges Niveau nicht wieder ganz

² exklusive Zypern

erreicht hat. Nach einem leichten Anstieg von 2009 auf 2010 ist die Güterverkehrsleistung in den letzten Jahren weitgehend stabil geblieben. (vgl. European Environment Agency, 2016, S. 6 f.) Prognosen zufolge wird das gesamte Güterverkehrsaufkommen der EU in mittel- bis langfristiger Hinsicht jedoch wieder stark ansteigen (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 4).

Während der Verkehr durch technische Errungenschaften vor allem in den letzten beiden Jahrzehnten immer energieeffizienter geworden ist, werden viele positive Auswirkungen durch das gestiegene Verkehrsaufkommen wieder zunichte gemacht (vgl. Europäische Kommission, 2011b, S. 4). Auf die steigende Verkehrsbelastung wird seitens der einzelnen Staaten oftmals mit einem Ausbau der Straßenkapazitäten sowie mit massiven Subventionen im öffentlichen Verkehr reagiert. Dabei stößt der permanente Kapazitätsausbau jedoch sowohl in finanzieller, als auch in technischer und ökologischer Hinsicht zunehmend an seine Grenzen (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 5). Hinzu kommt, dass der Ausbau der Straßenkapazitäten langfristig gesehen zu noch mehr Verkehrsaufkommen führt, da es durch die Kapazitätserweiterungen zu einer zusätzlichen Steigerung der Attraktivität der Verkehrsträger kommt (vgl. Knoflacher, 2007, S. 214-219; vgl. Buba et al., 2010, S. 194). Der fortwährende Ausbau des Straßennetzes und die massive Subventionierung des öffentlichen Verkehrs sind außerdem Treiber der Zersiedelung. Stärkere Zersiedelung führt wiederum zu längeren Pendlerdistanzen und zu einer allgemein ansteigenden Mobilitätsnachfrage. (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 16)

Der fortwährende Kapazitätsausbau führt gleichzeitig auch zu ansteigenden Investitions- und Instandhaltungskosten in Bezug auf die verkehrstechnische Infrastruktur. So ist das Investitionsvolumen innerhalb der OECD im Zeitraum von 1995 bis 2002 um 16 % angestiegen, woraufhin es dann bis zum Beginn der Wirtschaftskrise relativ stabil blieb. In Westeuropa stieg das Investitionsvolumen zwischen 1995 bis 2006 sogar um 31 % an. Mit Beginn der anhaltenden Wirtschaftskrise kam es allerdings weltweit zu deutlichen Rückgängen im Investitionsvolumen. So kam es in der CEEC zwischen den Jahren 2009 und 2013 nach einem starken Anstieg zwischen 2002 und 2009 wiederum fast zu einer Halbierung des Investitionsvolumens von 2 % auf 1 % des BIP der CEEC. In Westeuropa lag das Investitionsvolumen im Jahr 2013 nur mehr 8 % über dem Wert von 1995. In der gesamten OECD ist der Anteil des Investitionsvolumens am BIP im Jahr 2013 auf unter 0,8 % abgesunken, was den niedrigsten Wert seit 1995 darstellt. (vgl. International Transport Forum, 2015, S. 1 f.) Diese Entwicklungen deuten in Anbetracht der Nachwirkungen der Finanzkrise sowie der aktuell schwachen Wirtschaftsentwicklung darauf hin, dass die steuerbasierte Infrastrukturfinanzierung durch die öffentliche Hand innerhalb der EU zunehmend an ihre Grenzen gerät, zumal die Investitionskosten in den kommenden

Jahrzehnten enorm sein werden. (vgl. Rapp, 2008, S. 2; vgl. Czako, 2014, S. 6; vgl. Europäische Kommission, 2014, S. 4 ff.)

85 allgemein steigende Verkehrsaufkommen resultiert außerdem in einer Verstärkung der negativen externen Effekte, die durch den Verkehr verursacht werden und der Gesellschaft hohe Kosten verursachen (vgl. Tiedtke, 2013, S. 4 f.; vgl. Europäische Kommission, 2015, S. 4). Besonders relevant sind hierbei negative externe Effekte in Bezug auf staubedingte Zeitverluste bzw. Staukosten, Unfallkosten, Lärmkosten, Klimakosten sowie Kosten, die aus der verursachten Luftverschmutzung resultieren (vgl. CE Delft (Hrsg.), 2011, S. 20 f.). So beliefen sich beispielsweise die externen Staukosten des Straßenverkehrs innerhalb der EU-27³ im Jahr 2008 auf rund 1-2 % des BIP der EU. Dies entspricht in etwa einer Summe von 146-243 Milliarden Euro pro Jahr, wovon ca. 66-67 % auf den PKW-Verkehr entfallen. (vgl. CE Delft (Hrsg.), 2011, S. 11 ff.)

Auch bei den externen Unfallkosten ist der PKW-Verkehr für den mit Abstand größten Anteil verantwortlich. So belaufen sich die externen Unfallkosten im gesamten Straßenverkehr der EU-27 auf ungefähr 225 Milliarden Euro pro Jahr (Stand 2008), wobei etwa 70 % dieser Summe auf den PKW-Verkehr entfallen. (vgl. CE Delft (Hrsg.), 2011, S. 13, Tab. 2) Im Jahr 2014 wurden innerhalb der EU-28 25.849 Menschen im Straßenverkehr getötet, was 5,1 Verkehrstoten pro 100.000 Einwohnern entspricht (vgl. European Transport Safety Council, 2015, S. 30, Tab. 3). Durchschnittlich bedeutet dies etwa 70 Verkehrstote pro Tag. Im Vergleich dazu wurden in den USA im Jahr 2014 10,25 Personen pro 100.000 Einwohner im Straßenverkehr getötet, also relativ gesehen mehr als doppelt so viele Personen als in der EU (vgl. NHTSA, 2013, online).

Insgesamt kann bei Einbeziehung der externen Kosten festgestellt werden, dass die Kostenwahrheit im Verkehrssektor innerhalb der EU nicht gegeben ist. Im Straßengüterverkehr fällt der Kostendeckungsgrad deutlich geringer aus als im Straßenpersonenverkehr (ausgenommen Busse), auf Autobahnen fällt er zudem deutlich höher aus als auf dem untergeordneten Straßennetz, was sich unter anderem auf die weite Verbreitung von Autobahnmautsystemen zurückführen lässt. (vgl. CE Delft (Hrsg.), 2008, S. 61-65) So betragen beispielsweise die Kostendeckungsgrade in Österreich im Jahr 2000 inklusive externer Kosten (allerdings ohne externe Staukosten) für das gesamte Straßennetz für PKWs rund 38 %, für LKWs rund 21 % und für Busse lediglich etwa 10 %. Während der gesamte Kostendeckungsgrad für Autobahnen und Schnellstraßen etwa 59 % betrug, waren

³ Exklusive Malta und Zypern aber inklusive Norwegen und Schweiz

die verursachten Kosten auf Landes- und Gemeindestraßen nur zu etwa 18 % gedeckt. (vgl. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.), 2007, S. 220, Tab. 183)

Insgesamt müssen sämtliche Verkehrsträger von der öffentlichen Hand bis zu einem gewissen Grad subventioniert werden, dies trifft neben dem motorisierten Individualverkehr und dem Straßengüterverkehr insbesondere auch auf den öffentlichen Verkehr zu (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 5). Die nicht vorhandene Kostenwahrheit führt in weiterer Folge zu einer ansteigenden Zersiedelung. Hinzu kommen eine nach wie vor mangelhafte Verkehrssicherheit und eine unzureichend vorhandene Gerechtigkeit in den Verkehrssystemen, wodurch beispielsweise aufgrund der weit verbreiteten pauschalen Abgabensysteme oftmals Vielfahrer durch Wenigfahrer mitfinanziert werden. (vgl. Operation Libero, o.J., online, S. 1) In Anbetracht der prognostizierten Verkehrsanstiege werden hier zukünftig zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden müssen.

Die Internalisierung der externen Kosten bietet hier das Potenzial zur Herstellung von Kostenwahrheit sowie zur nachhaltigeren Steuerung der Verkehrsnachfrage (vgl. Europäische Kommission, 2008, S. 2-7). Durch die meisten herkömmlichen Internalisierungsinstrumente werden jedoch kaum Anreize geschaffen um die verursachten externen Effekte zu reduzieren und die Lenkungswirkung in Bezug auf Verkehrs- und Staumanagement ist somit gering. So bringen beispielsweise Mineralölsteuern in der aktuellen Form keine örtlichen oder zeitlichen Lenkungswirkungen mit sich. Gleichzeitig basiert der Großteil der aktuell gängigen Abgabensysteme auf einem hohen Fixkostenanteil⁴ und verhältnismäßig geringen variablen Kosten, was zu einem hohen Mobilitätskonsum verleitet. So werden beispielsweise im öffentlichen Verkehr durch die weite Verbreitung und oftmals starke Subventionierung von Zeitfahrkarten (beispielsweise Jahreskarten) die Kosten einer zusätzlichen Fahrt auf Null reduziert. (vgl. Maerivoet & De Backer, 2009, S.4; vgl. Rapp, 2008, S. 3 f.; vgl. Vreeze, o.J., S. 48; vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 39)

Ein weiteres Problem ergibt sich dadurch, dass insbesondere Mineralölsteuern langfristig gesehen als Einnahmequelle gefährdet sind (vgl. Rapp, 2008, S. 3 f.). Die Einnahmen aus Mineralölsteuern sind zwar innerhalb der EU-28 zwischen den Jahren 2005 und 2012 mit einem Rückgang von 1,5 % auf 1,4 % des BIP anteilmäßig betrachtet lediglich leicht zurückgegangen, aufgrund von effizienteren Verbrennungsmotoren und dem zunehmenden Umstieg auf alternative Antriebstechnologien (wie beispielsweise auf Hybridantriebe und Elektrofahrzeuge) kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Einnahmen in

⁴ Als Beispiele seien hier motorbezogene Abgaben und Autobahnvignetten genannt.

langfristiger Hinsicht noch deutlich zurückgehen werden⁵ (vgl. Europäische Union, 2014, S. 30; vgl. Cebr, 2014, S. 28 f.). So will beispielsweise Norwegen laut dem kürzlich vorgestellten Verkehrsplan voraussichtlich ab dem Jahr 2025 den Verkauf von Benzin- und Dieselfahrzeugen gänzlich verbieten (vgl. Der Standard, 2016a, online). Auch in Österreich und den Niederlanden gibt es bereits Bestrebungen für Verkaufsverbote von diesel- und benzinbetriebenen Personenkraftwagen (vgl. Der Standard, 2016b, online; vgl. Focus Online, 2016, online). Alternative Finanzierungsformen werden somit zukünftig aller Voraussicht nach immer mehr an Bedeutung gewinnen.

⁵ Diesen Entwicklungen kann zwar beispielsweise über Mineralölsteuererhöhungen begegnet werden, was aber keine Lösung für Elektrofahrzeuge darstellt und außerdem zu unerwünschten Nebeneffekten wie einen verstärkten Tanktourismus führen kann (vgl. Vreeze, o.J., S. 48). Des Weiteren ist die Preiselastizität in Bezug auf Mineralölsteuererhöhungen geringer als beispielsweise bei Mautgebühren (vgl. Schweizerische Eidgenossenschaft, 2016, S. 69).

1.1 Ökonomische Grundlagen

Durch die Benutzung von Verkehrsmitteln entstehen den einzelnen Verkehrsteilnehmern Kosten (beispielsweise durch Treibstoffverbrauch, Versicherungen, Verschleißteile und Wartung). Da diese Kosten direkt von den jeweiligen Verkehrsteilnehmern übernommen werden, spricht man hier von privaten Kosten bzw. in Bezug auf eine zusätzliche Fahrt von privaten Grenzkosten. Gleichzeitig verursachen Verkehrsteilnehmer jedoch auch Kosten, die nicht direkt von ihnen übernommen werden (sogenannte externe Kosten). So verursachen Fahrzeuge, die in einem Straßennetz unterwegs sind, negative externe Effekte (beispielsweise in Form von Staukosten und Verkehrsbehinderungen) bei anderen Fahrzeugen, die zeitgleich im selben Straßennetz unterwegs sind. Gleichzeitig entstehen auch der Gesellschaft externe Kosten. Hervorzuheben sind hier insbesondere externe Unfallkosten, externe Staukosten sowie externe Umweltkosten, wenngleich die Höhe dieser gesellschaftlichen Kosten nur schwierig beziffert werden kann. Das Ausmaß der verursachten externen Kosten ist beispielsweise sowohl von der Örtlichkeit als auch vom Zeitpunkt der Verkehrsteilnahme sowie von der Art des Verkehrsträgers abhängig. Den einzelnen Verkehrsteilnehmern sind bei Fahrtantritt in der Regel nur ihre privat anfallenden (direkten) Kosten bewusst, nicht jedoch die anfallenden externen (indirekten) Kosten. Aus der Summe von privaten Kosten und externen Kosten ergeben sich die sozialen Kosten des Verkehrs. (vgl. Teubel, 2001, S. 37-43; vgl. Europäische Kommission, 2008, S. 3-8; vgl. Rodi (Hrsg.), 2007, S. 6; vgl. Kopp & Prud'homme, 2007, S. 5 f.)

Hebt man eine Abgabe in der Höhe der verursachten externen Kosten ein, sodass für jeden Verkehrsteilnehmer die privaten Kosten den verursachten sozialen Kosten angeglichen werden (Internalisierung der externen Kosten), kann das Prinzip der Verursachungsgerechtigkeit umgesetzt und somit auch die Konsum- und Produktionsentscheidung der Verkehrsverursacher beeinflusst werden (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 51; vgl. Novak, 2006, S. 18). Neben einer faireren Kostenverteilung führt dies in weiterer Folge zu einer effizienteren Nutzung der Verkehrsinfrastruktur und somit auch zu einer Reduktion der negativen externen Effekte (vgl. Maerivoet & De Backer, 2009, S.4). Allgemein lassen sich je nach Zielsetzung unterschiedliche Arten von Preisbildungsansätzen unterscheiden. Werden beispielsweise genau die externen Grenzkosten angelastet, spricht man auch von Marginal Social Cost Pricing. (vgl. Prud'homme, 2001, S. 7 f.)

1.2 Politische Zielsetzungen und politischer Hintergrund

In Anbetracht des Klimawandels, der Begrenztheit der Ressourcen sowie der bestehenden Herausforderungen, wird von der Europäischen Kommission die Schaffung eines nachhaltigen und effizienten Verkehrssystems angestrebt. Die Treibhausgasemissionen sollen in diesem Rahmen bis zum Jahr 2050 um 60 % im Vergleich zu 1990 reduziert werden, wobei den nichtfossilen Energieträgern eine immer wichtigere Rolle zukommen wird. Gleichzeitig werden die aus dem insgesamt zunehmenden Verkehrsaufkommen resultierenden Emissionen den Einsatz neuer Technologien in Bezug auf Fahrzeugtechnik und Verkehrsmanagement erforderlich machen. Überlastung und Verkehrsstaus stellen weitere wesentliche Herausforderungen im Verkehrssektor dar, auf die es angemessen zu reagieren gilt. (vgl. Europäische Kommission, 2011c, S. 3 f.)

Eine weitere wesentliche politische Bestrebung stellt die Reduktion der Anzahl der Verkehrstoten dar, welche innerhalb der EU bis zum Jahr 2050 auf nahezu Null gesenkt werden soll (vgl. Europäische Kommission, 2011c, S. 10). Bis zum Jahr 2020 soll hingegen eine Halbierung der Verkehrstotenzahl im Vergleich zu 2010 erreicht werden, wenngleich die Erreichung dieser Zielsetzung aktuell allerdings in Frage zu stellen ist, da die erzielte Reduktion zwischen den Jahren 2010 und 2014 mit durchschnittlich 4,9 % unter dem für die Zielerreichung eigentlich benötigten Minus von 6,7 % pro Jahr lag (vgl. European Transport Safety Council, 2015, S. 7).

Auch die Finanzierung der Infrastruktur stellt zukünftig eine große Herausforderung im Verkehrssektor dar. So werden die Kosten für den bedarfsgerechten Ausbau der Verkehrsinfrastruktur im Zeitraum von 2010 bis 2030 innerhalb der EU mit über 1.500 Milliarden Euro angegeben. Zur Finanzierung werden hierbei auch die Internalisierung externer Kosten sowie die Einhebung von Abgaben zur Infrastrukturnutzung in Betracht gezogen. (vgl. Europäische Kommission, 2011c, S. 14) Des Weiteren soll die Etablierung des Verursacherprinzips im Zuge dessen eine umfassende Kostentragung durch Nutzer und Verursacher gewährleisten und im Gegenzug beispielsweise zu einer verminderten Staubbildung und einer höheren Verkehrssicherheit beitragen. Gleichzeitig soll auch der private Sektor stärker in die Finanzierung zukünftiger Verkehrsinvestitionen sowie in die Erzielung von höheren Beträgen mit einbezogen werden. (vgl. Europäische Kommission, 2011c, S. 5-10) Zur Etablierung des Verursacherprinzips ist neben der Umgestaltung von verkehrsbezogenen Abgaben und Steuern auch die Einbeziehung von externen Effekten zu zählen. In langfristiger Hinsicht sollen den Verursachern neben den Instandhaltungskosten somit auch die Kosten für externe Effekte, wie sie beispielsweise durch Lärmbelastung, Luftverschmutzung und Verkehrsstaus entstehen, angelastet werden. Hierzu soll in einem

ersten Schritt die Ausarbeitung von Leitlinien für die Anwendung von Internalisierungsentgelten erfolgen. (vgl. Europäische Kommission, 2011c, S. 15; vgl. Europäische Kommission, 2008, S. 2)

Die Einhebung von Mautgebühren wird von der Europäischen Kommission als eines der wichtigsten Instrumente zur Kosteninternalisierung genannt. Da die Höhe von Emissionen stark ortsabhängig und zeitgebunden ist, sollen beispielsweise Verkehrsteilnehmer, die in Stoßzeiten oder auf stark befahrenen Straßen unterwegs sind, stärker mit der Internalisierung belastet werden, was einen differenzierten Einsatz von Mautgebühren erforderlich macht (vgl. Centrum für Europäische Politik, 2008, S. 1 f.). Generell werden hierbei von der Europäischen Kommission distanzbasierte Abrechnungssysteme gegenüber zeitbasierten Systemen bevorzugt (vgl. Europäische Kommission, 2012a, S. 1 f.). So ist laut der EU-Kommissarin für Verkehr in langfristiger Hinsicht ein europaweites, distanzbasiertes (fahrleistungsabhängiges) Abrechnungssystem für den Straßenverkehrssektor anzustreben (vgl. Die Welt, 2015, online; vgl. ÖAMTC (Hrsg.), 2015, S. 1). Als Beispiele für effiziente Straßenbenutzungsgebühren nennt die Europäische Kommission außerdem die Möglichkeit der Einbeziehung von Faktoren wie Tageszeit und Ort der Benutzung (vgl. Europäische Kommission, 2012b, S. 96). Die Etablierung neuer Abgabensysteme soll dabei immer unter Rücksichtnahme auf den Schutz der Privatsphäre und der personenbezogenen Daten erfolgen (vgl. Europäische Kommission, 2011c, S. 13).

Nicht nur innerhalb der EU, auch international gesehen wird zunehmend nach alternativen Einnahmequellen und Abgabekonzepten im Straßenverkehr gesucht, um auf die aktuellen und zukünftigen Herausforderungen angemessen reagieren zu können. So geht beispielsweise insbesondere in den USA der Trend in Richtung fahrleistungsabhängiger Abgaben als politische Antwort auf die langfristig rückläufigen Einnahmen aus den Mineralölsteuern. Etliche Bundesstaaten haben hierzu bereits Untersuchungen und Bestrebungen in diese Richtung angestellt. (vgl. Velaga & Pangbourne, 2014, S. 243; vgl. Council of State Governments, 2015, S. 1-4)

Generell besteht aktuell innerhalb der EU eine große Diversität bei den Verkehrsfinanzierungssystemen zwischen den einzelnen Mitgliedsstaaten und den unterschiedlichen Transportsystemen, was neben der Beeinträchtigung von Nachhaltigkeit und Effizienz auch Wettbewerbsverzerrungen zwischen den unterschiedlichen Transportmitteln zur Folge hat (vgl. Europäische Kommission, 1998, S. 3). Die Schaffung von gleichen Wettbewerbsbedingungen zwischen den konkurrierenden Verkehrsträgern stellt somit eine weitere politische Zielsetzung dar (vgl. Europäische Kommission, 2011c, S. 15). Konkret soll bis zum Jahr 2020 der Rahmen für ein europäisches multimodales Informations-,

Management- und Zahlungssystem für den Verkehrssektor geschaffen werden und im Zuge dessen auch die Vereinheitlichung der unterschiedlichen bestehenden Mautsysteme erfolgen (vgl. Europäische Kommission, 2011c, S. 10; vgl. Der Standard, 2016c, online). Auch in Hinsicht auf das Bezahlungssystem im öffentlichen Verkehr wird von der Europäischen Kommission ein intermodales Ticketing-System angestrebt, das beispielsweise multimodale Reisen durch den Kauf eines einzelnen Fahrscheins ermöglichen soll (vgl. STOA (Hrsg.), 2014, S. 5).

2. Mobility Pricing als potenzieller Problemlösungsansatz

Mobility Pricing ist ein Überbegriff für die Anwendung von marktwirtschaftlichen Preismechanismen im Verkehrssektor, deren Umsetzung durch die Gesamtheit aller benutzungsabhängigen Abgabensysteme für Infrastrukturnutzung und Dienstleistungen im Verkehrssektor erfolgen kann. Die grundlegenden Ziele von Mobility Pricing beziehen sich dabei insbesondere auf die verstärkte Etablierung des Verursacherprinzips durch die Internalisierung der externen Kosten, auf die Steuerung der Verkehrsnachfrage und der Straßenkapazitäten, auf die Brechung der Verkehrsspitzen, auf die Erhöhung der Verkehrssicherheit und in weiterer Folge auch auf die Schaffung eines nachhaltigen, gerechten und effizienten Verkehrssystems. Um eine weitgehende Verursachungsgerechtigkeit und einen möglichst großen Steuerungseffekt erzielen zu können, sollten die Abgabensysteme dabei im Idealfall sowohl flächendeckend als auch dynamisch („Pay-As-You-Drive“ auf der Straße bzw. „Pay-As-U-Use“ auf der Schiene) gestaltet sein. Der Hintergedanke dabei ist die benutzungsabhängige Besteuerung des Verkehrs bzw. der Infrastrukturnutzung an sich (weg von allgemeinen Steuern oder besitzorientierten Abgabensystemen), weshalb das Grundkonzept Mobility Pricing prinzipiell verkehrsträgerneutral und gleichzeitig auch nicht zwingend an eine bestimmte technische Umsetzungsweise gebunden ist. Die Etablierung eines ganzheitlichen Mobility Pricings kann dabei durch die Umsetzung von sowohl kleineren als auch größeren individuellen Maßnahmen erfolgen, die sich auf Road Pricing, auf Parkgebühren oder auf die Preispolitik im öffentlichen Verkehr beziehen. In dieser Hinsicht kann Mobility Pricing auch einen Schnittpunkt zwischen Verkehrsmanagement und Verkehrsfinanzierung darstellen. Außerdem kann Mobility Pricing in weiterer Folge dazu dienen, sämtliche bestehende Abgaben- und Finanzierungssysteme (wie beispielsweise Fahrzeugsteuern, Mineralölsteuern, Parkgebühren oder Vignetten) durch ein einzelnes, übergeordnetes Abgabensystem zu ersetzen. International gesehen existiert zum heutigen Zeitpunkt eine Vielzahl von Konzepten und Ansätzen zur Umsetzung unterschiedlicher Zielsetzungen von Mobility Pricing, wenngleich ein allumfassendes, flächendeckendes und verkehrsträgerübergreifendes Abgabensystem jedoch bis zum heutigen Zeitpunkt noch nirgendwo implementiert wurde. (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 5-12; vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 51 f.; vgl. Sutter, 2014, S. 7-11; vgl. Czako, 2014, S. 10-13; vgl. Czako, 2015, S. 11-13; vgl. Rapp, 2008, S. 2 f.; vgl. Schweizerische Eidgenossenschaft, 2016, S. 10 f.)

3. Ansätze zur Etablierung von Mobility Pricing

Abhängig vom jeweiligen Verkehrssystem können unterschiedlichste Instrumente zur Etablierung von Mobility Pricing beitragen. Die wichtigsten Instrumente sind nachfolgend überblicksartig zusammengefasst.

In Bezug auf den motorisierten Individualverkehr und den Straßengüterverkehr können insbesondere verschiedene Arten von Road Pricing zur Etablierung von Mobility Pricing eingesetzt werden (vgl. Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 4). In der aktuell gängigen Praxis kommen bei Road Pricing sowohl Abgabensysteme mit fixen als auch mit dynamischen Gebühren zum Einsatz. Fixe Gebühren arbeiten mit Pauschalpreisen und werden beispielsweise für eine Fahrt auf einer vordefinierten Mautstrecke eingehoben, Faktoren wie eine unterschiedlich lange Wegstrecke oder die Dauer einer Fahrt nehmen dabei keinen Einfluss auf die Gebührenhöhe. Dynamische Gebühren sind im Gegensatz dazu durch eine Einbeziehung zusätzlicher Faktoren variabel gestaltet, was jedoch in der Regel auch den Einsatz von komplexeren technischen Lösungen zur Erhebung erforderlich macht. (vgl. Velaga & Pangbourne, 2014, S. 244)

Neben der grundlegenden Unterscheidung zwischen fixen und dynamischen Gebühren lässt sich bei Road Pricing des Weiteren auch nach der Art der Gebühreneinhebung unterscheiden. So beziehen sich gängige Abgabensysteme insbesondere auf Passagegebühren (Object Pricing oder Cordon Pricing), auf Autobahngebühren (zeit-, distanz- oder streckenabhängige Gebühren), auf Value Pricing (fahrstreifenabhängige Gebühren) sowie auf Gebietsgebühren (Area Licensing, Area Charging oder Komplexe Gebietsgebühren). (vgl. Rapp, 2004, S. 8 f.; vgl. Maier, 2008, S. 47-50)

Nachfolgende Abbildung 3 zeigt eine Übersicht über die genannten Gebühreneinhebungsarten und deren grundsätzlichen Ausgestaltung. Soll Mobility Pricing flächendeckend im Straßenverkehr angewendet werden, sind insbesondere Gebietsgebühren und hierbei die beiden Untertypen Area Charging und Komplexe Gebietsgebühren zu erwähnen, da diese beiden Untertypen eine flächendeckende, dynamische Gebühreneinhebung ermöglichen können.

Abbildung 3: Gebühreneinhebungsarten im Road Pricing und deren grundsätzliche Ausgestaltung

Gebühreneinhebungsart	Untertyp	Grundsätzliche Ausgestaltung
Passagegebühren	Object Pricing	Gebühr zum Befahren von Brücken, Tunnels oder vordefinierten Mautstrecken
	Cordon Pricing	Gebühr wird beim Überfahren einer vodefinierten Kordongrenze fällig
Autobahngebühren	zeitabhängig	Erlaubnis für Autobahnnutzung während der bezahlten Periode (in der Regel durch Vignetten)
	distanz-/streckenabhängig	Gebühr für Autobahnnutzung basierend auf zurückgelegter Wegstrecke oder Routenwahl
Gebietsgebühren	Area Licensing	Gebühr innerhalb eines vordefinierten Gebiets basierend auf der Aufenthaltsdauer
	Area Charging	Gebühr innerhalb eines vordefinierten Gebiets basierend auf der zurückgelegten Wegstrecke
	Komplexe Gebietsgebühren	Gebühr innerhalb eines vordefinierten Gebiets basierend auf zurückgelegter Wegstrecke und Routenwahl (Straßenkategorie)
Value Pricing	HOT-Lanes	Erlaubnis zur Sonderfahrstreifennutzung durch Gebührenentrichtung
	HOV-Lanes	Erlaubnis zur Sonderfahrstreifennutzung durch hohe Fahrzeugbesetzungsgrade

Quelle: Eigene Darstellung (2016) basierend auf Rapp, 2004, S. 8, Tab. 1; Maier, 2008, S. 47-50.

Kommen bei Abgabensystemen dynamische Gebühren zum Einsatz, spricht man auch von dynamischem Road Pricing („Dynamic Road User Charging“). Faktoren, die theoretisch in solche dynamischen Abgabensysteme einbezogen werden können sind beispielsweise die zurückgelegten Wegstrecke⁶, der Fahrtzeitpunkt (Tageszeit und Wochentag), die Routenwahl (Örtlichkeit und Straßenkategorie), der Fahrzeugbesetzungsgrad, die direkten Kosten für die Infrastrukturfinanzierung sowie die verursachten externen Kosten, die verursachten Emissionen, das aktuelle Verkehrsaufkommen bis hin zum persönlichen Fahrverhalten. Unter Einbeziehung solcher Faktoren kann beim dynamischen Road Pricing jede Fahrt individuell bepreist werden. Diese Preisdifferenzierung kann in weiterer Folge zur Herstellung von weitgehender Verursachungsgerechtigkeit, zur Verkehrsnachfragesteuerung in Stoßzeiten und auf Engpassstrecken sowie zur Glättung von bestehenden Verkehrsspitzen beitragen. (vgl. Czako, 2014, S. 16; vgl. Velaga & Pangbourne, 2014, S. 244; vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 8)

Soll ein hohes Maß an Verursachungsgerechtigkeit und Verkehrsmanagement erzielt werden, wie dies beim Mobility Pricing der Fall ist, sollten idealerweise zumindest die Faktoren des Fahrtzeitpunktes, der zurückgelegten Wegstrecke sowie der Routenwahl in die Berechnung der Gebührenhöhe mit einbezogen werden. In diesem Fall spricht man auch von

⁶ Im weiteren Verlauf der Arbeit wird dieser Faktor als „Fahrleistungsabhängigkeit“ bezeichnet. Generell existiert keine einheitliche Bezeichnung für fahrleistungsabhängige Abgabensysteme. Neben Road User Charges werden diese beispielsweise auch als **Vehicle Miles Traveled (VMT) Fees** oder **Mileage based User Fees (MBUF)** bezeichnet. (vgl. McMullen et al., 2016, S. 3)

Time, Distance, Place (TDP) Road Pricing. (vgl. Grush & Roth, 2009, S. 1; vgl. Wilson, 2012, online) Während aktuell oftmals manuelle oder elektronische (insbesondere DSRC-basierte) Erhebungssysteme zum Einsatz kommen, macht die flächendeckende Umsetzung von TDP Road Pricing allerdings den Einsatz von satellitengestützten Erhebungssystemen zur Erfassung der Routenwahl notwendig. Satellitengestützte Erhebungssysteme sind mit einer hohen Komplexität und erheblichen Kosten verbunden, ermöglichen jedoch einen hohen Grad an Verursachungsgerechtigkeit bei gleichzeitiger Vermeidung von zusätzlicher straßenseitiger Infrastruktur. Des Weiteren bieten satellitengestützte Systeme außerdem das Potential einer hohen Flexibilität sowie die Möglichkeit, das Fahrverhalten sehr exakt abbilden zu können, was in weiterer Folge einen Mehrwert für Verkehrsanalysen und Verkehrsprognosen mit sich bringen kann. (vgl. Velaga & Pangbourne, 2014, S. 247-252; vgl. Maier, 2008, S. 56-61)

In Bezug auf den öffentlichen Verkehr kann Mobility Pricing insbesondere über eine Dynamisierung der Preispolitik etabliert werden. Hierbei stellt beispielsweise der Einsatz von E-Ticketing eine geeignete Möglichkeit zur Einhebung von dynamischen Gebühren und in weiterer Folge zur Etablierung von Mobility Pricing dar. (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 52 ff.) Zum E-Ticketing zählen beispielsweise der Einsatz von Smartcards (Chipkarten) und Smartphones auf Basis der Technologien RFID und NFC (vgl. STOA (Hrsg.), 2014, S. 1). Mit Hilfe von E-Ticketing kann die Gebührenhöhe beispielsweise nach der Fahrdistanz, nach der Tageszeit sowie nach der Linienwahl differenziert werden (vgl. Transportation Research Board, 2011, S. 30; vgl. Iseki et al., 2008, S. 12). E-Ticketing bietet des Weiteren die Möglichkeit zur automatischen Gebühreneinhebung (vgl. STOA (Hrsg.), 2014, S. 8).

Wenngleich der Einsatz von Smartcards im öffentlichen Verkehr weltweit gesehen immer häufiger wird (und hierbei auch die am weitesten verbreitete Form von E-Ticketing darstellt)⁷, stellen die traditionellen Zahlungsmethoden bestehend aus Bargeldzahlung und Papierfahrtscheinen nach wie vor die am häufigsten eingesetzten Zahlungsmethoden dar (vgl. Hao, 2007, S. 1; vgl. STOA (Hrsg.), 2014, S. 1). Generell kommen im öffentlichen Verkehr aktuell vielfältige Bezahlmodelle zum Einsatz, so werden beispielsweise Zonen- oder Wabentarife, Leistungstarife, Teilstreckentarife, Einheits- oder Kurzstreckentarife sowie Zeitkarten und Tarife für bestimmte Benutzergruppen angeboten (vgl. Roth, 2009, S. 15).

⁷ International gesehen ist bereits eine Vielzahl von Smartcard-basierten Abrechnungssystemen im öffentlichen Verkehr im Einsatz, so beispielsweise in London (Oyster Card), Hong Kong (Octopus Card), Seoul (T-Money) oder Singapur (EZ Link). Für eine Übersicht von ausgewählten internationalen Beispielen sei an dieser Stelle auf STOA (2014) verwiesen. Des Weiteren ist die niederländische OV-Chipkaart als Praxisbeispiel für eine dynamische Tarifgestaltung im öffentlichen Verkehr hervorzuheben (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 44 ff.).

Mit Hilfe einer dynamischen Tarifgestaltung lässt sich im öffentlichen Verkehr eine hohe Verursachungsgerechtigkeit erreichen. Gleichzeitig kann damit auf die zumeist vorherrschende unterschiedliche Kapazitätsauslastung durch eine Verkehrsnachfragesteuerung in Stoßzeiten und auf Engpassstrecken reagiert werden. Im Luftverkehr wird bereits intensiv über eine Differenzierung der Tarife gearbeitet, wenngleich hier andere Rahmenbedingungen gelten als in anderen ÖV-Systemen. Im öffentlichen Schienenverkehr stellen beispielsweise auch Trassenpreissysteme einen weiteren Ansatz zur Etablierung von Mobility Pricing dar. Sieht man Mobility Pricing allerdings unter dem Fokus der Setzung von Preissignalen für den Einzelnen, steht die Gestaltung der ÖV-Tarife im Vordergrund. (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 37-40; vgl. Sutter, 2014, S. 7-12; vgl. Arbeitsgemeinschaft Ecoplan/Infras, 2007, S. 50 ff.)

4. Aufbau der Arbeit

In diesem Kapitel erfolgt eine kurze Beschreibung des Untersuchungsrahmens, der Zielsetzungen sowie der gewählten Methodik. Abschließend erfolgt die Definition der zu untersuchenden Forschungsfragen.

4.1 Abgrenzung des Untersuchungsrahmens

Aufbauend auf der in Kapitel 2 festgelegten Definition und den in Kapitel 3 definierten Ansätzen zur Etablierung von Mobility Pricing wird der Untersuchungsrahmen in dieser Arbeit auf die Betrachtung von dynamischen Abgabensystemen beschränkt, wobei in Hinsicht auf die angestrebte Stärkung des Verursacherprinzips zumindest eine fahrleistungsabhängige Berechnung der Gebührenhöhe gegeben sein muss. Der Untersuchungsrahmen wird im Rahmen der Analyse außerdem auf den motorisierten Individualverkehr und den Straßengüterverkehr beschränkt, da fahrleistungsabhängige und gleichzeitig flächendeckende Abgabensysteme hier bis dato (beispielsweise im Gegensatz zur Passagegebühren oder Autobahngebühren)⁸ noch kaum etabliert sind. Auf den ruhenden Straßenverkehr und den öffentlichen Verkehr wird in der nachfolgenden Analyse hingegen nicht explizit eingegangen.⁹

Der Fokus der Arbeit wird außerdem auf flächendeckende Abgabensysteme (Einbeziehung des gesamten Straßennetzes bzw. unterschiedlicher Straßenkategorien innerhalb eines vordefinierten Gebiets) gelegt.¹⁰ Vor diesem Hintergrund wird der Untersuchungsrahmen des Weiteren auf satellitengestützte Abgabensysteme beschränkt, wobei der technische Hintergrund in dieser Hinsicht allerdings nur oberflächlich behandelt wird. Auch die für die Umsetzung relevanten Rahmenbedingungen (beispielsweise in rechtlicher Hinsicht) werden aufgrund der internationalen Sichtweise dieser Arbeit nicht näher behandelt, da sich diese je nach Örtlichkeit deutlich unterscheiden können. Außerdem wird in dieser Hinsicht von einer Anpassungsmöglichkeit der rechtlichen Rahmenbedingungen ausgegangen. Des Weiteren

⁸ So sind beispielsweise die Auswirkungen von Area Licensing oder Cordon Pricing bereits vielfach untersucht worden. Für eine Zusammenfassung ausgewählter Systeme siehe beispielsweise Bundesamt für Strassen (2007).

⁹ Wengleich Parkraumbewirtschaftung und der öffentliche Verkehr überaus wichtige Bestandteile eines ganzheitlichen Mobility Pricing-Systems darstellen.

¹⁰ Basierend auf den in Kap. 3, Abb. 3 definierten Gebühreneinhebungsarten „Area Charging“ bzw. „Komplexe Gebietsgebühren“.

erfolgt im Rahmen dieser Arbeit keine tiefergehende Behandlung der theoretischen Grundlagen, da diese in der bestehenden Literatur bereits vielfach beschrieben wurden.¹¹

Es werden sowohl bereits umgesetzte Praxisbeispiele, als auch Pilotversuche sowie theoretische Untersuchungen bzw. Machbarkeitsstudien in die Untersuchung mit einbezogen. Der Fokus der Arbeit wird dabei auf die Ausgestaltung bzw. Funktionsweise der untersuchten Abgabensysteme und auf die Analyse der (insbesondere verkehrsspezifischen) Auswirkungen gelegt, um in weiterer Folge Rückschlüsse auf das Problemlösungspotenzial von Mobility Pricing ziehen zu können.

4.2 Ziele der Arbeit

Mit Hilfe einer Analyse internationaler Beispiele soll die Arbeit insbesondere aufzeigen, inwiefern Mobility Pricing und dabei im speziellen fahrleistungsabhängige Abgabensysteme im Straßenverkehr einen Beitrag zur Lösung der in Kapitel 1 definierten Problemstellungen leisten können. Im Zuge dessen soll insbesondere die mögliche Umsetzungsweise bzw. die mögliche Funktionsweise von fahrleistungsabhängigen und flächendeckenden Abgabensystemen erklärt werden sowie deren zu erwartende Auswirkungen herausgearbeitet werden. Die Arbeit soll in dieser Hinsicht zu einem besseren Verständnis der (in erster Linie verkehrsspezifischen) Wirkungen sowie insbesondere der Vor- und Nachteile von Mobility Pricing in Form von fahrleistungsabhängigen Straßenbenutzungsgebühren beitragen. Des Weiteren soll eine grobe Untersuchung von zusätzlichen Faktoren wie den zu erwartenden volkswirtschaftlichen und umweltspezifischen Auswirkungen, den gegebenenfalls vorhandenen Umsetzungs- und Akzeptanzproblemen, der sozialen Verteilungswirkung sowie von möglichen Kompensationsmaßnahmen erfolgen. Durch qualitative Schlussfolgerungen und Vergleiche soll anschließend das Problemlösungspotenzial von Mobility Pricing herausgearbeitet und spezifiziert werden, in weiterer Folge soll außerdem die Aufzeigung von etwaigen noch vorhandenen Umsetzungsschwierigkeiten und Forschungslücken erfolgen.

4.3 Gewählte Methodik und Vorgangsweise

Die gewählte Methodik basiert in erster Linie auf einer Sekundärdatenanalyse und darauf aufbauenden qualitativen Vergleichen und eigenständigen Schlussfolgerungen. In den nachfolgenden Kapiteln erfolgt dabei die Betrachtung und Analyse von ausgewählten internationalen Praxisbeispielen (bereits implementierte Systeme, Pilotversuche sowie

¹¹ Siehe beispielsweise Steiningger & Gobiet (2005)

theoretische Untersuchungen) im Straßenverkehr (dynamisches Road Pricing), mit Hauptaugenmerk auf dem motorisierten Individualverkehr. Die Analyse erfolgt dabei mit Fokus auf die allgemeine Systembeschreibung (Funktionsweise), auf die Durchführung bzw. Umsetzung des jeweiligen Systems sowie auf die erzielten, insbesondere verkehrsspezifischen, Auswirkungen. Je nach Datenverfügbarkeit werden zusätzlich auch volkswirtschaftliche, umweltspezifische und soziale Auswirkungen in die Analyse mit einbezogen. Da die Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Systemen aufgrund unterschiedlicher Rahmenbedingungen nur unzureichend gegeben ist, erfolgt ein grober Vergleich der betrachteten Beispiele und deren Auswirkungen lediglich im Rahmen von qualitativen Schlussfolgerungen und Gegenüberstellungen. Relevante Systeme, für die keine ausreichende Datenlage gegeben war, finden im Kapitel 5.11 im Rahmen einer groben Beschreibung Erwähnung.

4.4 Definition der Forschungsfragen

Bezugnehmend auf die in Kapitel 1 definierten Problemstellungen, auf der erfolgten Abgrenzung des Untersuchungsrahmens sowie auf den definierten Zielsetzungen dieser Arbeit werden die Forschungsfragen wie folgt festgelegt:

- 1.) Welche verkehrsspezifischen Auswirkungen sind bei Mobility Pricing in der Form von fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen im Straßenverkehr zu beobachten?
- 2.) Welche Bevölkerungsgruppen sind bei Mobility Pricing in der Form von fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen im Straßenverkehr besonders stark betroffen?
- 3.) Mit welchen volkswirtschaftlichen Auswirkungen ist durch die Einführung von Mobility Pricing in Form von flächendeckenden, fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen zu rechnen?
- 4.) Welche Umsetzungsschwierigkeiten bestehen bei Mobility Pricing in der Form von flächendeckenden, fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen?
- 5.) Inwiefern kann Mobility Pricing zur Lösung der bestehenden Problemstellungen im Straßenverkehr beitragen?

5. Analyse ausgewählter dynamischer Abgabensysteme im Straßenverkehr

In diesem Kapitel erfolgt die Analyse von zehn ausgewählten internationalen Beispielen für dynamische Abgabensysteme aus dem Straßenverkehr. Wie bereits in Kapitel 4.1 erläutert, wurden die Beispielsysteme dabei basierend auf einem klar abgegrenzten Untersuchungsrahmen ausgewählt. Da der Fokus der Betrachtung auf dem motorisierten Individualverkehr liegt, wird lediglich ein einziges Abgabensystem aus dem Straßengüterverkehr (die Schweizer LSVA) betrachtet. Nachfolgende Abbildung 4 fasst die definierten Auswahlkriterien zusammen. Als Ausschlusskriterien wurden die Fahrleistungsabhängigkeit (fahrleistungsabhängige Berechnung der Gebührenhöhe) sowie die ausreichende Datenlage (Detailanalysen können nur bei ausreichender Datenverfügbarkeit erfolgen) definiert. Die satellitengestützte Umsetzung, die flächendeckende Ausgestaltung, die zusätzliche dynamische Ausgestaltung sowie die Anzahl an Versuchsteilnehmern wurden als Zusatzkriterien zur Auswahl der Analysebeispiele herangezogen.¹²

Eine grobe Beschreibung von relevanten aber aufgrund diverser Faktoren (insbesondere aufgrund der Datenlage) nicht in die Detailanalyse einbezogenen Beispielen erfolgt anschließend an die Analyse in Kapitel 5.11.

Abbildung 4: Kriterien für die Auswahl der Analysebeispiele

Auswahlkriterium	Erläuterung	Kriterientyp
Fahrleistungsabhängigkeit	fahrleistungsabhängige Berechnung der Gebührenhöhe	Ausschlusskriterium
ausreichende Datenlage	öffentliche Datenverfügbarkeit in Bezug auf Funktionsweise und Auswirkungen	Ausschlusskriterium
satellitengestützte Umsetzung (nur Praxisbeispiele)	Erhebung oder Kontrolle der Daten per GNSS	Zusatzkriterium
flächendeckende Ausgestaltung	Einbeziehung des gesamten Straßennetzes oder unterschiedlicher Straßenkategorien eines Gebiets	Zusatzkriterium
zusätzliche dynamische Ausgestaltung	zusätzliche Differenzierung nach Tageszeit, Wochentag, Fahrzeugkategorie oder sonstiger Faktoren	Zusatzkriterium
Anzahl der Versuchsteilnehmer (nur Praxisbeispiele)	Bevorzugung von Praxisbeispielen mit einer höheren Anzahl an Versuchsteilnehmern	Zusatzkriterium

Quelle: Eigene Darstellung, 2016.

¹² Die Kriterien der satellitengestützten Umsetzung und der Anzahl der Versuchsteilnehmer gelten lediglich für die ausgewählten Praxisbeispiele und nicht für die ausgewählten theoretischen Untersuchungen bzw. reinen Verkehrsmodellierungen.

Nachfolgende Abbildung 5 zeigt einen groben Überblick über die ausgewählten Analysebeispiele und deren Ausgestaltung. Mit der LSVA Schweiz wurde ein bereits etabliertes Praxisbeispiel in die Analyse mit einbezogen, zusätzlich wurden sechs ausgewählte Pilotversuche und drei ausgewählte Forschungsprojekte im Detail analysiert. Bei allen untersuchten Praxisbeispielen kommen On-Board-Units (OBUs) zur Erhebung der Fahrleistung zum Einsatz. Die theoretischen Untersuchungen wurden hingegen durchgehend in erster Linie mit Hilfe von Verkehrsmodellierungen durchgeführt.

Abbildung 5: Überblick über die ausgewählten Analysebeispiele und deren Ausgestaltung

Analysebeispiel	Bepreister Verkehrsträger	Umsetzungsart	Erhebungstechnologie
LSVA Schweiz	Straßengüterverkehr	Etabliertes System	Fahrtenschreiber+OBU, Kontrolle per GPS
Oregon Road User Fee Pilot Program (1. Pilotversuch)	Straßenpersonenverkehr	Pilotversuch	Kilometerzähler, OBU+GPS
Pilotversuch Löwen	Straßenpersonenverkehr	Pilotversuch	OBU+GPS
Pilotversuch Brüssel	Straßenpersonenverkehr	Pilotversuch	OBU+GPS
Minnesota Road Fee Test	Straßenpersonenverkehr	Pilotversuch	Smartphone+GPS, Kontrolle per Kilometerzähler
Puget Sound Traffic Choices Study	Straßenpersonenverkehr	Pilotversuch	OBU+GPS, Verkehrsmodellierung
AKTA Road Pricing Kopenhagen	Straßenpersonenverkehr	Pilotversuch	OBU+GPS, Verkehrsmodellierung
Forschungspaket Mobility Pricing Schweiz	Straßenpersonenverkehr	Forschungsprojekt	Verkehrsmodellierung
Forschungsprojekt Österreich	Straßenpersonenverkehr	Forschungsprojekt	Verkehrsmodellierung
Road Pricing Niederlande	Straßenpersonenverkehr	Geplantes System/ Forschungsprojekt	Verkehrsmodellierung

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der in der Analyse verwendeten Quellen, 2016.

Nachfolgende Abbildung 6 zeigt einen Überblick über die Anzahl der Versuchsteilnehmer in den ausgewählten Pilotversuchen. Bis auf den Pilotversuch in Löwen beträgt die Teilnehmeranzahl durchgehend mindestens mehrere hundert Personen.

Abbildung 6: Anzahl der Versuchsteilnehmer in den untersuchten Pilotversuchen

Analysebeispiel	Versuchsteilnehmer
Oregon Road User Fee Pilot Program (1. Pilotversuch)	299
Pilotversuch Löwen	34
Pilotversuch Brüssel	1000
Minnesota Road Fee Test	500
Puget Sound Traffic Choices Study	450
AKTA Road Pricing Kopenhagen	500

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der in der Analyse verwendeten Quellen, 2016.

5.1 Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe Schweiz

94

Die Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (kurz LSVA) gilt in der Schweiz seit dem Jahr 2001 für alle Last⁸⁴ftwagen über 3,5 Tonnen und gilt im Gegensatz zu anderen Ländern innerhalb der EU nicht nur auf Autobahnen sondern auf dem gesamten Straßennetz (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 17). Die Hauptziele bei der Einführung der LSVA waren die verstärkte Etablierung des Verursacherprinzips durch die Internalisierung der infrastrukturenspezifischen und externen Kosten sowie die zunehmende Verlagerung des Güterschwerverkehrs auf die Schiene. Die Einnahmen aus der LSVA fließen deshalb auch zu einem großen Teil in die Entwicklung von Großprojekten des öffentlichen Verkehrs. (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 18; vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 7 ff.)

5.1.1. Funktionsweise und Gestaltung der Abgabe


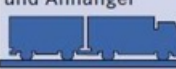
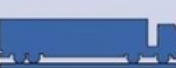

Die Gebührenhöhe wird bei der LSVA auf Basis der Fahrleistung (kilometerbasiert), des höchstzulässigen Gesamtgewichts (des jeweiligen Fahrzeugs) und des Ausmaßes der verursachten Emissionen errechnet. Die Erhebung der Fahrleistung erfolgt dabei mit Hilfe von On-Board-Units (OBUs) in den Fahrzeugen. (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 17) Um die Emissionen einbeziehen zu können werden die Euro-Emissionskategorien zur Berechnung der Abgabenhöhe herangezogen. Zur Festlegung der Tarife wurden außerdem Berechnungen zu den verursachten externen Kosten des Straßengüterverkehrs angestellt. (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 7 ff.) Nicht differenziert wird hingegen nach dem Fahrtzeitpunkt, der Straßenart oder der Routenwahl. Durch eine Kopplung mit dem Fahrtenschreiber ist die OBU in der Lage, die Tachodaten auszulesen, welche in weiterer Folge mit Hilfe von GNSS und Bewegungssensoren kontrolliert werden. Mittels Sensor erfolgt hierbei auch die Erkennung von vorhandenen Anhängern. Bei Grenzüberfahrten ins Ausland wird die OBU mit Hilfe von Funkbaken über DSRC deaktiviert. Die Abrechnung erfolgt auf monatlicher Basis mit Hilfe einer Smartcard, entweder über den Postweg oder online. Bei ausländischen Fahrzeugen erfolgt der Einbau einer OBU auf freiwilliger Basis. Ist keine OBU vorhanden, wird bei der erstmaligen Einreise in die Schweiz eine Identifikationskarte ausgestellt, über die der Kilometerstand an eigenen Abfertigungsterminals übermittelt werden muss. Die Abrechnung erfolgt in diesem Fall über die Überwachung des Kilometerstandes bei der Ein- und Ausreise. Aktuell (Stand Mitte 2014) sind insgesamt etwa 55.000 OBUs in Betrieb. (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 17; vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 12 f.)

In Bezug auf die Gebührenhöhe wird zwischen drei unterschiedlichen Tarifstufen (basierend auf den Euro-Emissionskategorien) unterschieden. Von der LSVA ausgenommen sind

beispielsweise Wohnmobile und Wohnwägen, für die weiterhin die reguläre pauschale Abgabepflicht gilt. Zusätzlich bestehen Ausnahmen für Fahrzeuge des öffentlichen Verkehrs, für Militärfahrzeuge sowie für landwirtschaftlich genutzte Fahrzeuge. (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 12) Außerdem gilt eine Abgabenbefreiung im kombinierten Verkehr (rollende Landstraße), die von der OBU automatisch erkannt wird (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 94). Für ausländische Fahrzeuge gibt es keine abweichende Gebührenhöhe, es wird hierbei lediglich im Erhebungsverfahren unterschieden (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 12). Seit 2001 erfolgten immer wieder stufenweise Anhebungen der Gebührenhöhe von ursprünglichen 1,6 Rappen pro Tonnenkilometer im Jahr 2001 auf 2,4 Rappen pro Tonnenkilometer im Jahr 2005 und schließlich auf die aktuell gültigen 2,7 Rappen pro Tonnenkilometer (in Bezug auf die mittlere Tarifstufe) im Jahr 2008.¹³ Mit der Einführung der LSVA im Jahr 2001 wurde gleichzeitig das maximale Gewichtslimit für Lastkraftwagen von 28 auf 34 Tonnen erhöht, im Jahr 2005 erfolgte dann eine abermalige Erhöhung auf maximal 40 Tonnen. (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 7; vgl. OECD, 2005, S. 5) Die Schweiz hat mit der EU eine Höchstgrenze von 2,7 Rappen pro Tonne und Kilometer vereinbart. Die Höhe der Abgabe wird durch Multiplikation der zurückgelegten Distanz mit dem höchstzulässigen Fahrzeuggewicht (was die Tonnenkilometer ergibt) und darauffolgender Multiplikation mit dem aktuellen Abgabensatz errechnet. (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 14) Nachfolgende Abbildung 7 zeigt die unterschiedlichen Tarifstufen sowie die beispielhafte Berechnung der Gebührenhöhe der LSVA.

¹³ 100 Rappen (1 CHF) entsprechen 0,91 Euro (Wechselkurs 2016)

Abbildung 7: Tarifstufen und Berechnung der Gebührenhöhe der LSVA

Tarifstufen in Rp. ¹			gefahrenen km in der Schweiz	massgebliches Gewicht Zugfahrzeug und Anhänger ²	Abgabe in CHF
1	2	3			
3,10			x 300	ohne Anhänger  x 18t	167,40
	2,69		x 300	Zugfahrzeug und Anhänger  x 30t	242,10
	2,69		x 300	Sattelzug ³  x 30t	242,10
		2,28	x 300	Zugfahrzeug und Anhänger 40t  x 40t	Euro 4/5: 273,60 Euro 6: 246,00

- 1) Tarif pro Tonne und Kilometer (tkm)
 Stufe 1 = Abgabekategorie 1 (entspricht EURO 0, 1 und 2)
 Stufe 2 = Abgabekategorie 2 (entspricht Euro 3)
 Stufe 3 = Abgabekategorie 3 (entspricht EURO 4-6)

- 2) höchstzulässiges Gesamtgewicht gemäss dem Fahrzeugausweis. Bei einer Fahrzeugkombination (mit Anhänger) werden die Gesamtgewichte addiert.

- 3) Bei getrennt immatrikulierten Sattelzügen: Leergewicht Sattelschlepper und Gesamtgewicht des Anhängers.

Es gibt Fahrzeuge, die zu Pauschalansätzen (z.B. Gesellschaftswagen) veranlagt werden.

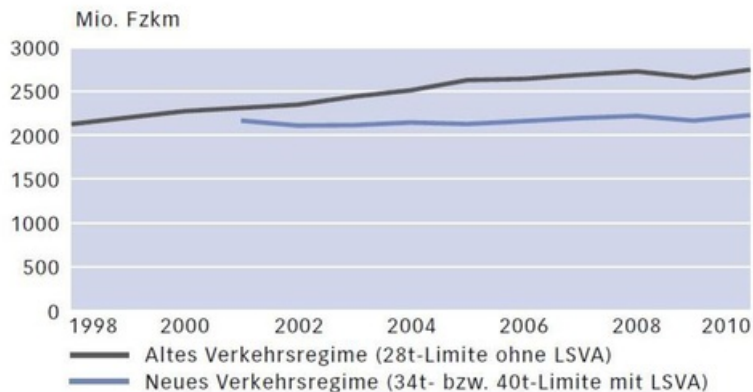
Quelle: Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 15.

5.1.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen

Die Einführung der LSVA führte insgesamt zu einer deutlichen Erhöhung der Effizienz des Straßengüterverkehrs. Die Fahrzeugflotten wurden von den Betreibern modernisiert, um in die niedrigeren Emissionskategorien zu fallen. Außerdem führte die Abgabe zu einer verbesserten Fahrzeugauslastung. Während sich die Fahrzeugkilometer im Güterschwerverkehr vor der Einführung um 7 % pro Jahr erhöhten, kam es nach der Einführung im Jahr 2001 zu einem Rückgang von 4 %, im Jahr 2002 daraufhin zu einem Rückgang von 3 %. (vgl. OECD, 2005, S. 5) In den Folgejahren kam es zu einer weitgehenden Stagnation ehe sich die Fahrleistung im Jahr 2005 wieder leicht erhöhte. Nachfolgende Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der Fahrleistung im Straßengüterverkehr zwischen den Jahren 1998 und 2010. Neben dem Rückgang nach der Einführung zeigt sich hier insbesondere auch die weitere Differenz in der Entwicklung der Fahrleistung in den Folgejahren zwischen dem alten Abgabensystem (prognostizierte Entwicklung) und der LSVA. So wäre die Fahrleistung ohne LSVA der Prognose zufolge im Jahr 2009 um 23 % höher

gelegen als dies dann nach Einführung der LSVA tatsächlich der Fall war. (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 19)

Abbildung 8: Entwicklung der Fahrleistung im Straßengüterverkehr vor und nach Einführung der LSVA



Quelle: Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 19.

Für die Minderung des weiteren Anstiegs der Fahrleistung wird neben der Einführung der fahrleistungsbezogenen Abgabe insbesondere auch die Erhöhung der Gewichtslimits verantwortlich gemacht (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 9). So kam es, während sich die Fahrleistung reduzierte, zu einer gleichzeitigen Erhöhung der Tonnenkilometer zwischen den Jahren 2001 und 2005 um 16,4 %, was auf eine deutliche Erhöhung der Effizienz schließen lässt (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 18). Bis zu einem gewissen Grad kann die weitere Entwicklung jedoch vermutlich auch durch eine allgemeine Konjunkturabschwächung erklärt werden (vgl. OECD, 2005, S. 5).

In Bezug auf den Modal Split kam es durch die LSVA aufgrund von unterschiedlichen Faktoren und Wirkungszusammenhängen zu keinen wesentlichen Veränderungen (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 19). So kann beispielsweise höchstwahrscheinlich auf die Erhöhung der Gewichtslimits zurückgeführt werden, dass es zu keinem bedeutenden Wechsel von der Straße auf die Schiene kam, was ursprünglich jedoch eines der Hauptziele der Abgabe darstellte (vgl. OECD, 2005, S. 5). Die Reduktion des Straßengüterverkehrs fiel im untergeordneten Straßennetz deutlich stärker aus als auf den Autobahnen. Die LSVA führte somit zu keinem signifikanten Ausweichverkehr durch kürzere Routenwahl sondern zu einer stärkeren Bevorzugung der Autobahnen. (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 19)

Mit der Einführung der LSVA wurde auch der alpenquerende Transitverkehr erheblich teurer. Zusammen mit der Erhöhung der Gewichtslimits führte dies dazu, dass die Fahrten nur noch für große Fahrzeuge mit hoher Auslastung rentabel waren. Aus diesem Grund kam

es nach der Einführung zu einer starken Erhöhung der Anzahl der Sattelzüge bei einem gleichzeitigen Rückgang der eingesetzten Lastwagen. Die Anzahl der Lastenzüge (Hängerzüge) blieb hingegen weitgehend konstant. (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 20) Bei Betrachtung der nachfolgenden Abbildung 9 zeigt sich ein Rückgang bei der Anzahl der alpenquerenden Fahrten in der Höhe von 16 % in den ersten 6 Jahren nach der Einführung, danach blieb die Fahrtenzahl weitgehend konstant (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 21).

Abbildung 9: Entwicklung des alpenquerenden Schwerverkehrs



Quelle: Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 21.

Im Zuge der Reduktion der Fahrleistung und der Erneuerung der Fahrzeugflotte konnten auch in Bezug auf die Entwicklung der Emissionen im Straßengüterverkehr mit Hilfe einer Modellierung Reduktionen innerhalb des Beobachtungszeitraums in der Höhe von 10 % bei den Partikelemissionen, 14 % bei den Stickoxiden sowie 6 % bei den CO₂-Emissionen festgestellt werden (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 18; vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2007, S. 14).

5.1.3. Volkswirtschaftliche Auswirkungen

In Hinsicht auf die volkswirtschaftlichen Auswirkungen blieb die Anzahl der im Straßentransportgewerbe Beschäftigten im Beobachtungszeitraum mit etwa 14.000 Beschäftigten stabil. Einer Modellierung zufolge wäre die Beschäftigung bei Beibehaltung des alten Abgabensystems zwischen den Jahren 2001 und 2004 allerdings um 11 % und nach der zweiten Erhöhung der Gewichtslimits um 15 % höher gelegen als die tatsächliche Beschäftigung nach Einführung der LSVA. Die Exaktheit dieser Modellierung ist jedoch in Frage zu stellen. (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 18; vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2007, S. 12)

Es zeigt sich außerdem eine stärkere finanzielle Belastung der Berg- und Randgebiete in der Schweiz aufgrund der gestiegenen Transportkosten und der schlechten Erreichbarkeit durch

40-Tonnen-Fahrzeuge. Diese Mehrbelastung wird allerdings bei der Verteilung der LSVA-Einnahmen berücksichtigt. (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2007, S. 13)

Insgesamt führte die LSVA insbesondere in transportintensiven Branchen zu gestiegenen Kosten. Die aus der Abgabe resultierende Teuerung fiel jedoch über alle erhobenen Gütergruppen mit durchschnittlich 0,11 % gering aus. Teilweise wurden diese Teuerungen in weiterer Folge auf die Kunden überwältzt. (vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2015, S. 19; vgl. Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.), 2007, S. 128 f.)

5.2. Pilotprojekt Oregon

Im US-Bundesstaat Oregon wurden fahrleistungsabhängige Straßenbenutzungsgebühren erstmals im Jahr 2001 aufgrund des Aufkommens von Fahrzeugen mit alternativen Antriebstechnologien angedacht. Nach mehreren gescheiterten Versuchen zur Erhöhung der Treibstoffsteuer lag der Hintergedanke dabei insbesondere auch in der Vermeidung von (in langfristiger Hinsicht) sinkenden Einnahmen, was in weiterer Folge die Erhaltung der gesamten Straßeninfrastruktur sicherstellen sollte. Gleichzeitig wurde jedoch auch der Etablierung des Verursacherprinzips eine hohe Priorität eingeräumt. Zur Untersuchung der Machbarkeit und der Umsetzungsmöglichkeit einer fahrleistungsabhängigen Abgabe wurden zwischen den Jahren 2006 und 2013 zwei Pilotversuche durchgeführt. Der erste Pilotversuch, das „Road User Fee Pilot Program“, wurde ab April 2006 über eine Dauer von 12 Monaten mit 299 freiwilligen Teilnehmern durchgeführt. Der zweite Pilotversuch, das „Road Usage Charge Pilot Program“, wurde einige Jahre später von November 2012 bis März 2013 mit 88 Teilnehmern durchgeführt. Aufbauend auf diesen Praxiserfahrungen wurde die endgültige Umsetzung der Abgabe für das Jahr 2015 beschlossen. (vgl. Oregon Department of Transportation, 2007, S. 1-11; vgl. Oregon Department of Transportation, 2014, S. 1 ff.) Beginnend mit dem 1. Juli 2015 wurde die „OReGO“ getaufte Abgabe dann schließlich eingeführt, vorerst in einem relativ kleinen Rahmen von insgesamt 5.000 freiwilligen Teilnehmern und einem Budget von 8,1 Mio. US-Dollar. Den Teilnehmern stehen dabei unterschiedliche Erhebungsverfahren zur freien Auswahl, die Gebührenhöhe beträgt pauschal 1,5 Cent (US-Währung) pro Meile. Die Abrechnung erfolgt über die Rückerstattung der Treibstoffsteuer. (vgl. Road User Fee Task Force, 2015, online, S. 3 f.)

Da zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit noch keine Daten oder Analysen zu OReGO verfügbar waren, wird der Fokus der Betrachtung auf die beiden vorangegangenen Pilotversuche (und hierbei insbesondere auf den ersten Pilotversuch gelegt).

5.2.1. Pilotversuch 1 – Versuchsaufbau und Funktionsweise

Mit dem 1. Pilotversuch (dem Road User Fee Pilot Program) sollte zum einen die Eignung einer fahrleistungsabhängigen Abgabe zum Ersatz der Treibstoffsteuer ausgelotet werden und zum anderen gleichzeitig auch das sogenannte „Pay-at-the-pump“-Prinzip getestet werden. Eine OBU misst dabei die Fahrleistung mit Hilfe von GPS und eines Kilometerzählers. Beim Tankvorgang kommuniziert die OBU automatisch mit den Zapfsäulen (am Pilotversuch nahmen zwei Tankstellen in Portland teil) und überträgt so die Fahrleistung auf einen zentralen Server. Die veranschlagte Gebühr wird dann mit der Treibstoffsteuer an der Zapfsäule beim Tankvorgang gegengerechnet. Der Bezahlvorgang unterscheidet sich hier für

den Benutzer somit kaum vom Bezahlen der regulären Treibstoffsteuer. (vgl. Oregon Department of Transportation, 2007, S. 6-9.; vgl. Oregon Department of Transportation, 2014, S. 8) Kommt es dazu, dass die OBU aus irgendeinem Grund keine Daten erfassen oder übertragen kann, wird einfach die normale Treibstoffsteuer verrechnet (vgl. Oregon Department of Transportation, 2007, S. 26). Ein Nachteil dieses Zahlungsmodells ist allerdings, dass für elektrisch betriebene Fahrzeuge alternative Abrechnungsangebote geschaffen werden müssen, beispielsweise mit Hilfe von monatlichen Abrechnungen (vgl. Oregon Department of Transportation, 2007, S. 65 f.).

In den Pilotversuch wurde außerdem eine Preisdifferenzierung nach Zonen und Tageszeiten einbezogen, wobei zwischen den Kategorien Oregon, Nicht-Oregon, Rush Hour (innerhalb einer eigenen Zone rund um die Metropolregion der Stadt Portland) und Kein Signal unterschieden wurde. Die spezifische Routenwahl innerhalb der Zonen wurde dabei nicht erhoben, sondern lediglich die jeweilige Fahrleistung pro Zone mit Hilfe von GPS und eines Kilometerzählers. Die aktuelle Zone wurde den Versuchsteilnehmern am Display der OBU angezeigt. (vgl. Oregon Department of Transportation, 2007, S. 8-19) Nachfolgende Abbildung 10 zeigt einen Überblick über die in der Metropolregion Portland definierte Zone („Zone 1“) und deren näheren Umgebung.

Abbildung 10: Road User Fee Pilot Program – Zone 1 in der Metropolregion Portland



Quelle: Oregon Department of Transportation, 2007, S. VIII.

Bei jedem Tankvorgang wurde den Versuchsteilnehmern eine detaillierte Aufschlüsselung der bezahlten Gebühren auf der Rechnung ausgewiesen. Nachfolgende Abbildung 11 zeigt eine solche Beispielrechnung.

Abbildung 11: Beispielrechnungsbeleg Oregon

At the Pump	Mileage Fee Receipts	In the Store																																																																				
<p>Leathers Fuels 11421 SE Powell Blvd Portland, OR 97266</p> <p>06/09/06 12:45 PM Card: VISA Batch# 00 Seq # 001 Account# 0007 TESTCARD/TEST Approval 00000N Trans# 882317 Unit# 00011661166 T# 091181206</p> <p>Pump# 1 Unleaded Gallons 19.50 Price/Gal \$ 2.549</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 15%;">ST Fuel Tax</td> <td style="width: 10%;">\$</td> <td style="width: 10%;">(4.68)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Sale Total</td> <td>\$</td> <td>45.03</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">*** ODOT VMT ***</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>VMT Fee</td> <td>:</td> <td>5.12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Rush Hour</td> <td>:</td> <td>40.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>In_Oregon</td> <td>:</td> <td>280.6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Non-Oregon</td> <td>:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>No Signsl</td> <td>:</td> <td>0</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Thank You!</p>	1	ST Fuel Tax	\$	(4.68)	3	Sale Total	\$	45.03	*** ODOT VMT ***				2	VMT Fee	:	5.12	4	Rush Hour	:	40.0		In_Oregon	:	280.6		Non-Oregon	:	0		No Signsl	:	0	<p>1 "ST Fuel Tax" This is a credit for the state gas tax of 24 cents/gallon</p> <p>2. "VMT Fee" This is the mileage fee calculated for this vehicle. This amount is deducted from this driver's endowment account and not included in the transaction payment.</p> <p>3. "Sale Total" This is the the total amout that this driver must pay at the pump. The price of gas and all taxes minus the state gas tax.</p> <p>4. "Rush Hour/In-Oregon/Non-Oregon/No Signal" These are the zones the miles are being counted in. The numbers here represent miles counted since this vehicle's last mileage reading.</p>	<p>csr R# 1 S# 1 T# 882316 10:55 AM 06/09/06</p> <p style="text-align: center;">Leathers Fuels 11421 SE Portland Blvd Portland, OR 97266</p> <p>Pump# 1 Unleaded 19.50 @ 2.549 49.71</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 15%;">ST Fuel Tax</td> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">(4.68)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>VMT Fee</td> <td>:</td> <td>5.1224</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Rush Hour</td> <td>:</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td></td> <td>In_Oregon</td> <td>:</td> <td>280.6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Non-Oregon</td> <td>:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>No Signal</td> <td>:</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: right;">Subtotal 45.03</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Total</td> <td></td> <td>45.03</td> </tr> <tr> <td colspan="3"></td> <td style="text-align: right;">Cash 45.03</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">Thank You!</p>	1	ST Fuel Tax		(4.68)	2	VMT Fee	:	5.1224	4	Rush Hour	:	40		In_Oregon	:	280.6		Non-Oregon	:	0		No Signal	:	0				Subtotal 45.03	3	Total		45.03				Cash 45.03
1	ST Fuel Tax	\$	(4.68)																																																																			
3	Sale Total	\$	45.03																																																																			
*** ODOT VMT ***																																																																						
2	VMT Fee	:	5.12																																																																			
4	Rush Hour	:	40.0																																																																			
	In_Oregon	:	280.6																																																																			
	Non-Oregon	:	0																																																																			
	No Signsl	:	0																																																																			
1	ST Fuel Tax		(4.68)																																																																			
2	VMT Fee	:	5.1224																																																																			
4	Rush Hour	:	40																																																																			
	In_Oregon	:	280.6																																																																			
	Non-Oregon	:	0																																																																			
	No Signal	:	0																																																																			
			Subtotal 45.03																																																																			
3	Total		45.03																																																																			
			Cash 45.03																																																																			

Quelle: Oregon Department of Transportation, 2007, S.20, Abb. 3-2.

Als Belohnung wurde den 299 Versuchsteilnehmern eine Aufwandsentschädigung von maximal 300 US-Dollar, abhängig von der Erreichung von bestimmten Milestones, ausgehändigt. Die erste Hälfte des Feldversuchs wurde als Referenzperiode herangezogen, in der sich die Versuchsteilnehmer mit der Technologie vertraut machen konnten. Beim Tankvorgang wurde hierbei nach wie vor die reguläre Treibstoffsteuer abgerechnet. (vgl. Oregon Department of Transportation, 2007, S. 23)

Darauf aufbauend wurde zwischen den Monaten 6 und 10 die Testperiode durchgeführt. Hierzu wurden die Teilnehmer in eine Kontrollgruppe (zu etwa 10 %), in eine Vehicle Mile Tax (VMT) Gruppe und in eine Rush Hour Gruppe eingeteilt (zu jeweils etwa 45 %). Während die Kontrollgruppe weiterhin die reguläre Treibstoffsteuer zahlte, wurde die Gebührenhöhe für die VMT-Gruppe auf 1,2 Cent (US-Währung) pro Meile festgelegt (was etwa 0,65 Eurocent pro Kilometer per Wechselkurs 2016 entspricht), wobei bei dieser Gruppe keine Differenzierung der Gebührenhöhe nach Zonen erfolgte. Bei der Rush Hour Gruppe wurde hingegen eine erhöhte Gebühr innerhalb der Zone 1 (Metropolregion Portland) wochentags von 7-9 Uhr in der morgendlichen Stoßzeit und von 16-18 Uhr in der abendlichen Stoßzeit

festgelegt. Die Gebührenhöhe betrug hierbei 10 Cent pro Meile (etwa 5,6 Eurocent pro Kilometer), während jedoch in dieser Gruppe die Gebührenhöhe außerhalb der Stoßzeiten von 1,2 Cent pro Meile auf 0,43 Cent pro Meile (etwa 0,24 Eurocent pro Kilometer) reduziert werden musste, um die ursprünglich angestrebte Kostenneutralität gegenüber der Treibstoffsteuer gewährleisten zu können (Abbildung 12). Außerdem wurden in diese Gruppe insbesondere jene Versuchsteilnehmer eingeteilt, bei denen die Wahrscheinlichkeit am höchsten war, während der Stoßzeit in Zone 1 unterwegs zu sein. Für Fahrten außerhalb des Bundesstaates wurde generell keine Gebühr eingehoben. Auch mussten die Gebühren von den Versuchsteilnehmern nicht tatsächlich direkt beim Tankvorgang bezahlt werden, stattdessen erfolgte eine Abbuchung von eigens zur Verfügung gestellten Konten. Deren Kontostand wurde individuell für jeden Versuchsteilnehmer auf Basis der Fahrleistung innerhalb der Referenzperiode bestimmt. Um einen zusätzlichen Anreiz zur Verhaltensänderung zu schaffen, wurden die am Ende übrig gebliebenen Beträge an die jeweiligen Versuchsteilnehmer ausbezahlt. (vgl. Oregon Department of Transportation, 2007, S. 24 f.; vgl. Oregon Department of Transportation, 2007, S. 41 f.)

Abbildung 12: Gebührenhöhe in US-Cent pro Meile, differenziert nach Versuchsgruppe und Gebührenzeitraum

Versuchsgruppe	Gebührenhöhe im Off-Peak	Gebührenhöhe im Peak in Zone 1
Referenzgruppe	0 (Treibstoffsteuer)	0 (Treibstoffsteuer)
VMT Gruppe	1,2	1,2
Rush Hour Gruppe	0,43	10

Quelle: Eigene Darstellung (2016) basierend auf Oregon Department of Transportation, 2007, S. 24.

5.2.2. Pilotversuch 1 – Verkehrsspezifische Auswirkungen

Betrachtet man die Verhaltensveränderungen zwischen der Referenzperiode und dem Ende der Testperiode (Pair 5-8 in nachfolgender Abbildung 13), zeigt sich eine Reduktion bei den insgesamt zurückgelegten Meilen um 12,68 % in der VMT Gruppe und um 15,50 % in der Rush Hour Gruppe. Bei den innerhalb der Stoßzeiten zurückgelegten Meilen zeigt sich lediglich in der Rush Hour Gruppe ein deutlicher Rückgang um 16,11 %, bei den anderen beiden Gruppen erhöhte sich die Fahrleistung in dieser Kategorie um 11,16 % in der VMT Gruppe und um 16,61 % in der Kontrollgruppe. Die gestiegene Fahrleistung in dieser Kategorie könnte beispielsweise auf saisonale Faktoren zurückzuführen sein (vgl. Oregon Department of Transportation, 2007, S. 43). Im Gegensatz dazu kam es bei der Fahrleistung außerhalb der Stoßzeiten wiederum in allen drei Versuchsgruppen zu Reduktionen, am stärksten in der Rush Hour Gruppe mit einem Minus von 13,89 %.

Abbildung 13: Verhaltensänderung zwischen der Referenzperiode und der Testperiode differenziert nach Versuchsgruppe und Untersuchungskategorie in Prozent

Measure: Miles Per Day From Test Minus Miles Per Day From Control		Control Group: Percent Change	VMT Group: Percent Change	Rush Hour Group: Percent Change
Pair 1	Total Miles	-1.606%	-11.904%	-13.812%
Pair 2	Oregon Miles	-1.702%	-8.592%	-13.216%
Pair 3	Off Peak Miles	-5.009%	-11.414%	-12.363%
Pair 4	Peak Miles	13.668%	12.284%	-13.865%
Pair 5	Total Miles (3/25/07 end)	-0.736%	-12.689%	-15.507%
Pair 6	Oregon Miles (3/25/07 end)	-1.799%	-8.954%	-14.776%
Pair 7	Off Peak Miles (3/25/07 end)	-6.256%	-11.815%	-13.894%
Pair 8	Peak Miles (3/25/07 end)	16.617%	11.162%	-16.117%

Quelle: Oregon Department of Transportation, 2007, S.44, Tab. 6-2.

Nachfolgende Abbildung 14 zeigt detailliertere Verhaltensveränderungen für die einzelnen Untersuchungsgebiete und Untersuchungszeiträume. Bei den innerhalb der Stoßzeit in der definierten Zone 1 zurückgelegten Wegstrecken zeigt sich bei der Rush Hour Gruppe ein deutlicher Rückgang in der Höhe von 13 %. In der VMT Gruppe kam es in dieser Kategorie hingegen zu einem Anstieg der Fahrleistung von 18 %. Außerhalb der Stoßzeiten fallen die Unterschiede innerhalb von Zone 1 mit -2 % für die Rush Hour Gruppe und +3 % für die VMT Gruppe deutlich geringer aus, wenngleich allerdings für die Rush Hour Gruppe keine Verlagerung der Fahrten vom Peak in den Off-Peak festgestellt werden kann. Die deutlichen Reduktionen innerhalb Oregons am Wochenende sind aufgrund der ähnlichen Werte in beiden Versuchsgruppen eher auf saisonale Faktoren als auf die Einführung der fahrleistungsabhängigen Abgabe zurückzuführen. Außerhalb Oregons erhöhte die Rush Hour Gruppe die Fahrleistung mit Einführung der Abgabe sehr stark (+56 %), während die VMT Gruppe die Fahrleistung hier mit einem Minus von 28 % deutlich verringerte. In Bezug auf die Wochenenden und die Wegstrecken außerhalb Oregons können Verlagerungseffekte für die Rush Hour Gruppe nicht eindeutig identifiziert werden. (vgl. Guo et al., 2011, S. 18-23)

Abbildung 14: Verhaltensänderung zwischen der Referenzperiode und der Testperiode differenziert nach VMT Gruppe und Rush Hour Gruppe in Prozent

Gebührenzeitraum/Gebührenzone	Fahrleistung Rush Hour Gruppe	Fahrleistung VMT Gruppe
Zone 1 Werktags Peak	-13%	18%
Zone 1 Werktags Off-Peak	-2%	3%
Zone 1 Off-Peak + Oregon	-10%	-4%
Oregon Werktags	-11%	-1%
Oregon Wochenende	-28%	-27%
Außerhalb Oregons (gesamte Woche)	56%	-28%
Gesamt	-15%	-12%

Quelle: Eigene Darstellung (2016) basierend auf Guo et al., 2011, S. 22, Tab. 6.

Allgemein kann festgestellt werden, dass größere Haushalte, höhere Einkommen und das Vorhandensein von Kindern unter 16 Jahren in den Haushalten in Zusammenhang mit einer höheren Fahrleistung in den Stoßzeiten stehen. Eine gute Anbindung an den öffentlichen Verkehr führt hingegen zu einer Reduktion der Fahrleistung in den Stoßzeiten. (vgl. Oregon Department of Transportation, 2007, S. 44)

5.2.3. Pilotversuch 2

Der 2. Pilotversuch (das Road Usage Charge Pilot Program) wurde aufbauend auf den Erkenntnissen des 1. Pilotversuchs von 2012 bis 2013 mit 88 Versuchsteilnehmern durchgeführt (vgl. Oregon Department of Transportation, 2014, S. 3). Aufgrund von Beschwerden und Bedenken bezüglich der Privatsphäre seitens der Bürger wurde das verpflichtende GPS-basierte Erhebungssystem aus dem 1. Pilotversuch wieder verworfen, obwohl vom Hersteller ursprünglich umfassende Sicherheitsmechanismen zum Schutz der Privatsphäre integriert worden waren. Auch zeigten sich im 1. Pilotversuch Akzeptanzprobleme hinsichtlich der verpflichtend einzusetzenden OBU, weshalb im 2. Pilotversuch verschiedenste Erhebungstechnologien zur freien Wahl angeboten wurden, darunter beispielsweise die Erhebung der Fahrleistung über die privaten Smartphones oder auf freiwilliger Basis über GPS-basierte OBU. Die Gebührenhöhe wurde dabei generell auf 1,56 Cent pro Meile fixiert. (vgl. Oregon Department of Transportation, 2007, S. 7; vgl. Oregon Department of Transportation, 2014, S. 8-20)

Im 2. Pilotversuch wurde der Fokus zunehmend auf die Finanzierung der Straßeninfrastruktur gelegt und weniger auf das Verkehrsmanagement. Zudem wurden etwaige verkehrsspezifische Verhaltensänderungen der Teilnehmer nicht mehr analysiert. Der Verzicht auf die verpflichtende Erhebung der Fahrleistung mit Hilfe von GPS bedeutete außerdem das Ende der Möglichkeit zur ortsbasierten Gebühreneinhebung bzw. zur Einbeziehung der Routenwahl. (vgl. Oregon Department of Transportation, 2014, S. 11-18) Aus diesen Gründen wird der 2. Pilotversuch für diese Arbeit als nicht relevant angesehen und somit an dieser Stelle auch nicht genauer analysiert.

5.3. Pilotversuch Löwen

In der Region rund um Löwen¹⁴ wurde im Zeitraum von Februar 2011 bis Januar 2012 (inkl. Vorbereitung) ein Pilotversuch zu fahrleistungsabhängigen Straßenbenutzungsgebühren durchgeführt (vgl. Transport & Mobility Leuven, 2012, online, S. 1; vgl. Maerivoet et al., 2012, S. 930; vgl. Maerivoet & Delhaye, 2012, S. 66). Bei diesem Pilotversuch handelte es sich um ein Proof of Concept, also um einen Test der eingesetzten Technologie sowie um eine Untersuchung der erzielten Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten (vgl. Maerivoet & Delhaye, 2012, S. 12).

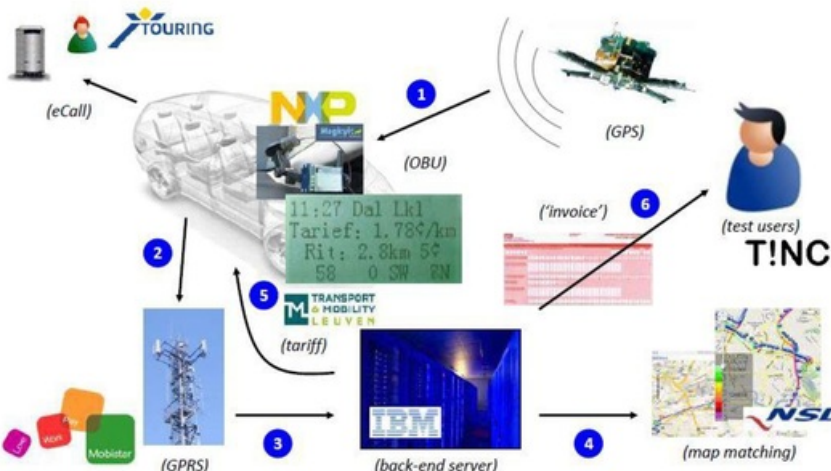
In erster Linie sollte im Rahmen des Pilotversuchs das Mobilitätsverhalten der 34 Versuchsteilnehmer beeinflusst werden, das übergeordnete Ziel war dabei jedoch die Reduktion der externen Kosten, die durch das Verkehrsaufkommen in den Stadtzentren verursacht werden. Die Teilnehmer sollten im Rahmen des Versuchs angeregt werden, nicht nur ihre privaten Grenzkosten sondern auch die sozialen Grenzkosten zu beachten. (vgl. Christiaens, 2014, online, S. 1 f.; vgl. Maerivoet et al., 2012, S. 926 f.) Gleichzeitig sollte die Besteuerung weniger auf dem Fahrzeugbesitz sondern mehr auf dem Ausmaß der Fahrzeugbenutzung basieren (vgl. Transport & Mobility Leuven, 2013, S. 3).

5.3.1. Versuchsaufbau und Funktionsweise

Mit Hilfe einer OBU wird der Standort in Echtzeit über GPS erhoben und in weiterer Folge über GPRS (über eine interne SIM-Karte) an einen Back-End Server übermittelt. Der Server berechnet daraufhin mit Hilfe von Map-Matching die aktuelle Gebühr pro Kilometer, die dem Fahrer anschließend wiederum am Display der OBU angezeigt wird. (vgl. Christiaens, 2014, online, S. 1 f.; vgl. Maerivoet et al., 2012, S. 926 f.) Die eingesetzte OBU wurde dabei an der Windschutzscheibe befestigt, die Sicherstellung der Stromversorgung erfolgte durch Anschluss an den Zigarettenanzünder, wobei als Backup außerdem eine Batterie eingebaut war. Als zusätzliches Feature bot die OBU volle eCall-Funktionalität. Für jede Fahrt konnte anschließend im Internet eine Rechnung mit detaillierter Kostenaufstellung abgerufen werden. (vgl. Maerivoet et al., 2012, S. 928) Auch die detaillierte Betrachtung der Routenverläufe war auf diese Weise möglich (vgl. Maerivoet & Delhaye, 2012, S. 71, Abb. 42). Nachfolgende Abbildung 15 zeigt überblicksartig den beschriebenen Versuchsaufbau.

¹⁴ Löwen oder niederländisch „Leuven“ ist eine belgische Stadt mit etwa 100.000 Einwohnern in der Region Flandern.

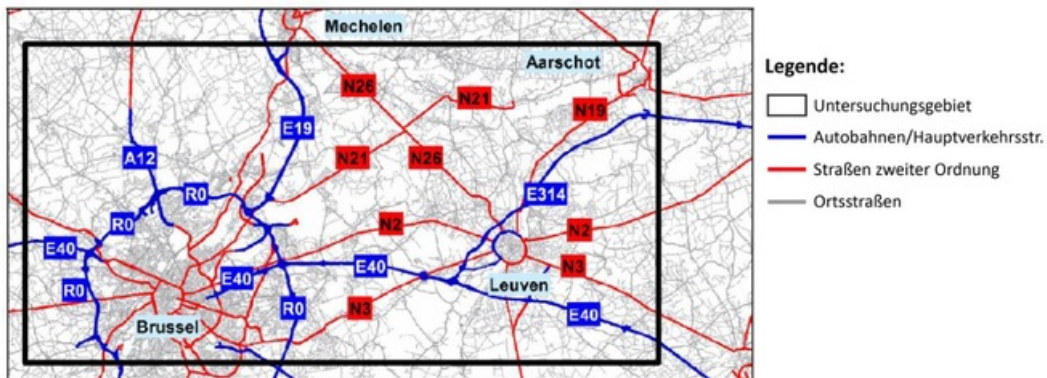
Abbildung 15: Versuchsaufbau des Pilotversuchs Löwen



Quelle: Maerivoet et al., 2012, S. 928, Abb. 1.

Das Untersuchungsgebiet wurde mit einer Größe von etwa 600 km² rund um die Städte Löwen und Brüssel gewählt (vgl. Maerivoet et al., 2012, S. 931). Innerhalb des Untersuchungsgebiets wurde zwischen den drei Straßenkategorien „Autobahnen/Hauptverkehrsstraßen“ (W1), „Straßen zweiter Ordnung“ (W2) und „Ortsstraßen“ (W3) unterschieden, wie nachfolgende Abbildung 16 verdeutlicht (vgl. Transport & Mobility Leuven, 2013, S. 6).

Abbildung 16: Untersuchungsgebiet und Straßentypen



Quelle: Maerivoet et al., 2012, S. 930, Abb. 2; geänderte Darstellung, 2016.

Die Differenzierung nach den Straßenkategorien sollte zu einer optimaleren Ausnutzung der Straßenhierarchie führen (Verwendung der höchsten verfügbaren Straßenkategorie), Schleichwege sollten weitgehend vermieden werden. In Bezug auf die Gebührenhöhe wurde neben der Straßenkategorie auch nach der Fahrleistung, der Tageszeit sowie der Fahrzeugklasse differenziert. (vgl. Transport & Mobility Leuven, 2013, S. 5)

Die Ermittlung der Fahrzeugklasse erfolgte dabei basierend auf der jährlichen Fahrzeugsteuer, welche in Belgien vom Hubraum abhängig ist und über die „Cheval Fiscal“ (Steuer-PS) errechnet wird. Auf diese Weise wurden die vier Fahrzeugkategorien „Unterklasse“, „Mittelklasse“, „Oberklasse“ sowie „elektrische Fahrzeuge“ definiert.¹⁵ (vgl. Transport & Mobility Leuven, 2013, S. 8; vgl. Maerivoet & Delhaye, 2012, S. 48; vgl. Maerivoet et al., 2012, S. 931). Bezüglich der Differenzierung nach der Tageszeit wurde zwischen der morgendlichen Stoßzeit von 6-9 Uhr, der abendlichen Stoßzeit von 16-19 Uhr und dem Off-Peak (außerhalb der Stoßzeiten untertags, in der Nacht sowie am Wochenende) unterschieden (vgl. Transport & Mobility Leuven, 2013, S. 7). Des Weiteren wurde die jährliche PKW-Fahrleistung pro Straßenkategorie und Tageszeit in die Gebührenhöhe mit einberechnet (vgl. Maerivoet et al., 2012, S. 931).

Nachfolgende Abbildung 17 zeigt die Gebührenhöhe differenziert nach Straßenkategorie, Fahrzeugklasse und Tageszeit. Die Abbildung zeigt, dass die Gebührenhöhe in Kategorie W1 geringer ausfällt als in den Kategorien W2 und W3 (mit Ausnahme von Elektrofahrzeugen im Off-Peak). Die Benutzung der Ortsstraßen (W3) wurde am höchsten besteuert. Ebenso wurde die Fahrleistung innerhalb der Stoßzeiten höher besteuert als außerhalb der Stoßzeiten. So beträgt die Gebührenhöhe beispielsweise für Fahrzeuge der Kategorie Mittelklasse innerhalb der Stoßzeiten auf Ortsstraßen 4,83 Cent pro Kilometer.

Abbildung 17: Gebührenhöhe nach Straßen- und Fahrzeugkategorie sowie Tageszeit in Eurocent pro Kilometer

Time of day	Road type	Low class	Medium class	High class	Electric
<i>Peak periods</i>	<i>W1 (motorways)</i>	1.63	2.26	3.04	0.44
	<i>W2 (secondary roads)</i>	2.19	3.06	4.11	0.64
	<i>W3 (local roads)</i>	3.47	4.83	6.50	0.93
<i>Off-peak periods</i>	<i>W1 (motorways)</i>	1.46	2.03	2.73	0.38
	<i>W2 (secondary roads)</i>	1.51	2.10	2.82	0.42
	<i>W3 (local roads)</i>	1.78	2.48	3.34	0.39

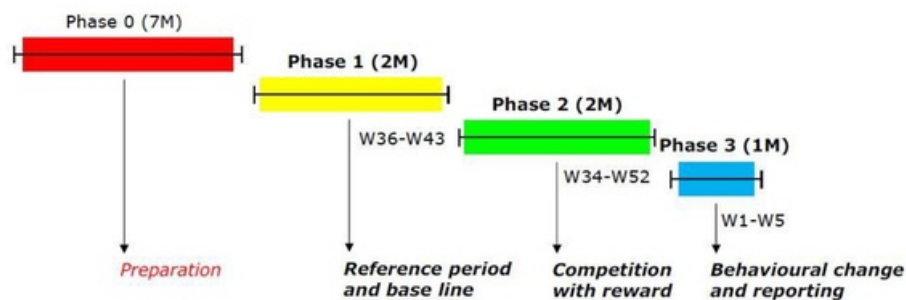
Quelle: Maerivoet et al., 2012, S. 931, Tab. 1.

Die 34 Versuchsteilnehmer wurden so ausgewählt, dass ein möglichst breites Spektrum bezüglich des Mobilitätsverhaltens gewährleistet werden konnte, wobei 74 % der Probanden an fünf Tagen pro Woche pendelten. Fünf Monate lang wurden alle Fahrstrecken aufgezeichnet. (vgl. Maerivoet et al., 2012, S. 932; vgl. Maerivoet & Delhaye, 2012, S. 65) Insgesamt wurden etwa 11.000 Fahrten aufgezeichnet und rund 100.000 Kilometer zurückgelegt (vgl. Transport & Mobility Leuven, 2013, S. 22).

¹⁵ Die Verteilung der Teilnehmer in den Fahrzeugklassen sah folgendermaßen aus: Unterkategorie: 17 Fahrzeuge, Mittelklasse: 13 Fahrzeuge, Oberklasse: 4 Fahrzeuge. Elektrische Fahrzeuge nahmen nicht am Pilotversuch teil. (vgl. Maerivoet & Delhaye, 2012, S. 64)

Der Aufbau des Pilotversuchs war in drei Phasen unterteilt. In Phase 1 wurde zwei Monate lang das Fahrverhalten der 34 Versuchspersonen aufgezeichnet. Diese Phase diente in weiterer Folge als Referenzperiode. In den folgenden zwei Monaten (Phase 2) wurden die Displays der OBUs aktiviert, wodurch die Nutzer ständig über die aktuellen Kosten ihrer Fahrt informiert waren. Mit Hilfe eines Wettbewerbs zwischen den Versuchsteilnehmern wurde in dieser Phase ein Anreiz zur Verhaltensänderung geschaffen, zusätzlich bekamen die Teilnehmer Feedback und Verbesserungsvorschläge zu ihrem Fahrverhalten (beispielsweise hinsichtlich der Straßenwahl oder der Wahl der Fahrtzeitpunkte). Diese Phase diente als Testperiode. Mit Ende der Phase 2 wurde ein Gewinner des Wettbewerbs über die größte erzielte Verbesserung bei den Fahrtkosten (im Vergleich zwischen Phase 1 und 2) ermittelt. In der einmonatigen Phase 3 erfolgte abschließend eine Analyse des Fahrverhaltens nach Beendigung des Wettbewerbs, wodurch die Nachhaltigkeit der Verhaltensänderungen untersucht werden sollte. (vgl. Maerivoet et al., 2012, S. 932) Nachfolgende Abbildung 18 zeigt einen zeitlichen Überblick über den Versuchsablauf. Inclusive Vorbereitungszeit dauerte der Pilotversuch 12 Monate lang, die drei Versuchsperioden umfassten dabei insgesamt fünf Monate.

Abbildung 18: Zeitlicher Versuchsablauf und Phasen im Pilotversuch Löwen



Quelle: Maerivoet et al., 2012, S. 932, Abb. 3.

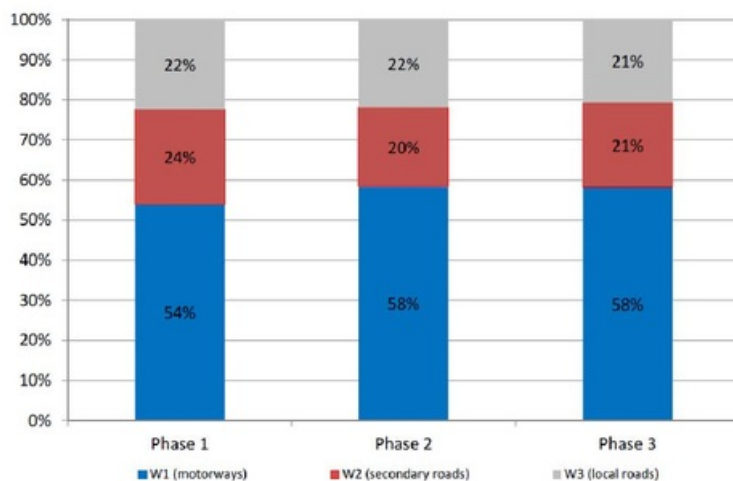
Bezüglich der Sicherheit und dem Schutz der Privatsphäre wurden im Pilotversuch technische Mechanismen wie beispielsweise Datenverschlüsselungen und unterschiedliche Datenbanken für GPS-Positionen und personenbezogene Daten zur Anwendung gebracht. Als weitere Maßnahme könnte bei einer flächendeckenden Umsetzung das Map-Matching statt über den Back-End Server auch innerhalb der OBU durchgeführt werden, um das Versenden von Standortdaten zu vermeiden. (vgl. Maerivoet et al., 2012, S. 928 f.; vgl. Maerivoet & Delhay, 2012, S. 14 ff.)

5.3.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen

Mehr als die Hälfte aller Versuchsteilnehmer änderte während der Testperiode (Phase 2) das eigene Mobilitätsverhalten. Es kam zu einer Verschiebung des Verkehrsaufkommens von den Straßen zweiter Ordnung (W2) hin zu den Autobahnen/Hauptverkehrsstraßen (W1) und zu einer Verschiebung von den Stoßzeiten hin zum Off-Peak. Konkret konnte in den Straßenkategorien W2 und W3 ein Minus von 5 % bei der Fahrleistung innerhalb der Stoßzeiten festgestellt werden. Insgesamt wurden 43 % der Wegstrecken innerhalb der Stoßzeiten zurückgelegt, 57 % während des Off-Peaks. Es konnte außerdem beobachtet werden, dass innerhalb der Testperiode weniger Schleichwege gefahren wurden. (vgl. Maerivoet et al., 2012, S. 932 f.)

Nachfolgende Abbildung 19 zeigt die Verhaltensänderung der Versuchsteilnehmer differenziert nach Versuchsphase und Straßenkategorie. Im Vergleich zwischen Phase 1 und Phase 2 kam es zu einem Anstieg bei den in Kategorie W1 zurückgelegten Wegstrecken um 4 %. Gleichermäßen gingen die in Kategorie W2 zurückgelegten Wegstrecken um 4 % zurück. Insgesamt wurden in der Testperiode 58 % der Wegstrecken auf Autobahnen/Hauptverkehrsstraßen (W1), 20 % auf Straßen zweiter Ordnung (W2) und 22 % auf Ortsstraßen (W3) zurückgelegt. Drei Viertel aller Teilnehmer fielen jedoch in Phase 3 nach Beendigung des Wettbewerbs wieder in ihr altes Verhaltensmuster zurück (vgl. Maerivoet et al., 2012, S. 933).

Abbildung 19: Nutzung der Straßenkategorien differenziert nach Versuchsphasen

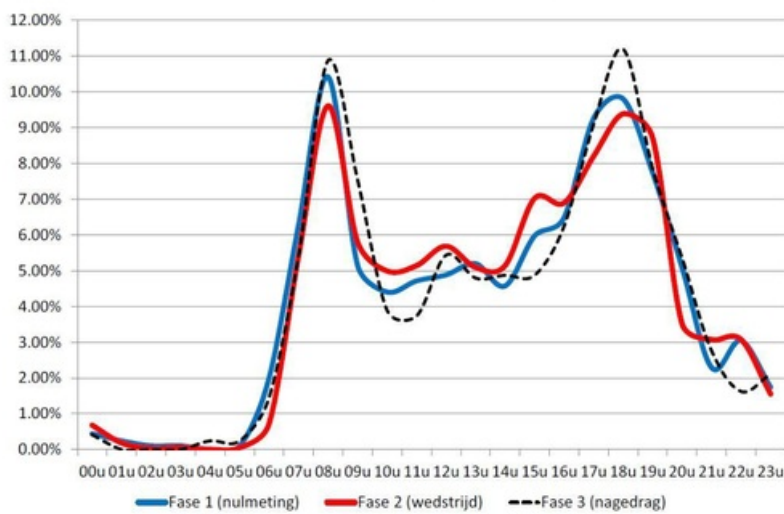


Quelle: Maerivoet et al., 2012, S. 934, Abb. 5.

Die durchschnittlichen Kosten pro Fahrt fielen in Phase 2 geringer aus als in Phase 1, was ebenfalls eine Verhaltensänderung bestätigt bzw. auf die Verschiebung zwischen den

Straßenkategorien zurückzuführen ist (vgl. Maerivoet et al., 2014, S. 8; vgl. Maerivoet & Delhaye, 2012, S. 109). Betrachtet man die Verteilung der Fahrten pro Tag (nachfolgende Abbildung 20) zeigen sich in Phase 2 leichte Reduktionen bei den Fahrten in der morgendlichen und der abendlichen Stoßzeit sowie eine leichte Verschiebung am Abend nach hinten. Auch wurden in Phase 2 verhältnismäßig mehr Fahrten im Off-Peak durchgeführt. Phase 3 zeigt den bereits genannten Rückfall in alte Verhaltensmuster, wengleich sich aus der kurzen Beobachtungsdauer und der geringen absoluten Anzahl an beobachteten Fahrten in dieser Phase wahrscheinlich nicht vollständig repräsentative Daten ableiten lassen. (vgl. Maerivoet et al., 2014, S. 9; vgl. Maerivoet & Delhaye, 2012, S. 105)

Abbildung 20: Verteilung der Fahrten pro Tag (Tagesganglinie) differenziert nach Versuchsphasen



Quelle: Maerivoet et al., 2014, S. 9, Abb. 6.

Konkludierend wird geschätzt, dass rund 30 % der Fahrten innerhalb der Stoßzeiten dem Freizeitverkehr zuzuordnen sind und insbesondere diese Fahrten in den Off-Peak verschoben werden könnten. Insgesamt wird die Technologie nach dem Pilotversuch als marktreif beurteilt. (vgl. Transport & Mobility Leuven, 2012, online, S. 2)

5.4. Pilotversuch Brüssel

Rund um die belgische Hauptstadt Brüssel (in der „Brussels Regional Express Network Zone“ oder auch „BREN-Zone“) wurde ab August 2013 von den drei belgischen Regionen (der flämischen Region, der wallonischen Region und der Region Brüssel-Hauptstadt) ein Pilotprojekt zu fahrleistungsabhängigen Straßenbenutzungsgebühren bei privaten PKWs durchgeführt. Das Projekt sollte insbesondere die Frage klären, inwiefern die Mobilitätsentscheidungen durch Road Pricing beeinflusst werden. In weiterer Folge sollten auch die Einflussfaktoren des öffentlichen Verkehrs und von sozioökonomischen Variablen (wie beispielsweise Einkommen und Haushaltszusammensetzung) untersucht werden. (vgl. Mayeres, 2015, S. 3)

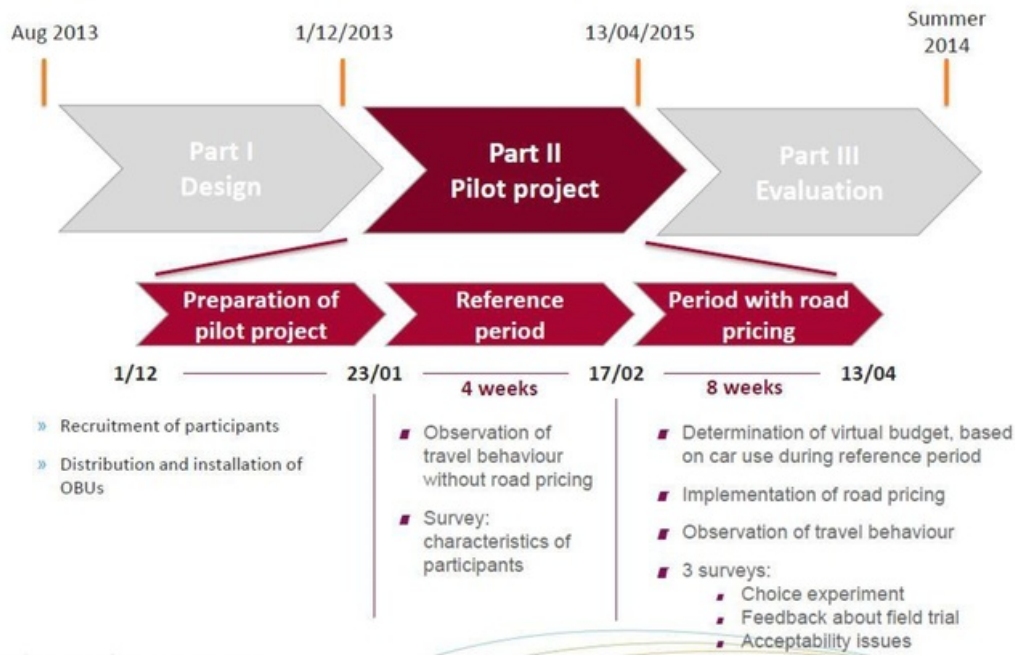
Da die Abschlussberichte zu diesem Pilotversuch nicht öffentlich verfügbar waren, konnte im Rahmen dieser Arbeit lediglich eine Analyse der wichtigsten Daten und der wichtigsten verkehrsspezifischen Auswirkungen erfolgen.

5.4.1. Versuchsaufbau und Funktionsweise

Die fahrleistungsabhängige Abgabe wurde mit Hilfe von satellitengestützten OBUs, die in die Fahrzeuge der Teilnehmer eingebaut wurden, erhoben. Die Abrechnung basierte dabei neben den zurückgelegten Kilometern auch auf der Tageszeit sowie auf der Straßenkategorie bzw. auf den definierten Gebühreazonen (vgl. Mayeres, 2015, S. 6-14; vgl. Cendrowicz, 2014, online). Insgesamt nahmen etwa 1000 Versuchsteilnehmer am Pilotprojekt teil. Es wurden dabei insbesondere Personen ausgewählt, die innerhalb der BREN-Zone wohnten und arbeiteten (sofern diese berufstätig waren). Die Versuchsteilnehmer mussten außerdem an vier Online-Befragungen teilnehmen. (vgl. Mayeres, 2015, S. 5)

Nachfolgende Abbildung 21 zeigt den zeitlichen Ablauf des Pilotprojekts. Aufbauend auf der Versuchsvorbereitung wurde eine vierwöchige Referenzperiode durchgeführt, in der das Fahrverhalten ohne fahrleistungsabhängige Abgabe aufgezeichnet wurde. Basierend auf dieser Referenzperiode wurde den Teilnehmern anschließend ein virtuelles Budget zur Verfügung gestellt, von dem die in der darauffolgenden achtwöchigen Testperiode getätigten Fahrten fahrleistungsabhängig bezahlt werden mussten. Das verfügbare Budget war jederzeit online und über die OBU einsehbar. Am Projektende wurde das übrig gebliebene Budget an die Versuchsteilnehmer ausbezahlt um einen zusätzlichen Anreiz zur Verhaltensänderung zu schaffen. (vgl. Mayeres, 2015, S. 9)

Abbildung 21: Zeitlicher Ablauf im Pilotversuch Brüssel



Quelle: Mayeres, 2015, S. 6.

In Bezug auf die Gebührenhöhe wurde neben der kilometerbasierten Fahrleistung auch nach Tageszeit und Wochentag sowie nach vorab definierten Gebührenzonen unterschieden. Nachfolgende Abbildung 22 zeigt die Unterteilung der Gebührekategorien nach der Tageszeit. Die Stoßzeiten wurden auf 7-9 Uhr vormittags und auf 16-18 Uhr nachmittags festgelegt. Von 22 Uhr bis 5 Uhr früh wurden generell keine Gebühren eingehoben (Kategorie „Rest of the day“). Die restliche Tageszeit wurde als Off-Peak definiert, wobei hier geringere Gebühren eingehoben wurden als innerhalb der Stoßzeiten.

Abbildung 22: Einteilung der Tageszeit in Gebührekategorien

	Week	Weekend
05h00 – 07h00	Off-peak	Off-peak
07h00 – 09h00	Peak	
09h00 – 16h00	Off-peak	
16h00 – 18h00	Peak	
18h00 – 22h00	Off-peak	
22h00 – 05h00	Rest of the day	Rest of the day

Quelle: Mayeres, 2015, S. 8.

Nachfolgende Abbildung 23 zeigt die Gebührenhöhe aufgeschlüsselt nach Gebührekategorien und Gebührenzonen. In Bezug auf die Gebührenzonen wurde dabei zwischen den Kategorien „Autobahnen“, „ausgewählte urbane Bereiche“, „Rest der BREN-Zone“ und „außerhalb der BREN-Zone“ unterschieden. Außerhalb der BREN-Zone wurde

überhaupt keine Gebühr verrechnet. Im Off-Peak wurde die Gebührenhöhe im Vergleich zu den Stoßzeiten halbiert. Die höchste Gebühr wurde in den ausgewählten urbanen Bereichen innerhalb der Stoßzeiten mit einer Gebührenhöhe von 9 Cent pro Kilometer eingehoben.

Abbildung 23: Gebührenhöhe differenziert nach Gebührenzone und Gebührenkategorie in Cent pro Kilometer

Eurocent/ car km	Peak	Off-peak	Rest of the day
Highways	5.00	2.50	0.00
Selected urban areas	9.00	4.50	0.00
Rest of the BREN-zone	6.50	3.25	0.00
Outside the BREN-zone	0.00	0.00	0.00

Quelle: Mayeres, 2015, S. 8.

5.4.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen

In der Testperiode konnte eine generelle Reduktion der Fahrleistung innerhalb der BREN-Zone um 5,5 % erreicht werden (Abbildung 24). In Bezug auf die Nutzung der Gebührenzonen kam es zu Verschiebungen hin zu den billigeren Zonen. In den ausgewählten urbanen Gebieten kam es zu einer Reduktion der Fahrleistung um 8 %. Die geringsten Reduktionen konnten auf den Autobahnen erzielt werden, was auf die geringe Gebührenhöhe zurückgeführt werden kann. Außerhalb der BREN-Zone kam es zu einem Zuwachs der Fahrleistung von 4 %. In Bezug auf die Tageszeit wurde die Fahrleistung innerhalb der Stoßzeiten um 3,6 % reduziert, die Anzahl der Fahrten ging hier um 2 % zurück. Im Vergleich zur Referenzperiode reduzierten 60 % der Haushalte ihre wöchentlichen Reisekosten. (vgl. Mayeres, 2015, S. 11)

Abbildung 24: Zusammenfassung der verkehrsspezifischen Auswirkungen

Gebührenzone	Fahrleistung
BREN-Zone	-5,5%
Ausgewählte urbane Gebiete	-8,0%
Außerhalb der BREN-Zone	4,0%
Zeitraum	Fahrleistung
Innerhalb der Stoßzeiten	-3,6%

Quelle: Eigene Darstellung (2016) basierend auf Mayeres, 2015, S. 11.

Insgesamt fiel auch die Anzahl der Fahrten mit Beginn der Testperiode. Die Fahrtenanzahl wurde dabei von Haushalten stärker reduziert, die innerhalb der ausgewählten urbanen Gebiete angesiedelt waren. Auch während der Schulferien erfolgte eine stärkere Reduktion der Fahrten. Geringere Reduktionen der Fahrtenanzahl gab es hingegen in Haushalten in denen mindestens ein Teilnehmer eine Jahreskarte für den öffentlichen Verkehr besaß, Erfahrungen mit Ride Sharing vorhanden waren oder der PKW für berufliche Zwecke benötigt wurde. (vgl. Mayeres, 2015, S. 13)

Als Ausweichverhalten wurde von den Versuchsteilnehmern Zufußgehen, Radfahren, die Zusammenlegung von Fahrten sowie die Veränderung des Einkaufsverhaltens (Verlagerung in günstigere Tageszeiten oder Wahl von näheren Einkaufsmöglichkeiten) genannt (vgl. Mayeres, 2015, S. 12).

Konkludierend wird angemerkt, dass die Verhaltenseffekte bei einer definitiven Einführung mit flächendeckendem Maßstab stärker ausfallen dürften. Auch konnten aufgrund der kurzen Versuchsdauer keine langfristigen Effekte berücksichtigt werden. Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass bei höheren Tarifen eine stärkere Verhaltensänderung eintreten dürfte. Insgesamt kann im Rahmen des Pilotversuchs jedoch nicht von einer sehr starken Verhaltensänderung gesprochen werden. (vgl. Mayeres, 2015, S. 18)

5.5. Minnesota Road Fee Test

Angeführt vom Minnesota Department of Transportation wurde in den Jahren 2007 bis 2012 im US-Bundesstaat Minnesota ein Pilotprojekt zu fahrleistungsabhängigen Straßenbenutzungsgebühren mit dem Hintergedanken initiiert, eine Alternative zum gängigen treibstoffabhängigen Gebührenmodell zu finden (vgl. Rephlo, 2013, S. 1 f.). Das Pilotprojekt bezog dabei 500 Versuchsteilnehmer mit ein (vgl. Rephlo, 2013, S. 20). Aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte und dem hohen Verkehrsaufkommen wurde der Fokus der Untersuchung auf die beiden „Twin Cities“ Minneapolis und Saint Paul (die sogenannte Metrozone) gelegt (vgl. Rephlo, 2013, S. 8). Nachfolgende Abbildung 25 gibt einen Überblick über die definierte Metrozone.

Abbildung 25: Minnesota Road Fee Test - Umfeld und Metrozone



Quelle: Rephlo, 2013, S. 14, Abb. 6.

5.5.1. Versuchsaufbau und Funktionsweise

In Bezug auf die Gebührenhöhe wurde versucht, eine Kostenneutralität im Vergleich zur vorhandenen Treibstoffsteuer zu gewährleisten. Neben der zurückgelegten Wegstrecke wurde die Gebührenhöhe auch durch die Örtlichkeit (innerhalb und außerhalb der Metrozone) sowie durch die Tageszeit (Trennung in Stoßzeiten und Off-Peak) beeinflusst, wie nachfolgende Abbildung 26 darstellt. Für zurückgelegte Wegstrecken außerhalb des Bundesstaates wurde keine Abgabe eingehoben. (vgl. Rephlo, 2013, S. 12 f.; vgl. Rephlo, 2013, S. 133). Auf eine zusätzliche (potenziell mögliche) Unterscheidung nach Fahrzeugtyp oder Straßenkategorie wurde im Rahmen des Pilotversuchs verzichtet (vgl. Rephlo, 2013, S. 156). Die Stoßzeiten wurden wochentags auf 7-9 Uhr früh und auf 16-18 Uhr nachmittags festgelegt. Bei der Gebührenhöhe wurde lediglich zwischen zwei Abstufungen (1 US-Cent sowie 3 US-Cent pro Meile, was etwa 0,56 bis 1,7 Eurocent pro Kilometer per Wechselkurs 2016 entspricht) unterschieden.

Abbildung 26: Tarifübersicht Minnesota Road Fee Test in US-Dollar pro gefahrener Meile

Current Driving Location		Peak Times Monday-Friday 7AM-9AM 4PM-6PM	Off Peak Times
Outside of Minnesota		\$0.00	\$0.00
Inside Minnesota	Outside the Twin Cities Metro Zone	\$0.01	\$0.01
	Inside the Twin Cities Metro Zone	\$0.03	\$0.01

Quelle: Rephlo, 2013, S. 13, Tab. 2.

Als Erhebungstechnologie wurde eine Smartphone-Anwendung eingesetzt, welche zum einen zur Ermittlung und Berechnung der fahrleistungsabhängigen Abgabe (basierend auf GPS) sowie zum anderen zur Übermittlung von sicherheitsrelevanten Verkehrsinformationen (basierend auf Mobilfunk) geeignet war. Den Versuchsteilnehmern wurden hierzu eigene Smartphones zur Verfügung gestellt. Am Ende der Testperiode erfolgte ein Abgleich der auf diese Weise erhobenen Fahrleistungsdaten mit den fahrzeugeigenen Kilometerzählern. Für Wegstrecken, die zuvor nicht per Smartphone abgerechnet wurden, wurde im Zuge dieses Abgleichs der höchste Gebührensatz eingehoben. Dies wurde insbesondere damit begründet, dass den Nutzern eine größere individuelle Freiheit gewährt werden sollte. Gleichzeitig sollte dadurch auch Missbrauch vermieden und ein Anreiz zur Benutzung der Smartphones geschaffen werden. Um sicherzustellen dass sich das Smartphone im zugehörigen Fahrzeug befindet, wurde ein Modul an die Bordelektronik des Fahrzeugs angeschlossen, das über Bluetooth mit dem Smartphone kommunizieren konnte. (vgl. Rephlo, 2013, S. 15-57)

Zusätzlich wurden im Rahmen des Pilotprojekts auch die Auswirkungen und die Sinnhaftigkeit der Übermittlung von sicherheitsrelevanten Verkehrsinformationen getestet.¹⁶ Hierzu wurden die Verkehrsinformationen in die Kategorien „Schulzonen“, „Geschwindigkeitszonen“ (bezogen auf Tempolimits), „Kurven“ und „Baustellen“ eingeteilt. Insgesamt wurden 98 solcher Zonen für das Projekt definiert. (vgl. Rephlo, 2013, S. 18)

Eine detaillierte Übersicht aller Fahrten konnte online über das Teilnehmerportal abgerufen werden. Als Belohnung erhielten die Teilnehmer maximal 375 US-Dollar zuzüglich dem zur Verfügung gestellten Smartphone. (vgl. Rephlo, 2013, S. 20-23) Um saisonale Abweichungen und externe Faktoren mit einbeziehen zu können, wurden die Versuchsteilnehmer in drei verschiedene Versuchsgruppen eingeteilt, die über unterschiedliche Zeiträume innerhalb eines Jahres verteilt wurden. Bei jeder Gruppe wurde eine zweimonatige Referenzperiode,

¹⁶ Die sicherheitsrelevanten Verkehrsinformationen wurden mit Hilfe der entwickelten Anwendung an das Smartphone gesendet.

gefolgt von einer viermonatigen Testperiode durchgeführt. Die Referenzperiode diente in erster Linie der Erfassung des normalen Fahrverhaltens der Versuchsteilnehmer, um spätere Vergleiche zu ermöglichen. (vgl. Rephlo, 2013, S. 23 ff.) In den Testperioden wurden insgesamt etwa 500.000 Fahrten erfasst (vgl. Rephlo, 2013, S. 242). Nachfolgende Abbildung 27 zeigt überblicksartig den Versuchsablauf und die Einteilung der Versuchsgruppen über unterschiedliche Zeiträume.

Abbildung 27: Versuchsablauf und Versuchsgruppen Minnesota

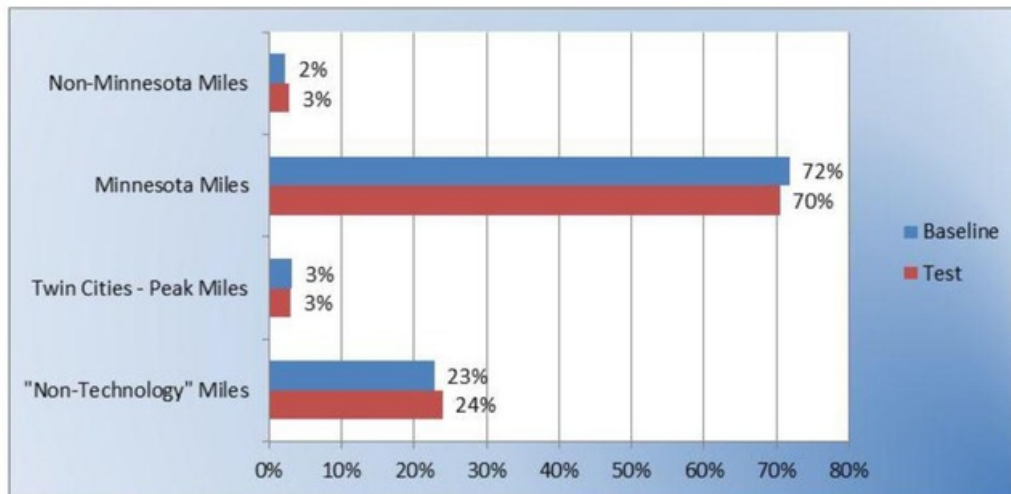
	2011				2012									
	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct
Wave A	Baseline			Test										
Wave B				Baseline			Test							
Wave C									Baseline			Test		

Quelle: Rephlo, 2013, S. 24, Tab. 4.

5.5.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen

Nachfolgende Abbildung 28 zeigt die Verteilung der Wegstrecken nach den Gebührenkategorien zwischen den Referenzperioden und den Testperioden. Wurden in den Referenzperioden noch 72 % der Wegstrecken innerhalb Minnesotas zurückgelegt, waren es in den Testperioden nur noch 70 %. Gleichzeitig erhöhte sich die Fahrleistung außerhalb Minnesotas um einen Prozentpunkt. 23-24 % der zurückgelegten Wegstrecken entfallen auf die Kategorie der „Non-Technology“ Miles, die sich auf Wegstrecken bezieht, die nicht per Smartphone sondern im Zuge der Abgleichung mit dem Kilometerzähler erhoben wurden und die deshalb keiner Örtlichkeit zugeordnet werden konnten. Gründe für den hohen Anteil der Wegstrecken in dieser Kategorie waren insbesondere technische Probleme sowie seitens der Versuchspersonen ausgeschaltete Smartphones. In der Kategorie der Twin Cities – Peak Miles (bezieht sich auf die Stoßzeiten in der Metrozone mit einer Gebührenhöhe von 3 Cent pro Meile) nimmt die Fahrleistung in beiden Perioden jeweils einen Anteil von etwa 3 % ein. (vgl. Rephlo, 2013, S. 54 f.)

Abbildung 28: Verteilung der Wegstrecken pro Gebührenkategorie differenziert nach Referenzperiode und Testperiode



Quelle: Rephlo, 2013, S. 55, Abb. 22.

Schränkt man den Fokus der Betrachtung auf die Anzahl der Fahrer ein, die tatsächlich Wegstrecken innerhalb der Kategorie der Twin Cities – Peak Miles zurückgelegt haben (was einem Anteil von 57 % der Versuchsteilnehmer entspricht), ergibt sich hier eine deutliche Reduktion der Fahrleistung in der Höhe von 15,6 %. Unklar bleibt in Bezug auf diesen Rückgang jedoch die Einflusshöhe der „Non-Technology“ Miles. (vgl. Rephlo, 2013, S. 155 f.)

Betrachtet man die in Abbildung 29 dargestellte Veränderung der durchschnittlichen Fahrleistung pro Tag differenziert nach der Erhebungskategorie, zeigt sich, dass die in den Testperioden erzielte Reduktion bei der per Smartphone erhobenen Fahrleistung mit einem Minus von 9 % deutlich stärker ausfiel als bei der Betrachtung der per Kilometerzähler erhobenen Gesamtfahrleistung (-2,5 %). Dies kann auf eine Reihe von externen Einflussfaktoren zurückgeführt werden, so beispielsweise auch hier auf die bereits erwähnten „Non-Technology“ Miles. Es ist davon auszugehen, dass die erzielte Verhaltensreaktion bei einer tatsächlichen Umsetzung des Abgabensystems irgendwo zwischen diesen Werten liegen würde. (vgl. Rephlo, 2013, S. 148-158)

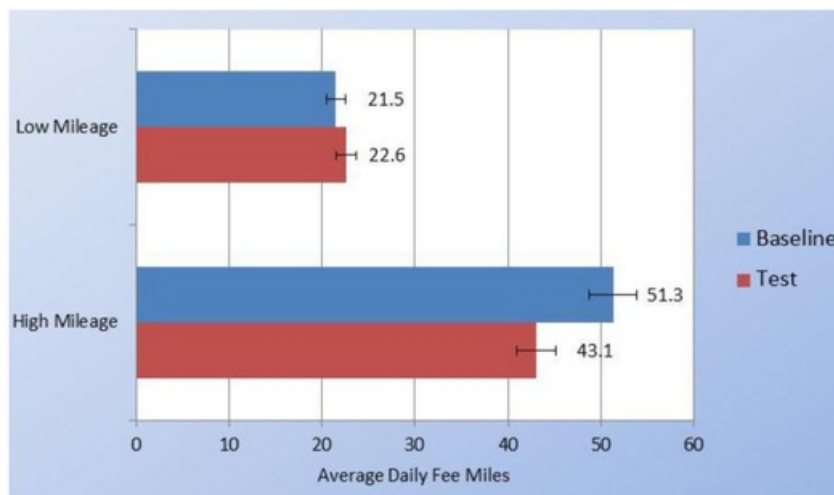
Abbildung 29: Durchschnittlich Fahrleistung pro Tag in Meilen differenziert nach Erhebungskategorie und Versuchszeitraum

Metric	Miles per Day Baseline	Miles per Day Test	Percent Change
Odometer Miles	45.0	43.9	-2.5%
Device Miles	37.1	33.8	-9.0%
Fee Miles	36.0	32.5	-9.6%

Quelle: Rephlo, 2013, S. 148, Tab. 40.

Basierend auf den durchschnittlichen täglichen Fahrleistungen (auf Mautstrecken) der Teilnehmer in der Referenzperiode wurden alle Versuchsteilnehmer in die beiden Fahrleistungskategorien „Low Mileage“ (geringe Fahrleistung) und „High Mileage“ (hohe Fahrleistung) eingeteilt. In der Kategorie der hohen Fahrleistung zeigt sich hier mit einem Minus von 16 % ein deutlicher Rückgang im Gegensatz zu einem Anstieg von 5 % bei den Teilnehmern mit geringer täglicher Fahrleistung (Abbildung 30). (vgl. Rephlo, 2013, S. 151)

Abbildung 30: Durchschnittliche bemaute Meilen pro Tag getrennt nach Versuchszeitraum und Fahrleistungskategorie



Quelle: Rephlo, 2013, S. 152, Abb. 42.

5.5.3. Volkswirtschaftliche und soziale Auswirkungen

Nachfolgende Abbildungen 31 und 32 zeigen die Verhaltensänderung differenziert nach der Einkommenshöhe. Die Einkommensgruppe mit 35.000 bis 49.000 US-Dollar jährlich zeigte die mit Abstand geringste Verhaltensänderung, sowohl in Bezug auf die durchschnittlich gefahrene Mautstrecke pro Tag, als auch in Bezug auf die durchschnittlich bezahlte Gebührenhöhe pro Tag. Dieser Umstand dürfte auf unflexible Pendelstrecken bzw. Pendelzeiten in dieser Einkommensgruppe hindeuten. Bei den restlichen drei dargestellten Einkommenskategorien sind hingegen deutliche Reduktionen ersichtlich. (vgl. Rephlo, 2013, S. 150)

Abbildung 31: Durchschnittlich gefahrene Mautstrecke pro Tag differenziert nach Einkommensgruppen

Income Bracket (n)	Miles per Day Baseline	Miles per Day Test	Percent Change
Under \$35k (n=26)	27.7	25.2	-9.3%
\$35-49K (n=66)	28.9	28.8	-0.2%
\$50-74K (n=153)	36.5	32.2	-12.0%
\$75k+ (n=230)	38.6	34.6	-10.2%

Quelle: Rephlo, 2013, S. 148, Tab. 40.

Abbildung 32: Durchschnittlich bezahlte Abgabenhöhe pro Tag differenziert nach Einkommensgruppen

Income Bracket (n)	Fee per Day Baseline	Fee per Day Test	Percent Change
Under \$35k (n=26)	\$0.28	\$0.26	-8.2%
\$35-49K (n=66)	\$0.30	\$0.30	-1.5%
\$50-74K (n=153)	\$0.40	\$0.35	-13.4%
\$75k+ (n=230)	\$0.41	\$0.37	-9.8%

Quelle: Rephlo, 2013, S. 148, Tab. 40.

Vergleicht man die erzielten Einnahmen für die gefahrenen Meilen aus der erhobenen Abgabe mit der geschätzten Höhe der Einnahmen aus der Treibstoffsteuer¹⁷ (Abbildung 33), zeigt sich, dass bei den per Smartphone erhobenen Gebühren ein Einkommensdefizit von 20 % gegenüber der regulären Treibstoffsteuer vorhanden ist. Bezieht man allerdings alle erhobenen Meilen mit ein, ergibt sich ein Einkommensplus von 14 %. Die ursprünglich angestrebte Kostenneutralität konnte somit nicht gänzlich erreicht werden, was insbesondere darauf zurückzuführen ist, dass der hohe Anteil der „Non-Technology“ Miles bei der ursprünglichen Berechnung der Abgabenhöhe vom Projektteam unterschätzt wurde. (vgl. Rephlo, 2013, S. 157 f.)

Abbildung 33: Einnahmen aus Treibstoffsteuer und fahrleistungsabhängiger Abgabe im Vergleich

Revenue Source	Device Miles (excluding "non-technology" miles)	All Miles (including "non-technology" miles)*
MBUF	\$ 19,844	\$ 37,830
Fuel Tax	\$ 24,944	\$ 33,266
Difference	- 20%	+ 14%

*Note that these fees represent more miles than were reflected on participants' odometers in some cases due to issues with the device during the test that were not apparent at the time.

Quelle: Rephlo, 2013, S. 158, Tab. 52.

¹⁷ Die Höhe der Einnahmen wurde basierend auf Angaben der Versuchsteilnehmer zu Fahrzeugmodell und Modelljahr geschätzt.

5.6. Puget Sound Traffic Choices Study

Das Puget Sound Regional Council (PSRC) führte in den Jahren 2005 bis 2006 mit der sogenannten „Traffic Choices Study“ einen Pilotversuch mit fahrleistungsabhängigen GPS-basierten Straßenbenutzungsgebühren in der 3,4 Mio. Einwohner zählenden Region Puget Sound (Großraum Seattle, 93 US-Bundesstaat Washington) durch. Unterstützt wurde das Projekt dabei von der Federal Highway Administration und dem Washington State Department of Transportation. (vgl. Cerruti, 2016, online, S. 3; vgl. Council of State Governments, 2010, S. 4; vgl. Puget Sound Regional Council, 2006, S. 2) Durchgeführt wurde der Pilotversuch insbesondere als Reaktion auf die hohen externen Staukosten, als Reaktion auf den in Anbetracht der steigenden Verkehrsnachfrage nicht ausreichenden Ausbau der Infrastrukturkapazitäten sowie zur Erhöhung der Effizienz und zur Steuerung der Mobilitätsnachfrage (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 1). Die Hauptziele waren dabei die Untersuchung der Verhaltensreaktion in Bezug auf die Einhebung einer Straßengebenutzungsgebühr, die Untersuchung von Umsetzungsproblemen sowie drittens der Praxistest einer technologischen Umsetzungsweise, die größtenteils ohne zusätzliche straßenseitige Infrastruktur auskommt (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 1 f.).

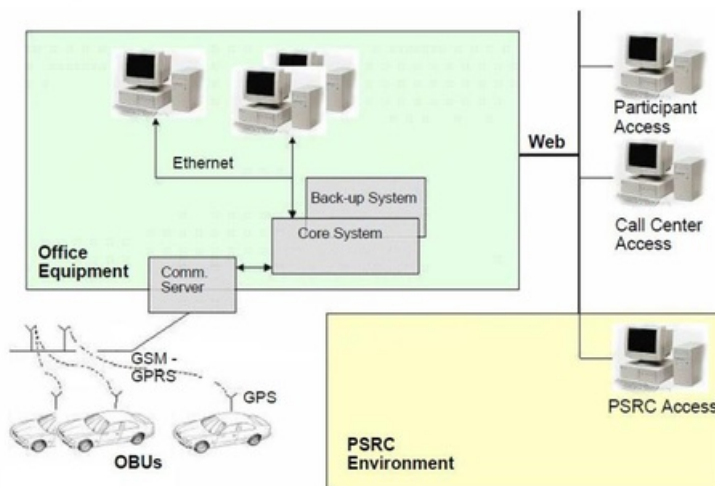
5.6.1. Versuchsaufbau und Funktionsweise

Im Rahmen des Pilotversuchs wurde das Mobilitätsverhalten von 276 Haushalten bzw. 450 Fahrzeugen durchschnittlich 18 Monate lang überwacht. Das Mobilitätsverhalten wurde dabei sowohl vor als auch nach Einführung der Abgabe beobachtet, was in weiterer Folge die Analyse der Verhaltensänderungen ermöglichte. Die Referenzperiode wurde dabei von April 2005 bis Juni 2005, die Testperiode von Juli 2005 bis Februar 2006 durchgeführt. Um einen Anreiz zur Verhaltensänderung zu schaffen, wurden den Teilnehmern Reisebudgets zugeteilt, von denen die Straßenbenutzungsgebühren in der Testperiode abgezogen wurden. Der nach Projektende übrig gebliebene Differenzbetrag durfte von den Teilnehmern einbehalten werden. Über eine Anpassung des Mobilitätsverhaltens konnten die Versuchsteilnehmer somit am Projektende einen individuellen Geldbetrag gewinnen, wobei die minimale Auszahlung am Ende 150 Dollar (Aufwandsentschädigung) betrug. (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 1-7; vgl. Cerruti, 2016, online, S. 9 f.) Das zu Beginn der Testperiode zugewiesene Reisebudget reichte dabei von mindestens 791 Dollar bis hin zu maximal 4.116 Dollar (durchschnittlich 1.942 Dollar) und wurde basierend auf den Reiseausgaben der Haushalte innerhalb der Referenzperiode errechnet (vgl. Cerruti, 2016, online, S. 9-13).

Erhoben wurden die Mobilitätsdaten mit Hilfe einer GPS-basierten OBU, die in die Fahrzeuge der Versuchsteilnehmer eingebaut wurde. Die OBU war dabei in der Lage, den aktuellen Tarif (aktuelle Gebühr pro Meile sowie die gesamten Fahrtkosten) und eine Beschreibung der aktuellen Straße anzuzeigen und beherrschte außerdem GIS-basiertes Map-Matching. In periodischen Abständen wurden die Daten von der OBU mittels Mobilfunk an einen zentralen Server übermittelt. (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 7; vgl. Cerruti, 2016, online, S. 11) In Bezug auf die Tarifgestaltung wurde unterschieden zwischen zurückgelegter Wegstrecke, Tageszeit, Wochentag und Straßenart (vgl. Cerruti, 2016, online, S. 9). Besteuert wurden dabei alle Highways und die meisten Hauptverkehrsstraßen (insgesamt 6.600 Straßenverbindungen) in der Region Puget Sound (Großraum Seattle) (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 1). Über einen Online-Account erfolgte für die Versuchsteilnehmer die Aufschlüsselung der Fahrten und des restlichen Reisebudgets. Jedes Monat wurde den Teilnehmern außerdem eine Rechnungsübersicht per Email zugesandt. (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 8; vgl. Cerruti, 2016, online, S. 11) Insgesamt wurden im Pilotversuch etwa 750.000 Fahrten und 4,5 Mio. zurückgelegte Fahrzeugmeilen (entspricht etwa 7,2 Mio. Fahrzeugkilometern) aufgezeichnet (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 9). Nachfolgende Abbildung 34 zeigt überblicksartig die Funktionsübersicht bzw. den Versuchsaufbau. Abbildung 35 zeigt die besteuerten Straßen unterteilt nach Straßenkategorie (Freeways und Non-Freeways).

58

Abbildung 34: Funktionsübersicht der Traffic Choices Study



Quelle: Puget Sound Regional Council, 2006, S. 8.

Abbildung 35: Bemautes Straßennetz und Straßenkategorien in der Traffic Choices Study



Quelle: Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 12; geänderte Darstellung, 2016.

In Bezug auf die Tarifgestaltung wurde Downtown Seattle komplett von der Gebühreneinhebung ausgenommen (vgl. Cerruti, 2016, online, S. 9). Wie nachfolgende Abbildung 36 zeigt, wurde die Benutzung von Highways doppelt so hoch besteuert (bis maximal 50 US-Cent pro Meile, was etwa 27 Eurocent pro Kilometer per Wechselkurs 2016 entspricht) wie die Benutzung sonstiger Straßen (bis maximal 25 US-Cent pro Meile). Am Wochenende wurden deutlich niedrigere Gebühren eingehoben als unter der Woche. Zusätzlich erfolgte eine Differenzierung nach der Tageszeit, wobei die höchsten Gebühren werktags innerhalb der Stoßzeiten zwischen 6-9 Uhr früh und 16-19 Uhr abends eingehoben wurden.

Abbildung 36: Gebührenhöhe in der Traffic Choices Study in Dollar pro Meile

	Mon-Fri		
	Highway	Non-highway	Downtown Seattle
10pm-6am	\$0	\$0	\$0
6am-9am	\$0.40	\$0.20	\$0
9am-4pm	\$0.15	\$0.075	\$0
4pm-7pm	\$0.50	\$0.25	\$0
7pm-10pm	\$0.10	\$0.05	\$0
	Sat-Sun		
	Highway	Non-highway	Downtown Seattle
10pm-6am	\$0	\$0	\$0
6am-10am	\$0.10	\$0.05	\$0
10am-7pm	\$0.20	\$0.10	\$0
7pm-10am	\$0.10	\$0.05	\$0

Quelle: Cerruti, 2016, online, S. 38, Tab. 1.

5.6.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen

Im Rahmen des Pilotversuchs wurden mehrere Einflussfaktoren auf das Verkehrsverhalten untersucht, darunter beispielsweise das Haushaltseinkommen, die Haushaltsgröße, die Anzahl der Fahrzeuge pro Haushalt, der Wochentag und der Zeitpunkt der Fahrt (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 11). Insgesamt konnte bei den teilnehmenden Haushalten eine deutliche Verhaltensreaktion beobachtet werden. So wurden beispielsweise die Anzahl der Fahrten und die durchschnittliche Fahrtdauer reduziert, der Fahrtzeitpunkt und die Routenwahl angepasst sowie mehrere Fahrten in einer einzelnen Fahrt kombiniert. (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 12 f.)

Die erste Woche nach Einführung der Gebühren wurde als Anpassungsphase von der Verhaltensanalyse ausgenommen (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008b, S. 48)¹⁸. Für die Verhaltensanalyse wurden die einzelnen beispielsweise durch Zwischenaufenthalte oder Erledigungen getrennten Fahrten in übergeordneten „Touren“ zusammengefügt. Basierend auf ihrem Ausgangs- und Zielort wurden dabei folgende vier Kategorien von Touren unterschieden:

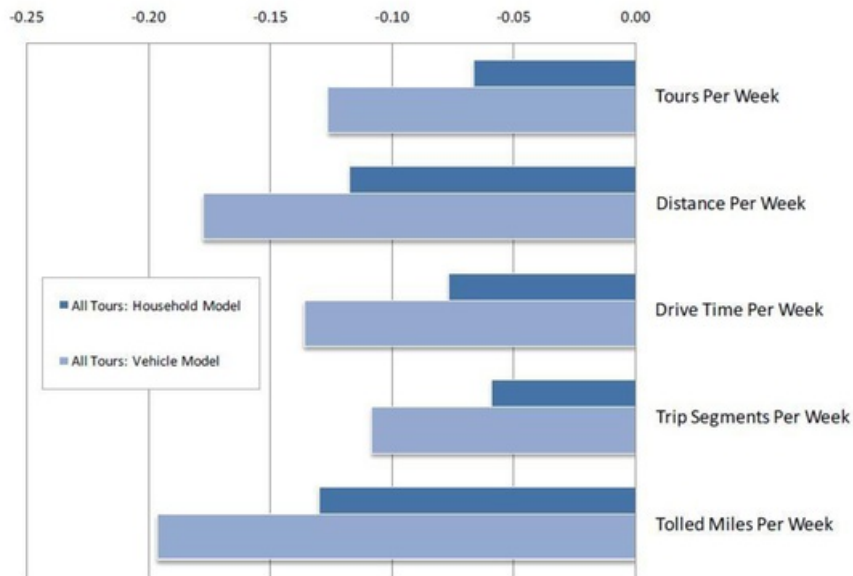
- Touren vom Wohnort zum Arbeitsplatz
- Touren vom Arbeitsplatz zum Wohnort
- Touren vom Wohnort zum Wohnort
- Touren vom Arbeitsplatz zum Arbeitsplatz

Insgesamt wurden auf diese Weise alle Fahrten zu etwa 200.000 Touren zusammengefügt. (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008b, S. 64 f.) Wie nachfolgende Abbildung 37 zeigt, führte die Einführung der fahrleistungsabhängigen Abgabe in der Testperiode zu Reduktionen auf Haushaltsebene¹⁹ in der Höhe von -7 % bei der Anzahl der Touren pro Woche (-13 % auf der Fahrzeugebene), in der Höhe von -12 % bei den zurückgelegten Fahrzeugmeilen pro Woche (-18 % auf der Fahrzeugebene), in der Höhe von -8 % Fahrzeit pro Woche (-17 % auf der Fahrzeugebene), in der Höhe von -6 % bei der Anzahl der Fahrten (Tourabschnitte) pro Woche (-11 % auf der Fahrzeugebene) sowie in der Höhe von -13 % bei den zurückgelegten Meilen auf Mautstraßen pro Woche (-20 % auf der Fahrzeugebene). (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 12 f.; vgl. Puget Sound Regional Council, 2008b, S. 85 f.)

¹⁸ Die hier angegebene Quellenangabe bezieht sich auf einen inoffiziellen Entwurf des Abschlussberichts der Traffic Choices Studie, der freundlicherweise vom PSRC für diese Arbeit zur Verfügung gestellt wurde. Der Abschlussbericht der Studie wurde nie komplett fertiggestellt oder veröffentlicht.

¹⁹ Es handelt sich hierbei um gerundete Werte.

Abbildung 37: Verhaltensänderung auf der Haushalts- und Fahrzeugebene im Vergleich, gegliedert nach untersuchten Variablen

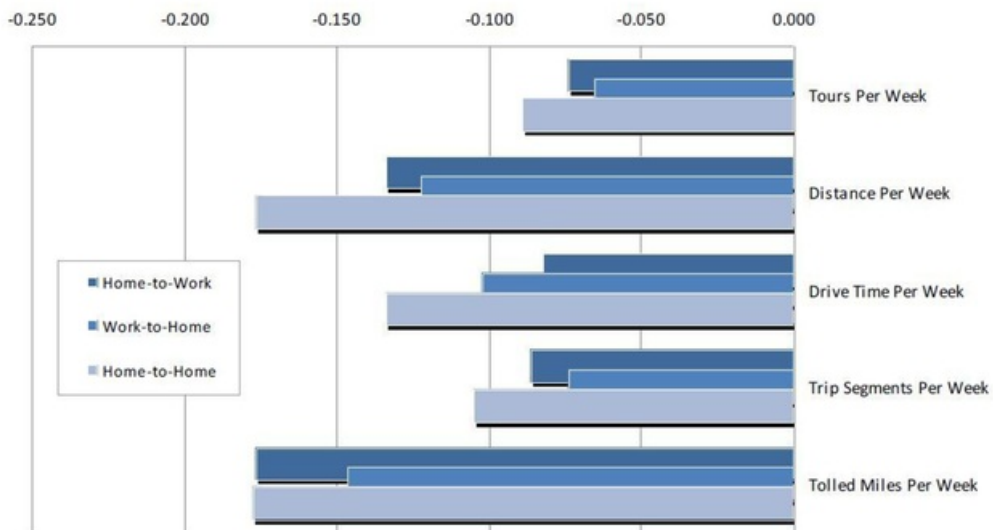


Quelle: Puget Sound Regional Council, 2008b, S. 86, Abb. 3.11.

Insgesamt fiel die Verhaltensänderung bei Betrachtung der Fahrzeugebene deutlich stärker aus als bei Betrachtung der Haushalte (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008b, S. 88). Mit steigendem Haushaltseinkommen war die Verhaltensreaktion weniger stark ausgeprägt. Wo alternative Verkehrsangebote vorhanden waren, fiel die Verhaltensreaktion hingegen besonders stark aus. (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 13)

Abbildung 38 zeigt, dass die Verhaltensänderungen der Haushalte in der Tourenkategorie „Wohnort zum Wohnort“ am stärksten ausfielen, gefolgt von „Wohnort zum Arbeitsplatz“ (Ausnahme: Fahrzeit pro Woche). In der Kategorie „Arbeitsplatz zum Wohnort“ fiel die Verhaltensänderung im Schnitt am geringsten aus.

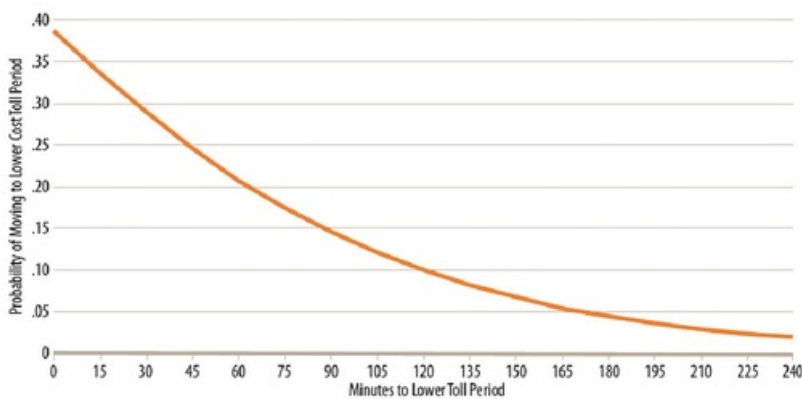
Abbildung 38: Verhaltensänderung der Haushalte nach Tourenkategorie und untersuchten Variablen



Quelle: Puget Sound Regional Council, 2008b, S. 87, Abb. 3.12.

Nachfolgende Abbildung 39 zeigt die Verhaltensreaktion in Bezug auf den Zeitpunkt des Fahrtantritts bei Wegen vom Wohnort zum Arbeitsplatz. Wurde beispielsweise ein Arbeitsweg in der Referenzperiode zu einem Zeitpunkt durchgeführt, der weniger als 15 Minuten vom nächstniedrigeren Gebührenzeitraum entfernt lag, so wurde dieser Arbeitsweg in der Testperiode mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa 40 % in den niedrigeren Gebührenzeitraum verschoben (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 13). Bei 30 Minuten lag die Wahrscheinlichkeit noch bei knapp unter 30 %.

Abbildung 39: Wahrscheinlichkeit den Zeitpunkt des Arbeitsweges in einen niedrigeren Gebührenzeitraum zu verschieben



Quelle: Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 14, Abb. 8.

Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass die Versuchsteilnehmer oftmals längere und auch langsamere Routen wählten um Kosten zu sparen (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 14). Dem durchschnittlichen Haushalt blieben nach Projektende 797,5 US-Dollar bzw. 43,2 % des ursprünglichen Reisebudgets erhalten (vgl. Cerruti, 2016, online, S. 13). In der abschließenden Teilnehmerbefragung gaben 60 % der Haushalte an, dass Personen innerhalb des Haushalts das Verkehrsverhalten angepasst hätten (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008b, S. 74 f.).

5.6.3. Modellierung und Hochrechnung der erzielten Ergebnisse

Mit Hilfe eines Verkehrsmodells wurden die Ergebnisse des Pilotversuchs anschließend auf das gesamte Straßennetz und auf alle Straßenbenutzer hochgerechnet. Als Ausgangsjahr für die Modellierung wurde dabei das Jahr 2010 gewählt. Dabei zeigte sich ein Minus von 4,8 % bei der Anzahl der Fahrten, begründet durch die Vermeidung und Zusammenlegung von Fahrten und durch geringe Verschiebungen im Modal Split, wie nachfolgende Abbildung 40 zeigt. (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 22; vgl. Puget Sound Regional Council, 2008b, S. 118 ff.) Neben einer Reduktion der Fahrten in SOVs²⁰ zeigen sich hier (in der Kategorie Heimarbeit) geringe Erhöhungen der Anteile von Ride Sharing, dem öffentlichen Verkehr (allerdings nur in Kombination mit Zufußgehen, bei Park & Ride kam es hingegen zu einem Rückgang), dem Radverkehr und dem Fußgängerverkehr. Bei den nicht arbeitsbezogenen Fahrten zeigt sich in erster Linie eine geringe Verlagerung der Fahrten von SOVs auf Ride Sharing.

Abbildung 40: Modellierter Modal Split mit und ohne Road Pricing

Home Based Work	Base	Toll
SOV	79.3%	78.1%
Carpool	7.2%	7.9%
Transit	9.2%	9.5%
Transit-walk	7.2%	7.9%
Transit-auto	2.0%	1.6%
Bike	1.4%	1.7%
Walk	2.8%	2.9%
Non Work Trips	Base	Toll
SOV	46.0%	45.0%
Carpool	45.5%	46.4%
Transit	2.2%	2.3%
Bike	0.9%	0.9%
Walk	5.5%	5.5%

Quelle: Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 22, Tab. 2.

²⁰ SOV (Single Occupant Vehicle) bezeichnet Fahrzeuge mit einem Fahrzeugbesetzungsgrad von 1,0 Personen.

Abbildung 41 zeigt die modellierte Verteilung der Fahrten über die Tageszeit. Hier zeigen sich insbesondere Reduktionen der Fahrtenanzahl innerhalb der Stoßzeiten, jedoch gleichzeitig auch Erhöhungen der Fahrtenanzahl in der Nacht und am frühen Morgen (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008b, S. 120).

Abbildung 41: Modellierte Verteilung der Wege und Fahrten differenziert nach der Tageszeit

Percent of Person Trips	Base	Toll
AM	15.7%	13.3%
Midday	37.8%	36.3%
PM	21.1%	18.4%
Evening	17.4%	18.5%
Night	8.0%	13.5%
Total	100.0%	100.0%

Percent of Vehicle Trips	Base	Toll
AM	13.1%	12.1%
Midday	42.1%	40.5%
PM	20.6%	18.9%
Evening	18.5%	19.0%
Night	5.7%	9.6%
Total	100.0%	100.0%

Quelle: Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 22, Tab. 3.

Insgesamt zeigt das Szenario eine Reduktion der zurückgelegten Fahrzeugmeilen um 7 % im Vergleich zum Szenario ohne Abgabe bei gleichzeitigem Rückgang der Fahrzeugstunden um 5 % (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 23). Bei Betrachtung von ausgewählten Straßenverbindungen in der Puget Sound Region ergeben sich in der Modellierung außerdem deutliche Verkürzungen der Reisezeiten, wie nachfolgende Abbildung 42 verdeutlicht (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008b, S. 121).

Abbildung 42: Durchschnittliche modellierte Reisezeiten in der abendlichen Stoßzeit in Minuten

Origin to Destination	Baseline (No Tolls)	Variable Network Tolling
Seattle to Bellevue	19	15
Bellevue to Seattle	18	15
Seattle to Everett	52	34
Everett to Seattle	39	33
Seattle to Tacoma	68	39
Tacoma to Seattle	43	37
Tacoma to Bellevue	51	42
Bellevue to Tacoma	78	46
Bellevue to Everett	53	35
Everett to Bellevue	37	34

Quelle: Puget Sound Regional Council, 2008b, S. 122, Abb. 4.8.

Bei einer flächendeckenden Einführung des Systems wird mit Investitionskosten in der Höhe von über 748 Millionen Dollar (Stand 2008) ausgegangen, wobei die Anschaffung der OBUs und deren Einbau dabei mit 665 Millionen Dollar den größten Anteil ausmachen. Die jährlichen Betriebskosten werden hingegen auf über 287 Millionen Dollar geschätzt, wobei der größte Anteil mit über 201 Millionen auf die Datenkommunikation entfällt. (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 21 f.)

Außerdem wurde die weitere Entwicklung des Verkehrssystems für eine Dauer von 30 Jahren (von 2015 bis 2044) mit dem erstellten Szenario modelliert. Wie nachfolgende Abbildung 43 zeigt, würde die Einführung der fahrleistungsabhängigen Abgabe in diesem Zeitraum zu einem gesellschaftlichen Nutzen in der Höhe von 33,6 Milliarden US-Dollar führen, bei gleichzeitigen Kosten in der Höhe von 5,5 Milliarden US-Dollar. Die größten Nutzen ergeben sich durch Zeitersparnisse während die höchsten Kosten durch die Anschaffung der OBUs und durch Datenkommunikation entstehen. Insgesamt ergibt dies eine Differenz von 28,2 Milliarden Dollar und ein positives Nutzen zu Kosten Verhältnis von 6,1:1. (vgl. Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 23 f.)

Abbildung 43: Modellierte Kosten und Nutzen von 2015 bis 2044 in Millionen US-Dollar

Present Value Benefits/Costs	Millions of 2008 Dollars
Benefits	
Time Savings	\$36,600
Reliability Benefits	\$4,500
Operating Cost Savings	\$2,500
Toll Effects on Consumer Surplus	-\$97,100
System Operator Benefits (Tolls)	\$87,000
Present Value of Benefits	\$33,600
Costs	
OBU Costs	\$1,500
Enforcement	\$100
Central System	\$500
Data Communication	\$3,300
Other	\$100
Present Value of Costs	\$5,500
Present Value of Benefits less Costs	\$28,200
Benefit-to-Cost Ratio	6.1

Quelle: Puget Sound Regional Council, 2008a, S. 24, Tab. 4.

5.7. AKTA Road Pricing Kopenhagen

Das AKTA Road Pricing Experiment wurde im Rahmen des europäischen PROGRESS Projekts²¹ in der dänischen Hauptstadt Kopenhagen zwischen den Jahren 2001 und 2003 durchgeführt. Im Rahmen des Experiments wurden verschiedene Gebührenvarianten basierend auf satellitengestützter Gebühreneinhebung unter Einbeziehung von 500 Autofahrern getestet. (vgl. Nielsen & Herslund, 2002, S. 1; vgl. Zabic, 2006, S. 2) Das Hauptziel des AKTA-Experiments war dabei die Untersuchung der Auswirkungen von Road Pricing auf das Mobilitätsverhalten im Kopenhagener Großraum (vgl. Bristol City Council, 2004, S. 18).

5.7.1. Versuchsaufbau und Funktionsweise

Aufgrund einer begrenzten Anzahl von OBUs wurden die Teilnehmer auf drei Versuchsrunden mit je 200, 200 und 100 Personen aufgeteilt. Alle Teilnehmer erhielten eine pauschale Aufwandsentschädigung in der Höhe von 200 DKK²². Jede Runde enthielt sowohl eine Referenzperiode als auch eine Testperiode, mit einer Dauer von 12-16 Wochen (je nach Runde). In der ersten und zweiten Runde wurde ein virtuelles Mobilitätsbudget basierend auf der erhobenen Fahrleistung an die Teilnehmer ausbezahlt. Nach Ende der Testperiode wurden den Versuchsteilnehmern die angefallenen Straßenbenutzungsgebühren abgezogen, die Differenz durften die Teilnehmer als Anreiz zur Verhaltensänderung einbehalten. In Runde 3 wurde das Belohnungssystem insofern abgeändert, als dass den Teilnehmern das zugewiesene Mobilitätsbudget direkt auf das eigene Konto überwiesen wurde und nach Experimentende die Rechnung tatsächlich real zu bezahlen war. (vgl. Gehlert, 2009, S. 111 f.; vgl. Nielsen & Jovicic, 2003, S. 3; vgl. Rich & Nielsen, 2007, S. 331)

Die Teilnehmer wurden außerdem basierend auf Einkommensklasse, Pendelverhalten und Gebührenvariante eingeteilt. Alle Teilnehmer wohnten oder arbeiteten innerhalb der Gebührenzone und alle Teilnehmer mussten täglichen Mobilitätsbedarf aufweisen. (vgl. Nielsen & Jovicic, 2003, S. 3)

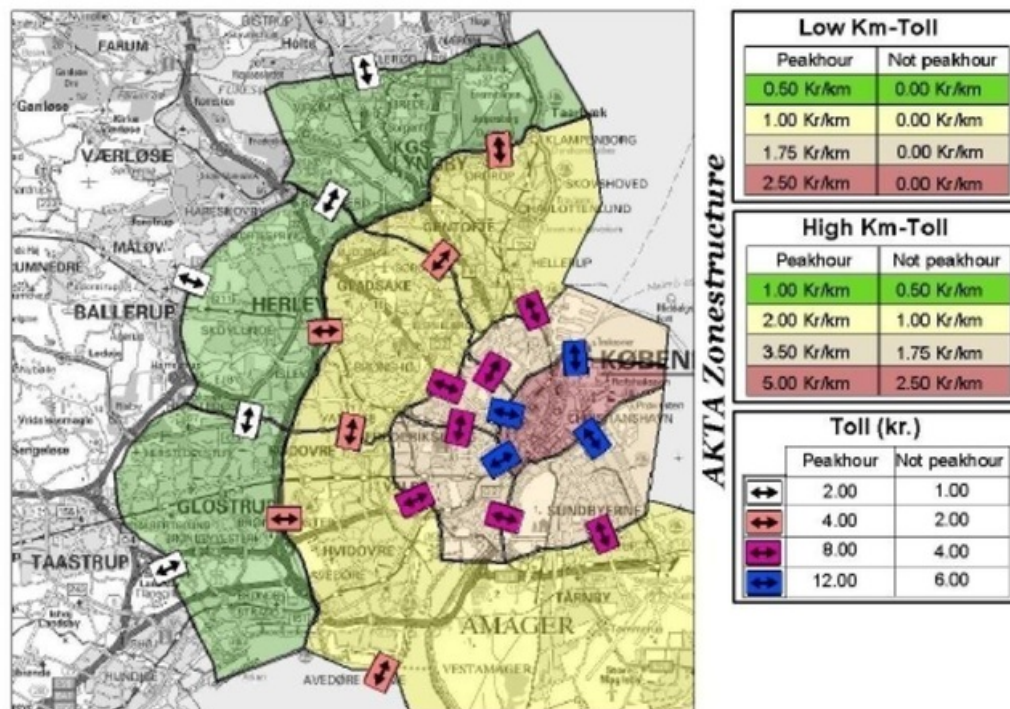
Im Rahmen des Experiments wurden drei unterschiedliche Gebührenvarianten getestet, zwei zonale, fahrleistungsbasierte Tarife (Area Charging) sowie ein kordonbasierter Tarif (Cordon

²¹ PROGRESS war ein von der Europäischen Kommission mitfinanziertes, im Zeitraum von Juni 2000 bis Mai 2004 durchgeführtes Demonstrationsprojekt zur Untersuchung der Wirksamkeit und Akzeptanz von urbanen Road Pricing-Systemen, im Rahmen dessen acht europäischen Städte verschiedene Varianten von urbanem Road Pricing austesteten (vgl. Bristol City Council, 2004, S. 4).

²² 1 dänische Krone (1 DKK) entspricht 0,14 Euro (Wechselkurs 2016)

Pricing)²³. Wie nachfolgende Abbildung 44 zeigt, basiert die Abrechnung bei den beiden zonalen Tarifen auf der zurückgelegten Wegstrecke. Beim ersten zonalen Tarif („Low Km-Toll“) wird die Gebühr nur innerhalb der Stoßzeiten (von 7-9 Uhr früh und von 15-18 Uhr nachmittags) eingehoben und zusätzlich nach vier unterschiedlichen Gebührenzonen differenziert. Die Gebührenhöhe beträgt hierbei (innerhalb der Stoßzeiten) je nach Gebührenzone zwischen 0,50 und 2,50 Kronen pro Kilometer (6,7 bis 33,6 Eurocent), die teuerste Gebührenzone bezieht sich auf die Kopenhagener Innenstadt. Beim zweiten zonalen Tarif („High Km-Toll“) wurde die Gebührenhöhe innerhalb der Stoßzeit auf 1,0 bis 5,0 Kronen pro Kilometer (13,4 bis 67,2 Eurocent) verdoppelt, außerdem wird hierbei auch außerhalb der Stoßzeiten eine Gebühr in der Höhe der „Low Km-Toll“-Variante eingehoben. Beim kordonbasierten Tarif wurde die Gebühr anhand von vier unterschiedlich hoch bepreisten Kordongrenzen (2 bis 12 Kronen innerhalb der Stoßzeit) sowie basierend auf der Tageszeit eingehoben. Auf eine zusätzliche Differenzierung der Gebührenhöhe nach Straßenkategorien wurde aufgrund diverser Gründe bei allen drei Gebührenvarianten verzichtet. (vgl. Nielsen & Jovicic, 2003, S. 3 f.; vgl. Bristol City Council, 2004, S. 73) Der Fokus der Betrachtung wird in dieser Arbeit auf die beiden fahrleistungsabhängigen Tarife gelegt.

Abbildung 44: Gebührenvarianten, Gebührenzonen, Kordongrenzen und Gebührenhöhe im Überblick



Quelle: Nielsen & Herslund, 2002, S. 8, Abb. 3.

²³ Beim Cordon Pricing wird die Gebühr beim Überfahren der definierten Grenzlinie (des Kordons) fällig, siehe auch Kap. 3, Abb. 3.

Eine satellitengestützte OBU zeigte den Versuchsteilnehmern die aktuelle Gebührenkategorie am Display an. Mit Ende des Experiments wurden die über die OBUs aufgezeichneten GPS-Rohdaten mit Hilfe von Map-Matching dem Straßennetz zugeordnet. Hierbei zeigten sich allerdings einige Probleme aufgrund von verlorenen oder unvollständigen GPS-Signalen, die bei der Auswertung mit Hilfe von Algorithmen vervollständigt werden mussten. (vgl. Nielsen & Jovicic, 2003, S. 3-7)

5.7.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen

Insgesamt wurden etwa 250.000 Fahrten erfasst (vgl. Zabic, 2006, S. 2). Nachfolgende Abbildung 45 bezieht sich auf einen Auszug von 100.000 Fahrten und vergleicht jeweils die Veränderungen zwischen Referenzperioden und Testperioden. Die stärksten Reduktionen sind dabei bei der „High Km-Toll“-Variante ersichtlich. Die durchschnittliche tägliche Fahrleistung reduzierte sich hierbei um 12,8 %. Die Anzahl der Fahrten ging insgesamt um 7,8 % zurück, wobei der höchste Rückgang mit einem Minus von 12,0 % in der morgendlichen Stoßzeit erzielt werden konnte. In der abendlichen Stoßzeit fiel die erzielte Reduktion mit einem Minus von 5,5 % deutlich geringer aus, was darauf hindeutet, dass diese Fahrten zeitlich weniger flexibel oder Teil von komplizierteren Wegeketten sind. In der „Low Km-Toll“-Variante konnten hingegen bis auf einen Rückgang der Fahrten in der abendlichen Stoßzeit um 4,0 % keine signifikanten Verhaltensveränderungen festgestellt werden. (vgl. Nielsen & Jovicic, 2003, S. 15)

Abbildung 45: Auswirkungen auf die Anzahl der Fahrten und die Fahrleistung differenziert nach Gebührenvarianten (basierend auf 100.000 Fahrten)

Trips	High km. based toll			Low km. based tolls			Cordon based pricing		
	Control High	Change		Control Low	Change		Control Cordon	Change	
All period	4,3	4,0	-7,8%	4,2	4,2	0,1%	4,0	4,0	-0,5%
Morning peak	0,53	0,47	-12,0%	0,45	0,45	0,3%	0,51	0,48	-6,6%
Afternoon peak	0,76	0,72	-5,5%	0,76	0,73	-4,0%	0,70	0,71	0,7%
Weekday	2,0	1,8	-9,2%	1,9	2,0	1,5%	1,8	1,9	2,9%
Weekends	1,1	1,0	-5,2%	1,1	1,0	0,2%	1,0	0,9	-4,9%
Kr/km	0,75	0,78	4,0%	0,22	0,23	4,2%	1,2	1,1	-6,4%
Kr/day	26,2	24,4	-7,5%	9,4	9,6	2,4%	38,8	33,4	-16,2%
Km/day	38,2	34,0	-12,4%	46,5	45,2	-2,8%	34,8	31,5	-10,5%

Quelle: Nielsen & Jovicic, 2003, S. 16, Tab. 4.

Zu ähnlichen Ergebnissen kommt auch eine Analyse einer weiteren Stichprobe (die sich ebenfalls auf einen 100.000 Fahrten umfassenden Datensatz bezieht), wie in nachfolgender Abbildung 46 ersichtlich ist (es wird hierbei lediglich die „High Toll-km“-Variante dargestellt). Die Anzahl der Fahrten reduzierte sich auch hier in der morgendlichen Stoßzeit am stärksten (-14,3 %). Die durchschnittliche Anzahl der Fahrten sowie die durchschnittliche Fahrleistung pro Tag reduzierten sich unter der Woche etwas stärker als am Wochenende, dieser Rückgang scheint aber statistisch nicht signifikant zu sein. Innerhalb der Stoßzeiten ging die Fahrleistung allerdings jeweils deutlich zurück (-14,5 % und -9,1 %). (vgl. Schönfelder et al., 2005, online, S. 7-11)

Abbildung 46: Auswirkungen der „High Toll-Km“-Gebührenvariante auf die Anzahl der Fahrten und die Fahrleistung (basierend auf 100.000 Fahrten)²⁴

	Durchschnittliche Anzahl der Fahrten pro Tag	Durchschnittliche Fahrleistung pro Tag
Morgendliche Stoßzeit	-14,3%	-14,5%
Abendliche Stoßzeit	-10,0%	-9,1%
Werktags	-5,0%	-6,4%
Wochenende	-8,3%	-3,9%
Gesamt	-6,1%	-7,9%

Quelle: Eigene Darstellung (2016) basierend auf Schönfelder et al., 2005, online, S. 10, Tab. 2.

Aufbauend auf den Ergebnissen und Daten des AKTA-Experiments wurde von Rich & Nielsen (2007) eine Verkehrsmodellierung zu den sozioökonomischen Auswirkungen von vier verschiedenen Road Pricing-Varianten durchgeführt, darunter auch eine dem „High Toll-Km“-Szenario aus dem AKTA-Experiment entsprechende Variante.²⁵ In diese Modellierung wurden neben dem öffentlichen Verkehr auch externe Effekte für Straßenbetrieb und Instandhaltung, CO₂-Emissionen, Luftverschmutzung, Unfälle und Lärm mit einbezogen. (vgl. Rich & Nielsen, 2007, S. 331-338)

Nachfolgende Abbildung 47 zeigt die modellierten verkehrsspezifischen Auswirkungen für das Jahr 2004 und die jährlichen Einnahmen aus den Abgabensystemen. Bei der Anzahl der Fahrten zeigt sich bei der kilometerbasierten Abgabenvariante (entsprechend der „High Km-Toll“-Variante) ein Rückgang von 6,3 %, bei der Fahrleistung zeigt sich ein Rückgang von 7,0 %. Dies deckt sich in etwa mit den erhobenen Ergebnissen des AKTA-Experiments. Je nach Gebührenzone zeigten sich in dieser Variante Rückgänge in der Fahrleistung von bis zu 17,3 %, wobei der Einfluss der mit zunehmender Entfernung vom Zentrum abnehmenden Gebührenhöhe ersichtlich wird (vgl. Rich et al., 2006, S. 7).

²⁴ Da im Quelldatensatz auf eine Kommastelle gerundet wurde können die tatsächlichen Veränderungen teilweise abweichen, dies gilt insbesondere für die Anzahl der Fahrten (linke Spalte).

²⁵ Die restlichen drei Varianten werden im nachfolgenden nicht näher analysiert.

Ein deutlicher Rückgang ist bei den Stauzeiten mit einem Minus von 13,1 % zu verzeichnen. Die „Free Flow“-Reisezeiten reduzierten sich ebenfalls um 5,8 %, was durch eine veränderte (direktere) Routenwahl bedingt durch die erzielten Staureduktionen begründet werden kann (vgl. Rich & Nielsen, 2007, S. 339). Insgesamt würde das System zu jährlichen Einnahmen in der Höhe von 4,5 Milliarden dänischen Kronen (etwa 600 Millionen Euro) führen.

Abbildung 47: Modellerte verkehrsspezifische Auswirkungen und Einnahmen für das Jahr 2004

Effect	Km tax	Cordon tax	Large toll ring	Small toll ring
Number of trips	-6,3%	-7,5%	-2,6%	-1,6%
Car kilometers	-7,0%	-6,5%	-2,9%	0,2%
Non-congestion travel time	-5,8%	-6,7%	-3,1%	0,6%
Congestion travel time	-13,1%	-14,1%	-8,1%	2,0%
Annual gross revenue (billion dkr.)	4,5	2,4	2,5	1,3

Quelle: Rich et al., 2006, S. 6, Tab. 2.

Abbildung 48 zeigt die modellierte Veränderung der Fahrtenanzahl differenziert nach Verkehrsträgern. Mit der bereits erwähnten Reduktion im PKW-Verkehr geht eine Erhöhung der Fahrten im öffentlichen Verkehr um 7,9 %, eine Erhöhung der Fahrten im Radverkehr um 7,1 % sowie eine Erhöhung der Anzahl der Fußwege um 4,1 % einher. Die größte Verschiebung zum öffentlichen Verkehr findet bei Arbeitswegen innerhalb der Stoßzeiten statt. Freizeit- und Einkaufsfahrten werden hingegen weniger stark verlagert. Im Zuge der Modellierung konnte festgestellt werden, dass ein Ausbau des öffentlichen Verkehrssystems in erster Linie eine Verlagerung des Radverkehrs auf den öffentlichen Verkehr mit sich bringt. (vgl. Rich & Nielsen, 2007, S. 339)

Abbildung 48: Modellerte Veränderung der Wege für das Jahr 2004 differenziert nach Verkehrsmittel in Prozent

Mode	Km charge	Cordon charge	Large toll ring	Small toll ring
Cars	-6,3	-7,5	-2,6	-1,6
Public transport	7,9	4,5	3,6	3,4
Bicycle	7,1	4,3	3,0	3,0
Walk	4,1	2,5	1,6	1,7

Quelle: Rich et al., 2006, S. 8, Tab. 4.

5.7.3. Volkswirtschaftliche und umweltspezifische Auswirkungen

In Bezug auf die externen Kosten (Abbildung 49) zeigen sich im Rahmen der Modellierung deutliche Einsparungen, insbesondere bei den externen Unfallkosten und den externen Lärmkosten. Insgesamt wird bei den untersuchten Effekten von Einsparungen in der Höhe von 67,2 Millionen Euro (500 Mio. DKK) für das Jahr 2005 ausgegangen. Die Modellierung ergibt außerdem eine Reduktion der Unfallzahlen um 330 Unfälle sowie eine CO₂-Reduktion in der Höhe von 154 Mio. Tonnen für das Jahr 2005. (vgl. Rich et al., 2006, S. 8 f.; vgl. Rich & Nielsen, 2007, S. 339 f.)

Abbildung 49: Modellerte Einsparungen externer Kosten für das Jahr 2005

Externer Effekt	Veränderung in der "Km tax"- Variante in Mio. EUR
Kosten für Klima- und Luftverschmutzung	-8,1
Unfallkosten	-36,3
Lärmkosten	-21,5
Kosten für Straßenabnutzung	-1,3
Gesamt	-67,2

Quelle: Eigene Darstellung (2016) basierend auf Rich et al., 2006, S. 9 f., Tab. 5.

Wie Abbildung 50 zeigt, hätte die Einführung des fahrleistungsabhängigen Abgabensystems im Jahr 2005 ohne die Einbeziehung von Langzeiteffekten (Werte in den Klammern) zu einem modellierten Nettoverlust in der Höhe von 11 Millionen Euro geführt, wobei ein großer Anteil davon auf die Systemkosten entfallen wäre. Wird der Einfluss von Langzeiteffekten in die Modellierung mit einbezogen²⁶, ergibt sich für das Jahr 2005 hingegen ein positiver Saldo mit einem Nettogewinn von 36 Millionen Euro. Dies ist insbesondere auf die durch die Langzeiteffekte geringeren externen Unfall- und Lärmkosten sowie auf eine verbesserte Erreichbarkeit zurückzuführen. Wird als Einführungsjahr für das Abgabensystem das Jahr 2015 (statt dem Jahr 2005) angenommen, ergibt sich aufgrund des steigenden Verkehrsaufkommens und des fortschreitenden Ausbaus der Infrastrukturkapazitäten ein höherer modellierter Nettogewinn in der Höhe von 44 Mio. Euro ohne die Einbeziehung von Langzeiteffekten. (vgl. Rich et al., 2006, S. 12 f.; vgl. Rich & Nielsen, 2007, S. 341-344)

Abbildung 50: Modellerte soziale Kosten und Nutzen mit Langzeiteffekten und (ohne Langzeiteffekten) für das Jahr 2005 in Mio. Euro

	km charge (long-run)	Large tool ring (long-run)
Reduced climate and air pollution effects	16 (8)	5 (3)
Reduced accidents	53 (36)	27 (17)
Reduced noise	32 (21)	16 (8)
Reduced wear damage	3 (1.5)	1.5 (0.7)
Improved accessibility	67 (25)	27 (0)
Producer surplus, public transport	20 (20)	7 (7)
Potential for reduced tax distortion	3 (3)	5 (5)
Lost utility from changed trips	-75 (-40)	-67 (-35)
System costs	-83 (-83)	-33 (-33)
Payments from motorists	-573 (-600)	-320 (-333)
Public income (charges)	573 (600)	320 (333)
Total	36 (-11)	-13 (-27)

Quelle: Rich & Nielsen, 2007, S. 342, Tab. 10.

²⁶ Im Rahmen der Modellierung durch eine Verdopplung der Nachfrageelastizitäten simuliert.

5.8. Forschungspaket Mobility Pricing Schweiz

Das Schweizer Bundesamt für Strassen (ASTRA) startete im Jahr 2005 ein umfassendes Forschungspaket zum Thema Mobility Pricing. Im Rahmen von neun Einzelprojekten wurden dabei beispielsweise die Themenbereiche Akzeptanz und Zahlungsbereitschaft sowie organisatorische, rechtliche und systemtechnische Aspekte untersucht und des Weiteren auch die Auswirkungen von unterschiedlichen Szenarien untersucht und modelliert. (vgl. Rapp, 2008, S. 3; vgl. Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 5 f.)

Die übergeordnete Forschungsfrage lautete dabei: *„Welche Konsequenzen hätte ein allfälliger Übergang des Finanzierungssystems des Verkehrs von der Steuerfinanzierung zur verstärkten Benützungsförderung?“* (Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 3)

5.8.1. Untersuchte Szenarien

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden neben einem Referenzszenario (welches den Grundzustand des Mobilitätsangebots ohne Mobility Pricing bezogen auf das Jahr 2030 basierend auf dem Nationalen Personenverkehrsmodell, kurz NPVM, beschreibt) die fünf nachfolgenden unterschiedlichen Szenarien mit Hilfe eines Verkehrsmodells und eines Finanzmodells auf ihre Auswirkungen hin untersucht (vgl. Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 39 f.).

- A.) Szenario A (Objektpricing) beschränkt sich auf die punktuelle Einführung von Mautgebühren für Abschnitte oder Objekte mit dem Hauptziel der Infrastrukturfinanzierung.
- B.) Szenario B (Zonenmodell) wendet Road Pricing innerhalb von bestimmten Gebieten an (und stellt im städtischen Bereich somit eine klassische „City-Maut“ dar). Als Ziel steht die Beeinflussung der Verkehrsnachfrage im Vordergrund.
- C.) Szenario C (Netzmodell) führt distanzabhängige Benützungsgebühren auf dem hochrangigen Straßennetz (insgesamt rund 5.000 km) ein. Als Hauptziel gilt auch hier die Beeinflussung der Verkehrsnachfrage.
- D.) Szenario D (Zonen-Strecken-Zonen-Modell, kurz ZSZ-Modell) kombiniert die Szenarien B und C. Im Vordergrund steht die Steuerung der Verkehrsnachfrage sowohl in lokaler (in Agglomerationen) als auch in überregionaler Hinsicht.
- E.) Szenario E (Gebietsmodell mit Kilometerabgabe) führt eine distanz-, zeit- und ortsabhängige Straßenbenützungsgebühr flächendeckend auf dem gesamten schweizerischen Straßennetz ein. Der öffentliche Verkehr wird bei diesem Szenario ebenfalls in die Gebührengestaltung einbezogen. Hauptziel ist hier die Steuerung der Verkehrsnachfrage sowie die Etablierung des Verursacherprinzips. Zusätzlich werden

bei diesem Szenario zwei Unterszenarien (E1 und E2) untersucht, die sich hinsichtlich der Gebührenhöhe und der ÖV-Tarife unterscheiden.

(vgl. Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 41-51; vgl. Rapp, 2008, S. 4 f.)

Nachfolgende Abbildung 51 zeigt einen Überblick über die fünf untersuchten Szenarien sowie die angewendeten Kompensationsstrategien. Parkgebühren wurden dabei in die Kompensationsstrategien der einzelnen Szenarien aufgrund ihres lokalen Charakters nicht mit einbezogen. (vgl. Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 41)

Abbildung 51: Übersicht über die Schweizer Mobility Pricing-Szenarien und deren Kompensationsstrategien

Szenario	Road Pricing-Strategie	Kompensationsstrategie			Anpassung Tarife im ÖV	
		Autobahn-vignette	Treibstoff-abgaben	Motorfahr-zeugsteuern		
A	Objektpricing	unverändert		unverändert	unverändert	
B	Zonenmodell	unverändert		reduziert oder aufgehoben	unverändert	
C	Netzmodell	aufgehoben	reduziert	reduziert	unverändert	
D	ZSZ-Modell (Zonen-Strecken-Zonen)	aufgehoben	reduziert	reduziert	unverändert	
E	Gebietsmodell	aufgehoben	reduziert	reduziert	E1	unverändert
					E2	angehoben

Quelle: Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 41, Tab. 10.

Da Szenario E das einzige flächendeckende Szenario des Forschungsprojektes darstellt und die Ausgestaltung dieses Szenarios der Grundidee von Mobility Pricing (hohe Kostenwahrheit und starkes potentiell Verkehrsmanagement sowie Einbeziehung des öffentlichen Verkehrs) sehr nahe kommt, wird der Fokus der Betrachtung in dieser Arbeit auf dieses Szenario gelegt.

Die Gebührenhöhe wurde in Szenario E auf 4 Rappen (etwa 3,6 Eurocent) pro Fahrzeugkilometer für Variante E1 und auf 15 Rappen (etwa 13,5 Eurocent) pro Fahrzeugkilometer für Variante E2²⁷ festgelegt (bezogen auf die durchschnittliche Gebührenhöhe aller Straßen). Die Spritpreise wurden im Zuge der Kompensationsmaßnahmen bei beiden Varianten um 30 Rappen pro Liter reduziert. Bei Szenario E1 blieben die ÖV-Tarife unverändert, bei Szenario E2 wurden die Tarife um 8,4 Rappen (etwa 7,6 Eurocent) pro Personenkilometer von 16 auf 24,4 Rappen pro Personenkilometer erhöht. Im Rahmen der Modellierung wurde auf die Einbeziehung einer zusätzlichen dynamischen Tarifgestaltung verzichtet. (vgl. Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 50 f., Tab. 15; vgl. Fröhlich et al., 2007, S. 32)

²⁷ Dieser Wert entspricht in etwa den Kosten für die Infrastrukturfinanzierung zuzüglich der externen Kosten.

5.8.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen

Im Rahmen der Verkehrsmodellierung wurden die Auswirkungen aller Szenarien auf Mobilitätsverhalten, Raumentwicklung und Umwelt untersucht (vgl. Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 79). Wie nachfolgende Abbildung 52 zeigt, hat Szenario E1 nur eine geringe Wirkung auf die Verkehrsnachfrage. Dies ist durch die geringe Gebührenhöhe bei gleichzeitiger Senkung der Mineralölsteuer zu erklären. Bei Szenario E2 ist die Wirkung auf die Verkehrsnachfrage deutlich stärker ausgeprägt, wobei es zu einer Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs auf den öffentlichen Verkehr kommt. Der Fahrgastzuwachs im öffentlichen Verkehr entfällt dabei insbesondere auf interregionale und nationale Verkehrsverbindungen. (vgl. Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 81)

Abbildung 52: Veränderung von Weganzahl, Fahrleistung und Verkehrsleistung in Bezug auf das Referenzszenario

	MIV-Wege	ÖV-Wege	Fzkm MIV	Pkm MIV	Pkm ÖV
Referenz 2030 in Mio./Tag	13,63	2,58	145,8	201,3	67,5
Szenario A	0,0%	0,1%	-0,3%	-0,3%	0,2%
Szenario B	-0,5%	2,7%	-1,2%	-1,2%	7,3%
Szenario C	-0,4%	2,2%	-4,0%	-4,0%	5,8%
Szenario D	-1,0%	5,2%	-5,9%	-5,9%	13,1%
Szenario E1	-0,8%	4,1%	-4,3%	-4,3%	6,9%
Szenario E2	-1,7%	8,7%	-10,4%	-10,4%	11,3%

Quelle: Eigene Darstellung (2016) basierend auf Fröhlich et al., 2007, S. XV, Tab. 1.

In nachfolgender Abbildung 53 ist ersichtlich, dass bei Szenario E1 die Fahrleistung auf Autobahnen leicht abfällt und es zu einer geringen Verlagerung des Verkehrs ins Ausland kommt. Bei Szenario E2 fällt die Fahrleistung auf Autobahnen sogar sehr stark ab. Hierbei kommt es gleichzeitig zu einer leichten Verschiebung ins untergeordnete sowie ins ausländische Straßennetz. Auch werden in Szenario E2 einige Abkürzungen stärker belastet, da es zu einer Erhöhung der Distanzsensibilität der Autofahrer kommt. (vgl. Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 82-85)

Abbildung 53: Veränderung der Fahrzeugkilometer und Fahrzeugstunden pro Tag differenziert nach den Untersuchungsszenarien

	Autobahn (CH)		Ausserortsstrassen (CH)		Innerortsstrassen (CH)		Summe CH		Ausland	
	Fz-km	Fz-h	Fz-km	Fz-h	Fz-km	Fz-h	Fz-km	Fz-h	Fz-km	Fz-h
Relative Veränderungen zur Referenz 2030 in %										
NPVM 2000	-21.9	-26.6	-21.3	-23.5	-23.4	-30.8	-21.7	-25.3	-31.9	-33.9
Szenario A	-1.1	-1.2	0.4	0.4	0.0	0.0	-0.3	-0.2	0.0	0.0
Szenario B	-1.8	-2.2	-0.2	-0.4	-4.4	-6.1	-1.2	-1.9	-0.2	-0.2
Szenario C	-16.0	-16.9	6.6	7.4	1.0	0.9	-4.0	-0.9	2.1	1.8
Szenario D	-19.0	-20.2	6.2	5.7	-2.9	-4.7	-5.9	-3.8	1.6	1.3
Szenario E1	-8.9	-9.6	-0.6	-0.7	-0.3	-0.6	-4.3	-3.3	1.6	1.3
Szenario E2	-24.4	-25.6	0.9	1.3	1.2	2.0	-10.4	-6.5	4.8	5.2

Quelle: Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 83, Tab. 17; geänderte Darstellung (Detailausschnitt), 2016.

Des Weiteren wurden die Auswirkungen auf die Unfallzahlen abgeschätzt (Abbildung 54). Mit der Reduktion der Fahrleistung geht auch eine Verringerung der Unfallzahlen für die gesamte Schweiz in der Höhe von -2,5 % bei Szenario E1 sowie in der Höhe von -5,0 % bei Szenario E2 einher. Bei Szenario E2 kommt es außerdem insbesondere zu einer starken Reduktion der Unfallzahlen auf Autobahnen (-24,4 %) bei einem gleichzeitigen minimalen Anstieg auf Ausserorts- und Innerortsstraßen. (vgl. Fröhlich et al., 2007, S. 91 f.)

Abbildung 54: Abschätzung der Unfallzahlen differenziert nach räumlicher Ausprägung und Untersuchungsszenarien

	Autobahn		Ausserortsstrassen		Innerortsstrassen		Summe CH		Ausland	
	U	V	U	V	U	V	U	V	U	V
Relative Veränderungen zur Referenz in %										
Szenario A	-1.1	-1.1	0.4	0.4	0.0	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.0
Szenario B	-1.8	-1.8	0.2	0.2	-4.4	-4.4	-1.7	-1.4	-0.4	-0.4
Szenario C	-16.0	-16.0	6.6	6.6	1.0	1.0	-0.4	0.7	1.9	1.7
Szenario D	-19.0	-19.0	6.2	6.2	-2.9	-2.9	-2.4	-1.0	1.3	1.1
Szenario E1	-8.9	-8.9	-0.6	-0.6	-0.3	-0.3	-2.5	-2.2	1.4	1.2
Szenario E2	-24.4	-24.4	0.9	0.9	1.2	1.2	-5.0	-4.2	5.9	6.4

Anmerkung: U=Unfälle; V=Verunfallte

Quelle: Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 89, Tab. 20; geänderte Darstellung (Detailausschnitt), 2016.

Nachfolgende Abbildung 55 zeigt die Auswirkungen der einzelnen Planungsvarianten auf die Verkehrsleistung im öffentlichen Bahn- und Busverkehr. Die stärksten prozentualen Zuwächse im öffentlichen Verkehr sind in den Szenarien D und E2 ersichtlich. Die Zuwächse im Bahnverkehr fallen bis auf Szenario B allgemein höher aus als im Busverkehr. Trotz der Erhöhung der ÖV-Tarife in Szenario E2 fällt die Verlagerung der Fahrten vom MIV auf den ÖV hier stärker aus als in Szenario E1 (vgl. Fröhlich et al., 2007, S. 108 f.).

Abbildung 55: Auswirkungen der Planungsvarianten auf die Verkehrsleistung im ÖV

in Mio. pro Tag	Bahn	Veränderung Bahn		Bus	Veränderung Bus	
	P-km	P-km	%	P-km	P-km	%
NPVM 2000	40.205	-21.346	-34.7	4.749	-1.164	-19.7
Referenz 2030	61.551			5.913		
Sz. A (Objektpricing)	61.645	0.094	0.2	5.916	0.003	0.1
Sz. B (Zonenmodell)	65.925	4.374	7.1	6.434	0.521	8.8
Sz. C (Netzmodell)	65.336	3.785	6.2	6.033	0.120	2.0
Sz. D (ZSZ-Modell)	69.739	8.188	13.3	6.549	0.636	10.8
Sz. E1 (Gebietsmodell)	65.912	4.361	7.1	6.203	0.290	4.9
Sz. E2 (Gebietsmodell)	68.564	7.013	11.4	6.547	0.634	10.7

Quelle: Fröhlich et al., 2007, S. 104, Tab. 36.

5.8.3. Volkswirtschaftliche, soziale und umweltspezifische Auswirkungen

Nachfolgende Abbildung 56 zeigt die notwendigen Investitionskosten sowie die laufenden Kosten pro Jahr für die flächendeckende Implementierung von Szenario E. Der bei weitem größte Anteil der Investitionskosten entfällt auf die Beschaffungs- und Installationskosten der OBUs. Bei den laufenden Kosten entfällt der größte Anteil hingegen auf die Wartungskosten. Insgesamt werden die Investitionskosten mit etwa 1,42 Milliarden Euro angegeben, die jährlichen laufenden Kosten hingegen mit 428 Millionen Euro. Abhängig davon, ob Kompensationsstrategien in Form der Abschaffung der Nationalstraßenabgabe und der Abschaffung des Mineralölsteuerzuschlags angewendet werden, führt das Szenario E bei einer fixen Gebührenhöhe von 4 Rappen pro Kilometer zu Mehreinnahmen gegenüber dem Referenzfall 2002 um 23 % (ohne Kompensationsstrategie) oder zu Verlusten gegenüber dem Referenzszenario in der Höhe von 7 % (mit Kompensationsstrategie). Um eine Kostendeckung (Einnahmenneutralität) bei Anwendung der Kompensationsstrategien gewährleisten zu können, müsste die Gebührenhöhe auf 5 Rappen pro Kilometer erhöht werden. (vgl. Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 100 f.; vgl. Mühlethaler & Matthews, 2007, S. 69)

Abbildung 56: Investitionskosten und laufende Kosten pro Jahr bei Umsetzung des Szenario E (Wechselkurs 2016)

Investitionskosten	Mio. Euro
Erfassungsgeräte (zu je 269 €)	1.038,99
Kontrolleinrichtungen	112,38
Zentralsystem	276,27
Gesamt	1.427,65
Laufende Kosten pro Jahr	Mio. Euro
Allgemeiner Betriebsaufwand	6,56
Wartung	197,28
Mobile Kommunikation	113,86
Abrechnung und Inkasso	81,83
Kontrollen	29,36
Gesamt	428,92

Quelle: Eigene Darstellung (2016) basierend auf Mühlethaler & Matthews, 2007, S. 69.

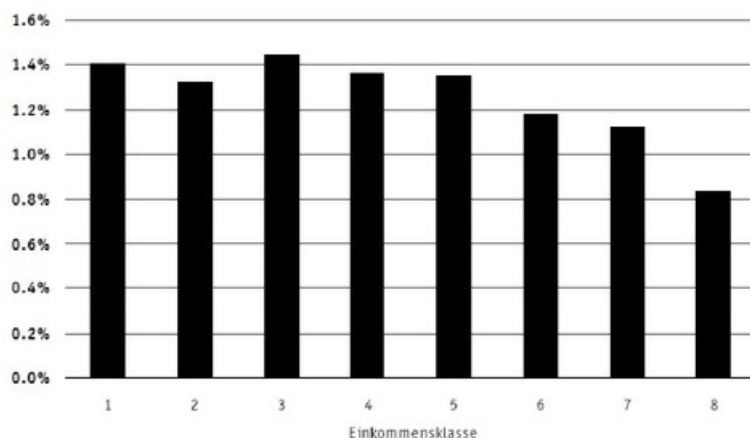
Hinsichtlich der regionalen Verteilungswirkung würde eine gesamtschweizerische Kilometerabgabe nur bedingt zu regionalen Verteilungseffekten führen. Wird die Mineralölsteuer reduziert, würden vor allem Gebiete mit überdurchschnittlich hohem Treibstoffverbrauch (was beispielsweise aufgrund der Topographie und des in dieser Hinsicht angepassten Fuhrparks Bergregionen betreffen kann) profitieren. Dieser Effekt kann jedoch durch die Einbeziehung der Emissionsklassen in die Gebührenhöhe ausgeglichen werden. Aus Kompensationsstrategien wie dem Wegfall von Fahrzeugsteuern oder Vignetten würden hingegen insbesondere Gebiete, in denen die mittlere Fahrleistung pro Fahrzeug unter dem Durchschnitt liegt, einen Vorteil ziehen. (vgl. INFRAS et al., 2007, S. 70)

Hinsichtlich der sozialen Verteilungswirkung wurde das Szenario E mit einer beispielhaften Gebührenhöhe von 7 Rappen pro Kilometer analysiert. Da die Häufigkeit der Autonutzung und die durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke pro Tag mit steigendem Haushaltseinkommen deutlich zunehmen, werden reichere Haushalte durch die Kilometerabgabe in absoluten Zahlen betrachtet deutlich stärker belastet als Haushalte mit niedrigerem Einkommen. Betrachtet man allerdings die relative Mehrbelastung im Verhältnis zum Haushaltseinkommen (Abbildung 57) zeigt sich, dass die reichsten Haushalte relativ gesehen am geringsten belastet werden. Für Haushalte mit einem monatlichen Bruttoeinkommen von bis zu 10.000 CHF (was den ersten fünf Einkommensklassen entspricht)²⁸ ergeben sich anteilmäßig relativ homogene Mehrbelastungen im Bereich von 1,32 % bis 1,45 % pro Einkommensklasse. Anzumerken ist jedoch, dass in diese Darstellung Faktoren wie beispielsweise Zeitersparnisse, die durch die verkehrsspezifischen Aus-

²⁸ Die Einkommensklasse 1 beträgt unter 2.000 CHF brutto Monatseinkommen pro Haushalt, die Einkommensklasse 8 beträgt über 14.000 CHF brutto pro Monat. Die Abstufung der sonstigen Einkommensklassen erfolgt in Schritten zu je 2.000 CHF. (vgl. INFRAS et al., 2007, S. 84, Abb. 14)

wirkungen bedingt sind oder eine etwaige Rückverteilung der Einnahmen an bestimmte Einkommensklassen nicht einbezogen wurden. (vgl. INFRAS et al., 2007, S. 81-84)

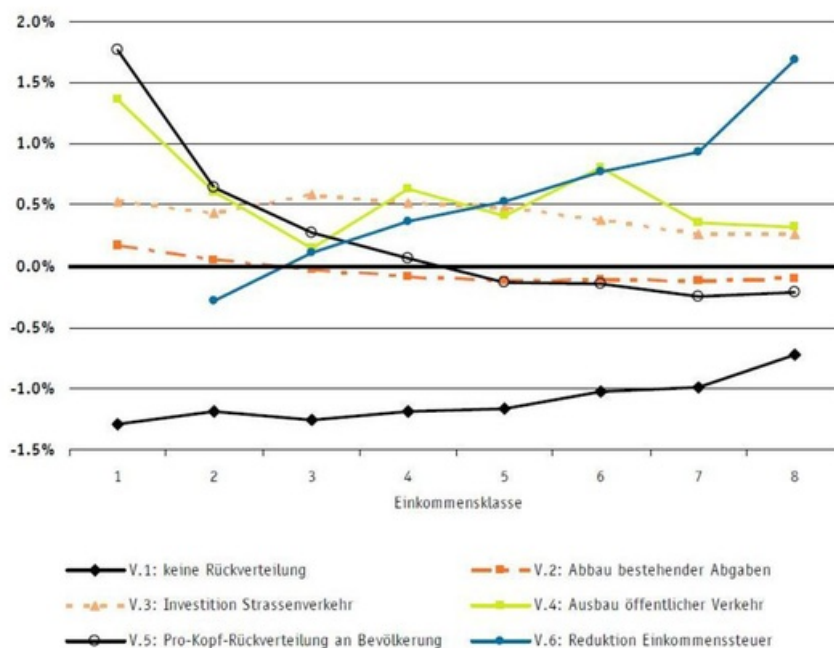
Abbildung 57: Zusatzkosten durch die Kilometerabgabe pro Einkommensklasse und Jahr im Verhältnis zum Haushaltsbruttoeinkommen



Quelle: INFRAS et al., 2007, S. 84, Abb. 14.

Betrachtet man die Nettoeffekte unterschiedlicher Kompensationsstrategien (inklusive staubedingter Zeitersparnisse und den Nutzenverlust durch Verhaltensveränderungen) im Vergleich zum Haushaltseinkommen (Abbildung 58) zeigt sich, dass die Verwendung der Einnahmen einen großen Einfluss auf die soziale Verteilungswirkung ausübt (vgl. INFRAS et al., 2007, S. 87).

Abbildung 58: Nettoeffekte der Einnahmenverwendung nach Haushaltsbruttoeinkommen in Prozent



Quelle: INFRAS et al., 2007, S. 87, Abb. 16.

Während es ohne Rückverteilung der Einnahmen in allen Einkommensklassen zu Mehrbelastungen kommt, die in den höchsten Einkommensklassen geringer werden, profitieren Haushalte der beiden niedrigsten Einkommensklassen insbesondere durch eine Pro-Kopf-Rückverteilung und einer Verwendung der Einnahmen für den Ausbau des öffentlichen Verkehrs. Die höchsten Einkommensklassen profitieren hingegen vorrangig durch eine Reduktion der Einkommenssteuer. Während sich Investitionen in den Straßenverkehr weitgehend einkommensneutral auswirken, führt ein Abbau bestehender Abgaben zu leichten Vorteilen für die ärmeren Einkommensklassen. (vgl. INFRAS et al., 2007, S. 87 f.)

In Bezug auf die umweltspezifischen Auswirkungen kommt es bei allen Szenarien zu einer Verringerung des Schadstoffausstoßes wie nachfolgende Abbildung 59 verdeutlicht. Während Szenario E1 zu jährlichen Einsparungen bei CO₂ in der Höhe von 3,4 %, bei NO_x in der Höhe von 2,4 % und bei PM₁₀ in der Höhe von 4,1 % führt, bringt Szenario E2 mit Reduktionen bei CO₂ in der Höhe von 8,5 %, bei NO_x in der Höhe von 6,1 % und bei PM₁₀ in der Höhe von 10,5 % die höchsten Einsparungen aller untersuchten Szenarien mit sich.

Abbildung 59: Schadstoffausstoß pro Jahr differenziert nach Szenarien

Szenario	CO ₂ [1000t/a]	Differenz	NO _x [t/a]	Differenz	PM 10 [t/a]	Differenz
2030 Referenz	10'472		17'233		2'901	
Sz. A (Objektpricing)	10'444	-0.3%	17'200	-0.2%	2'891	-0.4%
Sz. B (Zonenmodell)	10'365	-1.0%	17'112	-0.7%	2'865	-1.3%
Sz. C (Netzmodell)	10'064	-3.9%	16'735	-2.9%	2742	-5.5%
Sz. D (ZSZ-Modell)	9'912	-5.4%	16'560	-3.9%	2691	-7.3%
Sz. E1 (Gebietsmodell)	10'114	-3.4%	16'814	-2.4%	2'782	-4.1%
Sz. E2 (Gebietsmodell)	9'586	-8.5%	16'185	-6.1%	2'597	-10.5%

Quelle: Bundesamt für Strassen (Hrsg.), 2007, S. 90, Tab. 22.

5.9. Forschungsprojekt Österreich

Im Rahmen des zweijährigen interdisziplinären Forschungsprojekts „Technologien und Wirkungen von PKW-Road Pricing im Vergleich“²⁹ wurde in Zusammenarbeit zwischen der Universität Graz und der Technischen Universität Graz eine Studie zu den Auswirkungen eines fahrleistungsabhängigen Abgabensystems für alle PKW bis 3,5 Tonnen Gesamtgewicht innerhalb Österreichs durchgeführt, welche im Jahr 2005 veröffentlicht wurde (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 124).

Bezüglich der technologischen Umsetzung wird von einer satellitengestützten Erfassung der Fahrleistung mit Hilfe von OBUs und Map-Matching ausgegangen. Das aktuell bestehende Vignettensystem für Autobahnen und Schnellstraßen wird als Kompensationsmaßnahme abgeschafft, die restlichen aktuellen Abgabensysteme bleiben hingegen bestehen. (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 125 f.; vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 194)

5.9.1. Untersuchte Szenarien

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden fünf unterschiedliche Planungsvarianten mit Hilfe eines Wirkungsmodells, eines ökonomischen Modells sowie einer Befragung von 100 Personen in Bezug auf ihre verkehrsspezifischen, umweltspezifischen, wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen hin untersucht (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 8).

Die in nachfolgender Abbildung 60 dargestellten Planungsvarianten unterscheiden sich dabei teilweise in Bezug auf das bemaute Straßennetz, in Bezug auf die zeitliche Differenzierung der Gebührenhöhe sowie der Gebührenhöhe an sich und in Bezug auf die Verwendung der Einnahmen. In Planungsvariante A-5 werden Autobahnen, Schnellstraßen, die ehemaligen Bundesstraßen B³⁰ sowie innerhalb der Ballungszentren³¹ das gesamte Straßennetz bemaute. In den restlichen Planungsvarianten werden neben Autobahnen, Schnellstraßen, ehemaligen Bundesstraßen B auch alle Landesstraßen L sowie alle Gemeindestraßen (somit also generell das gesamte Straßennetz) bemaute. Während in den Planungsvarianten A-5 und B-5 keine zeitliche Differenzierung der Gebührenhöhe erfolgt, wird die Gebührenhöhe in den Varianten C-5, C-10 und D-5 innerhalb der definierten Ballungszentren in den Stoßzeiten von 7-9 Uhr morgens und 16-18 Uhr nachmittags jeweils um 100 % erhöht. Standardmäßig wird die Gebührenhöhe mit 5 Cent pro Kilometer festgelegt (Ausnahme Variante C-10: 10 Cent pro Kilometer). In Bezug auf die Einnahmenverwendung unterscheidet sich lediglich die

²⁹ Im Rahmen dieser Arbeit als „Forschungsprojekt Österreich“ bezeichnet.

³⁰ Diese werden im Rahmen des Forschungsprojekts als „Landesstraßen B“ bezeichnet.

³¹ Zu den Ballungszentren werden im Rahmen des Forschungsprojekts alle österreichischen Landeshauptstädte mit Ausnahme von Eisenstadt gezählt.

Planungsvariante D-5 von den restlichen Varianten. Während in dieser Variante der Fokus insbesondere auf den Ausbau des öffentlichen Verkehrs und weniger auf die Straßeninfrastruktur gelegt wird, erfolgt in den restlichen Varianten eine gleichmäßige Verteilung der Einnahmen von jeweils einem Drittel für Straßeninfrastruktur (Ausbau, Finanzierung und Instandhaltung), einem Drittel für den Ausbau des öffentlichen Verkehrs (hierzu wird auch der nichtmotorisierte Verkehr gezählt) und einem Drittel für den sozialen Ausgleich (insbesondere für Kompensationsmaßnahmen). Die gleichmäßige Aufteilung wurde hierbei gewählt, um einen Konsens zwischen den Interessensvertretern herzustellen. (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 127 ff.)

Abbildung 60: Untersuchte Planungsvarianten differenziert nach deren Ausgestaltung

Planungs-variante	Netz	Zeit- bzw. belastungs-abhängig	Gebühren-höhe	Einnahmenverwendung
A-5	<ul style="list-style-type: none"> • Bundesstraßen A und S • Landesstraßen B • Urban: gesamtes Straßennetz 	nein	0,05 €/km	1/3 Straßeninfrastruktur 1/3 Ausbau des ÖV 1/3 sozialer Ausgleich
B-5		nein	0,05 €/km	
C-5	<ul style="list-style-type: none"> • Bundesstraßen A und S 	in Ballungszentren: 7-9 Uhr und 16-18 Uhr + 100%	0,05 €/km	
C-10	<ul style="list-style-type: none"> • Landesstraßen B und L 		0,10 €/km	
D-5	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeindestraßen 		0,05 €/km	

Quelle: Steininger & Gobiet, 2005, S. 129, Tab. 7.1; geänderte Darstellung, 2016.

5.9.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen

Anschließend wurden die verkehrsspezifischen Auswirkungen mit Hilfe von Wirkungsmodell und Befragung untersucht. Die Auswirkungen von Variante D-5 konnten dabei aufgrund diverser Unsicherheiten in Bezug auf die Einnahmenverwendung (beispielsweise in Bezug auf die Verteilung der Einnahmen zwischen Bundesländern oder Verkehrsmitteln) nicht untersucht werden. (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 130 f.) Als Referenzjahr der Modellierung gilt das Jahr 2000, der Prognosezeitraum bezieht sich auf 5-10 Jahre. Des Weiteren wurde bei der Analyse nach den drei Raumtypen „Wien“, „Ballungszentren ohne Wien“ sowie „zentrale und periphere Bezirke“ unterschieden. (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 156)

Nachfolgende Abbildung 61 zeigt die verkehrsspezifischen Auswirkungen aller untersuchten Planungsvarianten in Bezug auf Verkehrsleistung und Fahrleistung. Bei allen Planungsvarianten können Rückgänge in der Fahr- und Verkehrsleistung festgestellt werden. Variante A-5 weist dabei mit einem Minus in der Fahrleistung im MIV in der Höhe von 5,1 % (im Vergleich zum Referenzjahr) den geringsten Rückgang auf. Variante C-10 führt zum deutlichsten Rückgang in der Höhe von 14,3 %. Im Zuge dessen kommt es auch zu deutlichen Verschiebungen hin zum öffentlichen Verkehr und zum nichtmotorisierten Individualverkehr. Im Vergleich zwischen den beiden Varianten B-5 und C-5, die bis auf die zeitliche Differenzierung der Gebührenhöhe innerhalb der Stoßzeiten identisch sind, zeigt sich eine minimal stärkere Verkehrsreduktion in Variante C-5. Die allgemein geringeren Rückgänge in der Verkehrsleistung im Vergleich zur Fahrleistung lassen sich durch einen höheren Fahrzeugbesetzungsgrad erklären. (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 161 f.)

Abbildung 61: Verkehrsspezifische Auswirkungen der Planungsvarianten im Vergleich zum Referenzjahr in Prozent

	B-5		A-5		C-5		C-10	
	Pkm	Kfz-km	Pkm	Kfz-km	Pkm	Kfz-km	Pkm	Kfz-km
MIV	-4,2	-6,5	-3,2	-5,1	-4,4	-6,7	-9,5	-14,3
	[-2,9 ; -7,2]	[-4,5 ; -11,0]	[-2,0 ; -5,4]	[-3,1 ; -8,5]	[-3,0 ; -7,9]	[-4,6 ; -12,1]	[-5,9 ;]*	[-9,1 ;]*
ÖV	6,3		4,5		6,4		14,8	
(gesamt)	[+4,0 ; +11,0]		[+2,7 ; +7,9]		[+4,1 ; +12,2]		[+7,7 ;]*	
NMIV	5,8		4,0		5,9		13,5	
	[+4,0 ; +10,1]		[+2,5 ; +7,0]		[+4,1 ; +11,0]		[+7,7 ;]*	

Anmerkung: Die Werte sind einzeln gerundet, daher können die Summen der Einzelwerte geringfügig abweichen.

[-2,9 ; -7,2] Bandbreite der Ergebnisse: -2,9 % vorsichtige Schätzung ; - 7,2 %: obere Grenze der Verhaltensänderungen laut Befragung (stated preferences) und eigenen Anpassungen

** Auf Grund der Unsicherheiten bei den Befragungsergebnissen sind die oberen Werte für C-10 nicht ausgewiesen.*

Quelle: Steininger & Gobiet, 2005, S. 161, Tab. 9.2.

Betrachtet man in weiterer Folge die Auswirkungen der einzelnen Planungsvarianten auf die Fahrleistung differenziert nach den untersuchten Raumtypen (Abbildung 62), zeigen sich innerhalb der Ballungszentren und insbesondere in Wien deutlich höhere Reduktionen als in den zentralen und peripheren Bezirken. Bei Variante C-10 fällt der Rückgang der Fahrleistung in den Ballungszentren mit einem Minus von 23,9 % (Wien: -25,1 %) besonders stark aus. Diese starke Verhaltensreaktion kann insbesondere auf die verdoppelte Gebührenhöhe in Variante C-10 zurückgeführt werden. (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 162)

Abbildung 62: Veränderung der KFZ-Kilometer im MIV im Vergleich zum Referenzjahr in Prozent, differenziert nach Planungsvarianten und Raumtypen

Variante	Untersuchte Raumtypen			
	Gesamtösterreich	Wien	Ballungszentren ohne Wien	Zentrale + periphere Bezirke
B-5	-6,5%	-9,1%	-8,6%	-5,9%
A-5	-5,1%	-9,1%	-8,6%	-4,2%
C-5	-6,7%	-10,2%	-9,7%	-5,9%
C-10	-14,3%	-25,1%	-23,9%	-12,1%

Quelle: Eigene Darstellung (2016) basierend auf Steininger & Gobiet, 2005, S. 223-226.

In Bezug auf die nicht näher untersuchte Planungsvariante D-5 kann aufgrund der verstärkten Investitionen in den öffentlichen und nichtmotorisierten Verkehr von einer erheblichen Verstärkung der Fahrleistungsreduktionen im MIV im Vergleich zu den anderen Varianten ausgegangen werden (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 162).

Abbildung 63 zeigt den Modal Split der einzelnen Planungsvarianten differenziert nach Wegzwecken. Bei den Einkaufs- und Erledigungswegen ist die Bereitschaft, auf alternative Verkehrsmittel umzusteigen, am geringsten. Die stärksten Verkehrsverlagerungen finden hingegen bei den Arbeits- und Ausbildungswegen statt. Vergleicht man die Varianten B-5 und C-5 (identisch bis auf die zeitliche Differenzierung) zeigen sich in Variante C-5 deutlich stärkere Verlagerungseffekte. Die stärkste Verlagerung vom MIV auf den ÖV kann allerdings in Variante C-10 konstatiert werden. Zusätzlich kann insgesamt eine verstärkte Fahrtenbündelung festgestellt werden. (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 182)

Abbildung 63: Modal Split differenziert nach Planungsvarianten und Wegzwecken

Arbeits-/Ausbildungsweg	A-5	B-5	C-5	C-10	D-5
MIV	-13,3%	-24,1%	-31,4%	-39,8%	-33,8%
ÖV	+12,0%	+15,6%	+24,1%	+31,3%	+27,7%
Rad	+1,2%	+7,3%	+6,1%	+7,3%	+4,9%
Fuß	+0,0%	+1,2%	+1,2%	+1,2%	+1,2%
Einkaufs-/Erledigungsweg	A-5	B-5	C-5	C-10	D-5
MIV	-5,0%	-16,0%	-20,0%	-23,0%	-22,6%
ÖV	+1,0%	+4,0%	+9,0%	+10,0%	+10,1%
Rad	+0,0%	+5,0%	+5,0%	+5,0%	+5,1%
Fuß	+4,0%	+7,0%	+6,0%	+8,0%	+7,4%
Freizeitweg	A-5	B-5	C-5	C-10	D-5
MIV	-5,0%	-18,0%	-26,0%	-36,0%	-27,0%
ÖV	+2,0%	+11,0%	+17,0%	+26,0%	+21,0%
Rad	+3,0%	+5,0%	+7,0%	+8,0%	+6,0%
Fuß	+0,0%	+2,0%	+2,0%	+2,0%	+0,0%

Quelle: Steininger & Gobiet, 2005, S. 182, Tab. 9-20.

5.9.3. Volkswirtschaftliche und soziale Auswirkungen

Abbildung 64 zeigt die ökonomischen Auswirkungen sowie die Budgeteffekte der einzelnen Planungsvarianten. In allen untersuchten Varianten können insgesamt deutliche Wohlfahrtsgewinne für die Gesellschaft verzeichnet werden, so beispielsweise in der Höhe von 399 Mio. Euro bei Variante C-5 (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 171). Das BIP in Kaufkraftparität sinkt bei allen Planungsvarianten leicht ab. In Bezug auf die Einnahmen ergeben sich am Beispiel von Variante C-5 erzielte Einnahmen von über 3 Milliarden Euro, von denen abzüglich der Systemkosten (Annahme: 15 %) und den sozialen Ausgleichsmaßnahmen noch 1,74 Milliarden Euro für Investitionen in Straßeninfrastruktur und ÖV übrig bleiben.

Abbildung 64: Ökonomische Auswirkungen und Budgeteffekte, differenziert nach Planungsvarianten

	Referenz- szenario (Jahr 2000)	Variante B-5	Variante A-5	Variante C-5	Variante C-10*	Variante D-5*
ÖKONOMISCHE VARIABLEN						
Wohlfahrtsänderung (Mio. Euro)		+329	+273	+399	+644	
davon Staukosten - Reduktion (Mio. Euro)				70	173	
Makroökonomische Effekte						
BIP (Mio. Euro)	204.616	+1,37%	+0,87%	+1,43%	+2,51%	+1,39%
		[1,46% ; 1,19%]	[0,94% ; 0,75%]	[1,50% ; 1,28%]	[2,74% ;	
BIP in Kaufkraftparität (Mio. Euro)	204.616	-0,34%	-0,27%	-0,35%	-0,96%	-0,41%
		[-0,26% ; -0,53%]	[-0,19% ; -0,39]	[-0,26% ; -0,58%]	[-0,65% ;	
BUDGETEFFEKTE (Mio. Euro)						
<i>durch:</i>						
Veränderung der direkten Steuereinnahmen		57	12	60	-63	81
		[117 ; -81]	[74 ; -86]	[120 ; -86]	[96 ;	
Veränderung der indirekten Steuereinnahmen		-285	-192	-297	-601	-430
		[-272 ; -315]	[-178 ; -217]	[-280 ; -339]	[-567 ;	
Veränderung in Arbeitsmarktausgaben		14	-8	14	-91	21
		[54 ; -80]	[34 ; -75]	[56 ; -85]	[17 ;	
Veränderung der Staatsnachfrage		-424	-338	-441	-1087	-655
		[-286 ; -743]	[-191 ; -570]	[-294 ; -800]	[-715 ;	
Einnahmen aus dem Road-Pricing		2.949	1.915	3.073	5.720	3.066
<i>davon:</i>		[3.012 ; 2.804]	[1.958 ; 1.847]	[3.099 ; 3.027]	[5.910 ;	
Systemkosten (15%)		442	287	461	486	460
Sozialer Ausgleich (Refundierung an Haushalte)		836	543	871	1.745	869
<i>ergibt:</i>						
verbleibende Einnahmen (Verwendung: 50% Straßenerhaltung, 50% ÖV-Ausbau) ⁶⁷		1.671	1.085	1.742	3.489	1.737
		[1.707 ; 1.589]	[1.110;1.047]	[1.756;1.715]	[3.605;	

Quelle: Steininger & Gobiet, 2005, S. 173, Tab. 9-10; geänderte Darstellung (Detailausschnitt), 2016.

Die sozialen Auswirkungen wurden mit Hilfe der Befragung erhoben, in deren Rahmen auch das monatliche Netto-Haushaltseinkommen erhoben wurde. Dabei wurden vier Einkommensklassen (unter 1.478 €, unter 2.311 €, unter 3.267 € sowie über 3.267 €) definiert. (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 147-152)

Wie nachfolgende Abbildung 65 beispielhaft für die Planungsvariante B-5 zeigt, wurde die Fahrleistung in der untersten Einkommensklasse am deutlichsten reduziert, gefolgt von der obersten Einkommensklasse. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass die kilometerabhängigen Kosten in diesen beiden Einkommensklassen ohne Road Pricing geringer ausfallen als in den mittleren Einkommensklassen. Während arme Haushalte oftmals Kleinwagen fahren, fahren reiche Haushalte oftmals neue und effiziente PKWs. Auch die Verkehrsausgaben steigen für das unterste Einkommensquartil mit einem Plus von 19,3 % beim PKW-Verkehr und 8,6 % beim öffentlichen Verkehr am deutlichsten an. Interessanterweise sinkt die Wohlfahrt aus dem Konsum allerdings in dieser Einkommensklasse am wenigsten, was zum einen auf die geringe Gesamtfahrleistung dieser

Gruppe und zum anderen auf die sozialen Ausgleichsmaßnahmen (in Bezug auf die Einnahmenverwendung) zurückzuführen ist. In der höchsten Einkommensklasse sinkt die Wohlfahrt aus dem Konsum am stärksten ab, was auf die mangelnde Bereitschaft für den Umstieg auf den öffentlichen Verkehr und auf die geringe Bedeutung der sozialen Ausgleichsmaßnahmen in dieser Einkommensklasse zurückgeführt werden kann. (vgl. Steinger & Gobiet, 2005, S. 170 f.)

Abbildung 65: Verhaltensänderung und Verkehrsausgaben in Bezug auf das Haushaltseinkommen für Planungsvariante B-5 in Prozent

	Einkommensquartil			
	1 bis zu € 1.478	2 bis zu € 2.311	3 bis zu € 3.267	4 über € 3.267
VERKEHRSVARIABLE (% Veränd.)				
Pkw Fahrzeugkilometer	-7,89 [-5,01 ; -14,4]	-6,32 [-4,32 ; -10,93]	-5,82 [-4,02 ; -9,98]	-6,62 [-4,69 ; -11,08]
ÖV Personenkilometer	8,49 [5,85 ; 14,23]	6,02 [3,84 ; 10,77]	5,31 [3,34 ; 9,61]	5,64 [3,42 ; 10,52]
Verkehrsausgaben Pkw	19,32 [23,04 ; 10,88]	13,95 [16,37 ; 8,35]	12,41 [14,55 ; 7,45]	13,52 [15,86 ; 8,11]
Verkehrsausgaben ÖV	8,60 [5,95 ; 14,37]	6,12 [3,93 ; 10,91]	5,42 [3,44 ; 9,74]	5,75 [3,51 ; 10,65]
Veränderung der Wohlfahrt (nur Konsum)	-0,56 [-0,56 ; -0,54]	-1,41 [-1,40 ; -1,44]	-1,46 [-1,43 ; -1,50]	-1,95 [-1,93 ; -1,99]

Quelle: Steinger & Gobiet, 2005, S. 170, Tab. 9-9; geänderte Darstellung (Detailausschnitt), 2016.

Nachfolgende Abbildung 66 zeigt die Veränderung bei den Verkehrsausgaben differenziert nach Einkommensklassen, Verkehrsträgern und Planungsvarianten. In der niedrigsten Einkommensklasse fällt die relative Veränderung der Verkehrsausgaben durchwegs am höchsten aus. So erhöhen sich die Ausgaben für den PKW-Verkehr in dieser Einkommensklasse in Variante C-5 um über 20 %, bei Variante C-10 um 34,5 %. Selbiges gilt auch für die Ausgaben im öffentlichen Verkehr.

Abbildung 66: Veränderung der Verkehrsausgaben differenziert nach Haushaltseinkommen, Verkehrsträgern und Planungsvarianten in Prozent

Haushaltseinkommen	Variante B-5		Variante A-5		Variante C-5		Variante C-10		Variante D-5	
	Pkw	ÖV	Pkw	ÖV	Pkw	ÖV	Pkw	ÖV	Pkw	ÖV
	Ausgaben		Ausgaben		Ausgaben		Ausgaben		Ausgaben	
< € 1.478	19,32%	8,60%	11,22%	6,16%	20,15%	8,96%	34,55%	19,80%	19,14%	15,99%
< € 2.311	13,95%	6,12%	8,14%	4,44%	14,55%	6,38%	25,25%	14,46%	14,26%	11,97%
< € 3.267	12,41%	5,42%	7,24%	3,93%	12,95%	5,65%	22,49%	12,85%	12,76%	10,72%
> € 3.267	13,52%	5,75%	7,90%	4,21%	14,11%	5,99%	24,31%	13,63%	13,97%	11,69%

Quelle: Steinger & Gobiet, 2005, S. 174, Tab. 9-11.

Bei Betrachtung der Wohlfahrtseffekte im Konsum (Kaufkraft) in Abbildung 67 zeigen sich jedoch im Vergleich zu den teils deutlich ansteigenden Verkehrsausgaben lediglich leichte Rückgänge, wobei die Rückgänge bei Planungsvariante C-10 am deutlichsten ausfallen. Insgesamt kann festgestellt werden, dass Haushalte mit höherem Einkommen hier stärker getroffen werden als ärmere Haushalte. (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 174)

Abbildung 67: Wohlfahrtseffekte im Konsum, differenziert nach Einkommensklasse und Planungsvariante in Prozent

	B-5	A-5	C-5	C-10	D-5
<i>Wohlfahrtsveränderung im Konsum gegenüber dem Referenzszenario</i>					
Haushaltseinkommen					
< € 1.478	-0,56%	-0,35%	-0,58%	-0,98%	-0,59%
< € 2.311	-1,41%	-0,92%	-1,47%	-2,83%	-1,47%
< € 3.267	-1,46%	-0,95%	-1,52%	-2,98%	-1,52%
> € 3.267	-1,95%	-1,28%	-2,03%	-3,96%	-2,03%

Quelle: Steininger & Gobiet, 2005, S. 174, Tab. 9-12.

5.10. Road Pricing Niederlande

In den Niederlanden war beginnend mit dem Jahr 2011 (und abschließend mit dem Jahr 2018) die stufenweise Einführung eines umfassenden, flächendeckenden und dynamischen Road Pricing-Systems geplant. Dieses sollte (zumindest teilweise) die bestehenden, auf Fixkosten basierenden Abgabensysteme durch ein fahrleistungsabhängiges, satelliten-gestütztes Abgabensystem (mit Hilfe von OBUs) ersetzen, wobei gleichzeitig eine Kostenneutralität für die Benutzer gewährleistet werden sollte. Sowohl der Straßenpersonen- als auch der Straßengüterverkehr sollten in das Abgabensystem einbezogen werden. Neben der Fahrleistung sollten dabei auch die Tageszeit, die Routenwahl (TDP Road Pricing) sowie die Emissionskategorie des Fahrzeugs berücksichtigt werden. Trotz Beschlüssen der Regierung und des Parlaments wurde das geplante Abgabensystem letztendlich aufgrund politischer Umbrüche (nach einem Regierungszusammenbruch Anfang 2010) doch nicht implementiert. (vgl. Ardic et al., 2015, S. 117-143; vgl. Roth, 2009, App. A1, S. 141-146; vgl. Wee, 2010, S. 64-68)

Road Pricing ist jedoch politisch gesehen in den Niederlanden nach wie vor ein aktuelles Thema. So hatten im Jahr 2012 sechs von zehn Parteien verschiedene Arten von Road Pricing-Policies in ihren Wahlprogrammen enthalten. Aufbauend auf dem bestehenden politischen Interesse und den aktuellen Entwicklungen im Verkehrssektor wurde vom CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis und von der PBL Netherlands Environmental Assessment Agency im Jahr 2015 eine erneute soziale Kosten-Nutzen-Analyse (die letzte vorhergehende Untersuchung erfolgte im Jahr 2007) durchgeführt. (vgl. Meerkerk et al., 2015, S. 3) Nachfolgende Kapitel beziehen sich auf die Ergebnisse dieser Analyse.

5.10.1. Untersuchte Szenarien

Im Rahmen der sozialen Kosten-Nutzen-Analyse wurden folgende vier Road Pricing-Varianten für den Straßenpersonenverkehr untersucht:

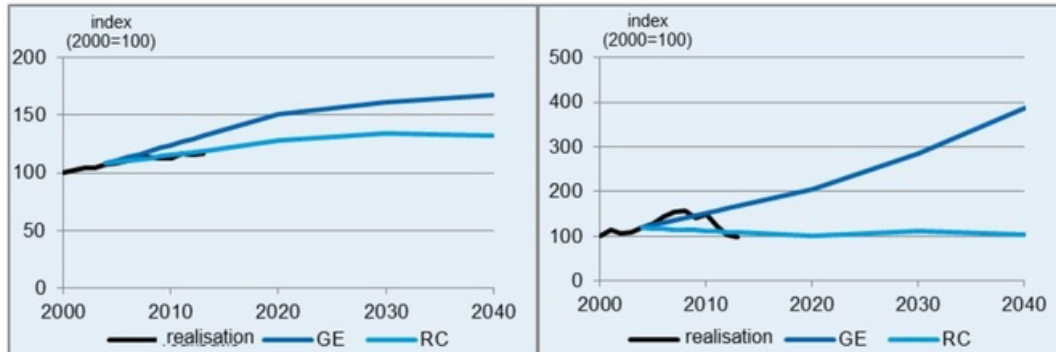
- 1.) „Flat Rate“-Variante: Die Einhebung einer fixen Gebühr in der Höhe von 7 Cent pro Kilometer auf dem gesamten Straßennetz.
- 2.) „Congestion Charging“-Variante: Die Einhebung einer Gebühr in der Höhe von 11 Cent pro Kilometer innerhalb der Stoßzeiten (7 bis 9 Uhr morgens und 16 bis 19 Uhr abends) auf Straßen mit besonders hohem Verkehrsaufkommen.
- 3.) „Flat Rate & Congestion Charging“-Variante: Eine Kombination aus den ersten beiden Varianten, wobei die Congestion Charge (11 Cent) auf die fixe Kilometergebühr (7 Cent) aufgerechnet wird.

- 4.) „Flat Peak-Hour Charge“-Variante: Einhebung einer fixen Gebühr in der Höhe von 5 Cent pro Kilometer innerhalb der Stoßzeiten auf den Hauptverkehrsstraßen in den West- und Zentralniederlanden.

(vgl. Meerkerk et al., 2015, S. 3 f.; vgl. Hilbers et al., 2015, S. 13)

Die Analyse untersucht dabei die Auswirkungen der einzelnen Varianten für alle PKWs vom Jahr 2020 bis zum Jahr 2050. Der Straßengüterverkehr ist dabei von der Abgabe ausgenommen. Zur Analyse der Auswirkungen wurde das Dutch National Transport Model als Ausgangsbasis verwendet, außerdem wurden zur Analyse der Langzeiteffekte zusätzlich zwei Entwicklungsszenarien aus einer Studie von Janssen et al. (2006)³², zum einen das Global Economy (GE) Szenario und zum anderen das Regional Communities (RC) Szenario herangezogen. Die beiden Szenarien unterscheiden sich beispielsweise in Bezug auf Wohlstand und Bevölkerungsentwicklung deutlich. So sind die Niederlande im GE-Szenario wohlhabender und bevölkerungsreicher als im RC-Szenario (18,0 gegenüber 16,5 Mio. Einwohner und 9,6 gegenüber 7,9 Mio. PKW im Jahr 2020), wodurch in diesem Szenario auch die Verkehrsnachfrage deutlich stärker ansteigt wie nachfolgende Abbildung 68 verdeutlicht. (vgl. Meerkerk et al., 2015, S. 5; vgl. Hilbers et al., 2015, S. 10)

Abbildung 68: Entwicklung der Fahrleistung (links) und der Stautunden (rechts) differenziert nach Entwicklungsszenario



Quelle: Meerkerk et al., 2015, S. 5, Abb. 1.

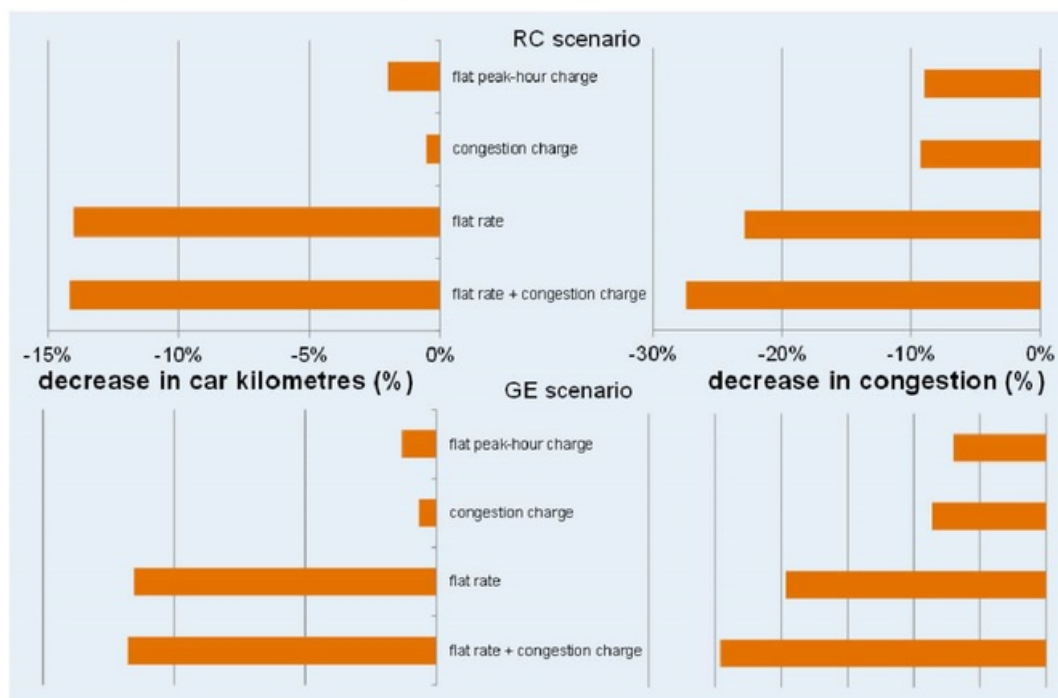
Bezüglich der technischen Umsetzungsweise werden je nach Untersuchungsvariante unterschiedliche Erhebungsarten vorgeschlagen, so beispielsweise mit Hilfe von satellitengestützten OBU, mit DSRC, mit Nummernschilderkennung oder mit Kilometerzählern (vgl. Meerkerk et al., 2015, S. 6).

³² Für die Studie siehe Janssen, L. & Okker, V. & Schuur, J. (2006): *Welfare, Prosperity and Quality of the Living Environment. A scenario study for the Netherlands in 2040*. Den Haag: CPB.

5.10.2. Verkehrsspezifische Auswirkungen

Nachfolgende Abbildung 69 zeigt die Veränderung der Fahrleistung und der Stautunden aller Untersuchungsvarianten im Vergleich zum Referenzszenario (ohne Road Pricing) im Jahr 2020. Generell fallen die prozentualen Veränderungen im RC-Szenario höher aus als im GE-Szenario. Dieser Umstand ist auf eine höhere Preissensitivität der Benutzer im RC-Szenario durch den geringeren Wohlstand zurückzuführen. Die „Congestion-Charging“-Variante bringt mit einem Minus von etwa 0,5 % die geringste Reduktion der Fahrleistung mit sich, die „Flat Peak-Hour Charge“-Variante folgt mit einer Reduktion von etwa 2 %. Die „Flat Rate“-Variante sowie die kombinierte Variante führen zu deutlich stärkeren Reduktionen der Fahrleistung in der Höhe von etwa 15 % im RC-Szenario und etwa 12 % im GE-Szenario. (vgl. Meerkerk et al., 2015, S. 7 f.) Die Stautunden gehen sowohl in der „Flat Rate“-Variante als auch in der kombinierten Variante deutlich zurück. Aufgrund dieser verkehrsspezifischen Auswirkungen sowie aufgrund der flächenmäßigen Ausdehnung dieser beiden Varianten (über das gesamte Straßennetz) erfolgt die Analyse in weiterer Folge mit Fokus auf die Flat Rate sowie auf die kombinierte Variante.

Abbildung 69: Veränderung der Fahrzeugkilometer und der Stautunden differenziert nach Untersuchungsvarianten und Entwicklungsszenarien im Vergleich zum Referenzszenario 2020³³



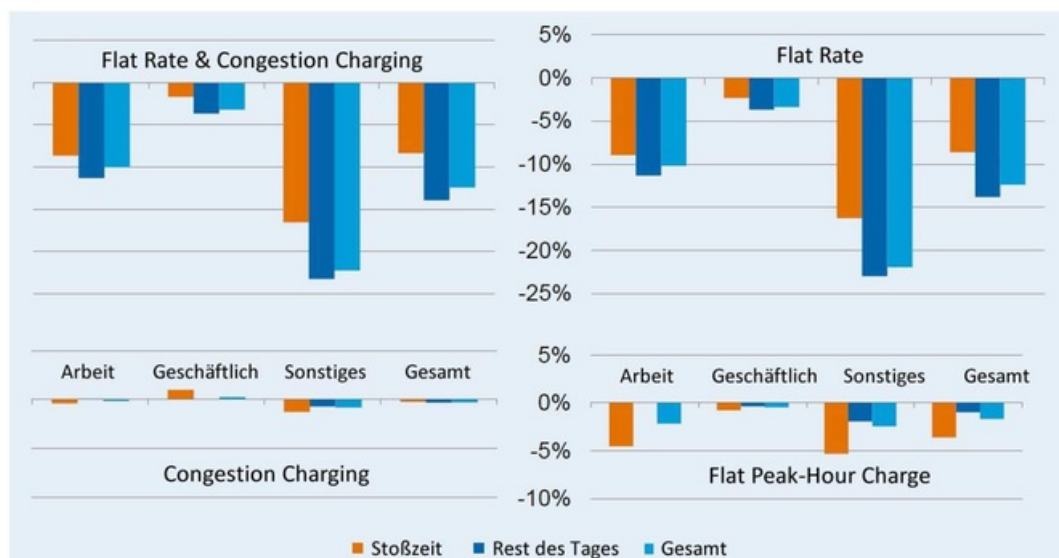
Quelle: Meerkerk et al., 2015, S. 8, Abb. 2; geänderte Darstellung, 2016.

³³ In der herangezogenen Abbildungsquelle wurden die beiden Entwicklungsszenarien vertauscht, dieser Umstand wurde in der vorliegenden Abbildung basierend auf Hilbers et al. (2015) korrigiert.

Bei einer Erhöhung der Gebührenhöhe in der „Flat Rate“-Variante auf 11 Cent pro Kilometer (von den ursprünglichen 7 Cent pro Kilometer) würden sich die erzielten Reduktionen von Fahrleistung und Staustunden weiter verstärken (-19 % respektive -30 % im RC-Szenario). Bei einer Verringerung der Gebührenhöhe auf 3 Cent pro Kilometer würden die erzielten Reduktionen hingegen auf -7 % bei der Fahrleistung und -13 % bei den Staustunden zurückgehen. (vgl. Hilbers et al., 2015, S. 42 f.)

Nachfolgende Abbildung 70 zeigt die Veränderung der PKW-Verkehrsleistung differenziert nach Fahrtzweck und Tageszeit für das RC-Szenario im Jahr 2020 (die Veränderungen für das GE-Szenario fallen ähnlich aus) (vgl. Hilbers et al., 2015, S. 29). In der Flat Rate sowie in der kombinierten Variante zeigen sich insgesamt außerhalb der Stoßzeiten stärkere prozentuale Rückgänge der Verkehrsleistung als innerhalb der Stoßzeiten. In der Kategorie der sonstigen Fahrten fällt die Verhaltensreduktion am stärksten aus.

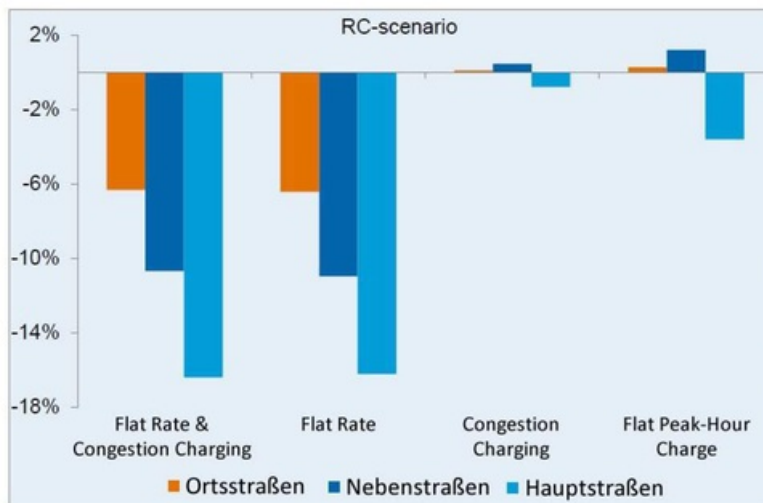
Abbildung 70: Veränderung der Verkehrsleistung (Pkm) für das RC-Szenario im Jahr 2020, differenziert nach Untersuchungsvariante, Fahrtzweck und Tageszeit



Quelle: Hilbers et al., 2015, S. 29, Abb. 5.4; geänderte Darstellung, 2016.

Abbildung 71 zeigt die Verkehrsleistung pro Straßenkategorie für das RC-Szenario im Jahr 2020. Bei der Flat Rate und der kombinierten Variante findet die stärkste Reduktion auf dem Hauptstraßennetz mit einem Minus von etwa 16 % statt, gefolgt vom Nebenstraßennetz mit einem Minus von etwa 10 %. Die Reduktion der Verkehrsleistung auf den Ortsstraßen fällt hingegen mit einem Minus von etwa 6 % am geringsten aus.

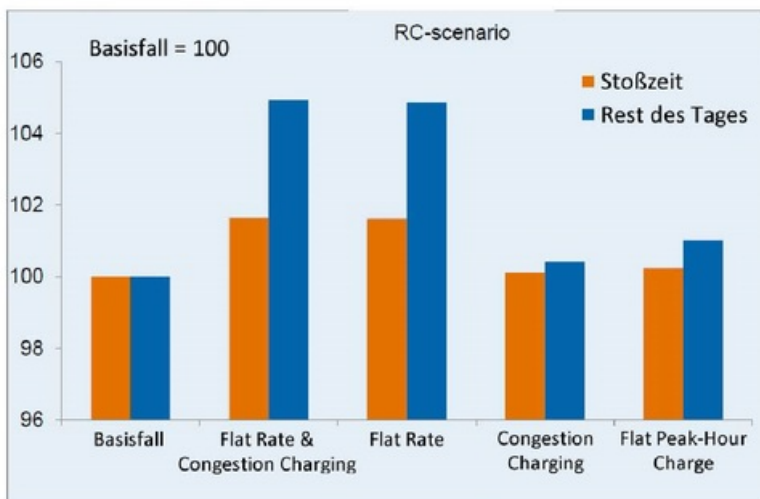
Abbildung 71: Veränderung der Verkehrsleistung pro Straßenkategorie im RC-Szenario im Jahr 2020, differenziert nach Untersuchungsvariante



Quelle: Hilbers et al., 2015, S. 30, Abb. 5.5; geänderte Darstellung, 2016.

Betrachtet man die Auswirkungen auf den öffentlichen Verkehr (Abbildung 72) zeigen sich bei den flächendeckenden Untersuchungsvarianten Zuwächse in der Verkehrsleistung insbesondere außerhalb der Stoßzeiten in der Höhe von etwa 5 % (vgl. Hilbers et al., 2015, S. 30). Innerhalb der Stoßzeiten fällt der Zuwachs mit etwa 2 % hingegen geringer aus.

Abbildung 72: Veränderung der Verkehrsleistung im öffentlichen Verkehr im RC-Szenario im Jahr 2020, differenziert nach Untersuchungsvariante und Tageszeit



Quelle: Hilbers et al., 2015, S. 30, Abb. 5.6; geänderte Darstellung, 2016.

5.10.3. Volkswirtschaftliche und umweltspezifische Auswirkungen

In Bezug auf die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der „Flat Rate“-Variante und der kombinierten Variante zeigen sich im RC-Szenario aufgrund hoher veranschlagter Betriebskosten deutliche gesellschaftliche Nettoverluste von bis zu 14,9 Milliarden Euro (Abbildung 73) in der kombinierten Variante bei satellitengestützter Umsetzungsweise. Bei der „Flat Rate“-Variante beträgt der Nettoverlust maximal 10,6 Milliarden Euro. Im GE-Szenario ergeben sich im Gegensatz dazu je nach technischer Umsetzungsweise Nettogewinne von bis zu 6,9 Milliarden Euro in der kombinierten Variante und von bis zu 3,7 Milliarden Euro in der „Flat Rate“-Variante. Bei satellitengestützter Umsetzung führt die kombinierte Variante in diesem Entwicklungsszenario zu einem Nettoverlust in der Höhe von 0,9 Milliarden Euro. (vgl. Meerkerk et al., 2015, S. 9 ff.)

Abbildung 73: Soziale Kosten und Nutzen der „Flat Rate“-Variante und der „Flat Rate & Congestion Charging“-Variante in Milliarden Euro (Nettobarwert 2014), differenziert nach Entwicklungsszenario und technischer Umsetzung³⁴

System (a)	Pricing policy Flat rate				Pricing policy Flat rate in combination with a congestion charge					
	RC scenario		GE scenario		RC scenario			GE scenario		
	B	C	B	C	B+F	C+E	A	B+F	C+E	A
Costs										
Investment	-0.1	-1.1	-0.2	-1.4	-0.2	-1.5	-1.7	-0.3	-1.9	-2.4
exploitation	-2.4	-3.1	-3.1	-4.1	-3.6	-5.5	-8.1	-4.5	-6.9	-10.2
Total costs	-2.5	-4.2	-3.3	-5.5	-3.8	-6.9	-9.8	-4.7	-8.8	-12.6
Effects										
Travel time	4.0	~	12.7	~	5.3	~	~	16.2	~	~
Distance	0.7	~	1.0	~	0.7	~	~	1.0	~	~
Reliability	1.0	~	3.2	~	1.3	~	~	4.1	~	~
Drop in demand	-4.9	~	-4.2	~	-5.0	~	~	-4.3	~	~
Time administration	-0.8	~	-1.3	~	-0.8	~	~	-1.3	~	~
Indirect effects	-5.1	~	-5.4	~	-5.1	~	~	-4.8	~	~
Excise duty	-7.4	~	-6.5	~	-7.5	~	~	-6.6	~	~
Road maintenance	0.3	~	0.3	~	0.3	~	~	0.3	~	~
PT subsidy	0.8	~	0.7	~	0.8	~	~	0.7	~	~
Road safety	3.2	~	4.5	~	3.2	~	~	4.4	~	~
Noise	0.5	~	0.4	~	0.5	~	~	0.5	~	~
Pollution	1.3	~	1.6	~	1.3	~	~	1.6	~	~
Total effects	-6.3	~	7.0	~	-5.0	~	~	11.7	~	~
Net effect	-8.9	-10.6	3.7	1.5	-8.8	-11.9	-14.9	6.9	2.9	-0.9

(a)
A: a box with a GPS function
B: an odometer
C: a simple box
E: a DSRC system (with registration via a tag in the car)
F: a smart vignette (sticker in the car and registration along the way)

Quelle: Meerkerk et al., 2015, S. 10, Tab. 2.

³⁴ Die erzielten Einnahmen sind in dieser Darstellung nicht enthalten.

Generell kann festgestellt werden, dass die erzielten Reisezeitgewinne den größten sozialen Nutzen darstellen. In Bezug auf die externen Effekte können insbesondere in Bezug auf die Verkehrssicherheit deutliche soziale Nutzen festgestellt werden. Die größten sozialen Kosten verursachen hingegen der Rückgang der Verkehrsnachfrage durch verringerte Wohlfahrt und damit einhergehende Steuerverluste, indirekte Effekte (beispielsweise in Bezug auf Agglomerationseffekte oder Spillover-Effekte) sowie je nach technischer Umsetzungsweise die Betriebskosten. (vgl. Meerkerk et al., 2015, S. 10 f.)

Eine Senkung der Gebührenhöhe in der „Flat Rate“-Variante auf 3 Cent pro Kilometer (statt ursprünglich 7 Cent pro Kilometer) würde einen Mehrwert von 5,2 Milliarden Euro mit sich bringen und so den Nettoverlust im RC-Szenario deutlich reduzieren. Eine Erhöhung der Gebührenhöhe auf 11 Cent pro Kilometer würde den Verlust hingegen noch weiter steigern (um weitere 7,7 Milliarden Euro). Dies gilt gleichermaßen auch für das GE-Szenario, allerdings in geringerem Ausmaß. (vgl. Meerkerk et al., 2015, S. 11 f.)

Nachfolgende Abbildung 74 zeigt die geschätzten Einnahmen für die Jahre 2020 und 2040 differenziert nach Entwicklungsszenario. Während für die „Flat Rate“-Variante sowie für die kombinierte Variante im RC-Szenario mit jährlichen Einnahmen in der Höhe von 6,3 bis 6,5 Milliarden Euro gerechnet wird, fallen die geschätzten Einnahmen im GE-Szenario mit 7,6 bis 9 Milliarden Euro für die „Flat Rate“-Variante und mit 8 bis 9,5 Milliarden Euro für die kombinierte Variante deutlich höher aus.

Abbildung 74: Geschätzte jährliche Einnahmen in den Jahren 2020 und 2040 in Milliarden Euro, differenziert nach Untersuchungsvarianten und Entwicklungsszenarien

Untersuchungsvariante	RC-Szenario		GE-Szenario	
	2020	2040	2020	2040
Flat Rate	6,3	6,4	7,6	9,0
Congestion Charging	0,2	0,2	0,4	0,6
Flat Rate & Congestion Charge	6,4	6,5	8,0	9,5
Flat Peak-Hour Charge	0,4	0,4	0,5	0,5

Quelle: Eigene Darstellung (2016) basierend auf Hilbers et al., 2015, S. 37, Tab. 6.4.

5.11. Weitere relevante Praxisbeispiele

Die nachfolgende Abbildung 75 beschreibt ganz grob eine Auswahl von Pilotversuchen und fahrleistungsabhängigen Road Pricing-Systemen, die aus diversen Gründen (beispielsweise aufgrund mangelhafter Datenlage/Literatur) nicht einer Detailanalyse unterzogen wurden.

Abbildung 75: Übersicht über weitere relevante (jedoch nicht näher untersuchte) Praxisbeispiele

Abgabensystem	Systembeschreibung
Pilotversuch Eindhoven	Im Jahr 2009 wurde in Eindhoven ein sechsmonatiger Pilotversuch zu fahrleistungsabhängigen Gebühren von den beiden Firmen IBM und NXP durchgeführt, in dessen Rahmen 50 Versuchsteilnehmer rund 200.000 Kilometer zurücklegten. Die Gebührenhöhe wurde dabei mit Hilfe von satellitengestützten OBU's nach Fahrleistung, Tageszeit und Straßenkategorie differenziert und lag zwischen 2 und 20 Cent pro Kilometer. (vgl. Scheidt & Horner, 2010, S. 19)
Fallstudie Commute Atlanta	Die Fallstudie wurde in den Jahren 2004 bis 2007 im US-Bundesstaat Atlanta mit bis zu 460 teilnehmenden Fahrzeugen durchgeführt. Insbesondere sollte dabei untersucht werden, inwiefern sich die Einführung von fahrleistungsabhängigen Gebühren und im gleichen Zuge die Abschaffung von Treibstoffsteuer, KFZ-Anmeldegebühren und fixen Versicherungskosten auf das Mobilitätsverhalten auswirken. Insgesamt wurden im Rahmen der Fallstudie über 11 Mio. Fahrzeugmeilen zurückgelegt. Mit verschiedenen hohen Preisanreizen wurde dabei versucht, die Teilnehmer zu Verhaltensänderungen zu animieren. (vgl. Guensler, 2007, S. 1-4)
Road Pricing Singapur	Singapur gilt allgemein als weltweiter Vorreiter was Mobility Pricing betrifft (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 48). Bereits seit 1975 wird Road Pricing in Singapur angewendet (vgl. Keong, 2002, S. 2). Im Februar 2016 wurde im Rahmen einer Ausschreibung der Auftrag erteilt, ein fahrleistungsabhängiges und satellitengestütztes Abgabensystem bis zum Jahr 2020 zu entwickeln. Die neue OBU soll dazu in der Lage sein, aktuelle Verkehrsinformationen anzuzeigen und außerdem auch zur elektronischen Bezahlung von Parkgebühren verwendet werden können. Das Auftragsvolumen beträgt insgesamt 407 Mio. US-Dollar. (vgl. Ong & Siong, 2016, online; vgl. Wilson, 2016, online)
CEDAR Road Pricing Trials	Der CEDAR (Charging Electronically by Distance And Road) Pilotversuch wurde zwischen 2008 und 2009 in den britischen Städten Reading und Swindon mit 23 Versuchsteilnehmern durchgeführt. Die fahrleistungsabhängigen Gebühren wurden mit Hilfe von satellitengestützten OBU's erhoben, die Gebührenhöhe wurde nach Tageszeit von 0 bis 0,2 GBP pro Kilometer gestaffelt. (vgl. Walker, 2010, S. 1-13)
Minnesota Pay-As-You-Drive-Study	In US-Bundesstaat Minnesota wurde von 2004 bis 2005 ein Pilotversuch zu fahrleistungsabhängigen Gebühren mit 130 Versuchsteilnehmern durchgeführt (unabhängig von dem in dieser Arbeit beschriebenen Pilotversuch). Dabei wurden sowohl fixe als auch nach Tageszeit gestaffelte Tarife in der Höhe von 5 bis 25 Cent pro Meile ausgetestet, die zufällig auf Gruppen aller teilnehmenden Versuchspersonen verteilt wurden. (vgl. Buxbaum, 2006, S. 1-1-3-9)
Pilotversuch Iowa	Von der University of Iowa wurde von 2008 bis 2010 ein zweijähriger Pilotversuch mit etwa 2650 Versuchsteilnehmern an insgesamt 12 Orten innerhalb der USA durchgeführt. Die Fahrleistung wurde dabei mit Hilfe von satellitengestützten OBU's erhoben. Insgesamt wurden im Rahmen des Versuchs mehr als 21 Millionen zurückgelegte Meilen aufgezeichnet. (vgl. Transportation Research Board, o.J., online; vgl. Kuhl & Hanley, o.J., S. 27)

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der angegebenen Quellen, 2016.

6. Schlussfolgerungen

In diesem Kapitel erfolgen die Darstellung der Schlussfolgerungen, die Beantwortung der in Kapitel 4.4 definierten Forschungsfragen sowie die Darlegung von allgemeinen Rückschlüssen und Empfehlungen mit Hilfe der aus der Analyse gewonnenen Erkenntnisse. Im Rahmen der Analyse konnten verschiedene Ausgestaltungsformen von fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen identifiziert werden, die sich auch hinsichtlich ihrer Auswirkungen unterscheiden. Mit Hilfe von zusammenfassenden Gegenüberstellungen und qualitativen Schlussfolgerungen soll in diesem Kapitel insbesondere versucht werden, die gestellten Forschungsfragen mit Hilfe dieser Erkenntnisse zu beantworten. Grob zusammenfassend konnte die Analyse insbesondere aufzeigen, dass fahrleistungsabhängige, satellitengestützte Straßenbenutzungsgebühren realisierbar und in Bezug auf die Steuerung der Verkehrsnachfrage wirkungsvoll sind, gleichzeitig jedoch auch mit einer hohen Komplexität und hohen Kosten verbunden sind.

6.1. Beantwortung der Forschungsfragen

Auf Basis der durchgeführten Analyse erfolgt in diesem Kapitel die Beantwortung der fünf in Kapitel 4.4 definierten Forschungsfragen.

1.) Welche verkehrsspezifischen Auswirkungen sind bei Mobility Pricing in der Form von fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen im Straßenverkehr zu beobachten?

Allgemein können im Rahmen der Analyse durchgehend Reduktionen der Fahrleistung sowie der Anzahl der Fahrten durch die Einführung von fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen beobachtet werden. Betrachtet man die Auswirkungen auf die Fahrleistung von ausgewählten untersuchten Analysebeispielen in nachfolgender Abbildung 76, können allerdings deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Analysebeispielen identifiziert werden. In Bezug auf flächendeckende Abgabensysteme, die sich über einen gesamten Staat (oder Bundesstaat) erstrecken, reichen die erzielten Reduktionen in der Fahrleistung von -2,5 % (in Minnesota) zu bis zu -15,5 % (in Oregon). Die durchschnittliche Reduktion bei den flächendeckenden Abgabensystemen beträgt hierbei -9,1 %. Innerhalb von Metropolregionen scheint der Rückgang der Fahrleistung prozentual stärker zu sein als in ländlichen Regionen. Gleichzeitig gehen mit der Reduktion der Fahrleistung im PKW-Verkehr in sämtlichen untersuchten Beispielen Anstiege der Verkehrsleistung im öffentlichen Verkehr einher (zwischen +2 % und +14,8 %). Selbst bei Anhebung der ÖV-Tarife, wie in Szenario E2 des Schweizer Forschungsprojektes geschehen, kommt es zu einem deutlichen Anstieg in der Verkehrsleistung des öffentlichen Verkehrs. Bei den nicht-flächendeckenden Abgabensystemen (die entweder nicht das gesamte Straßennetz oder nur ein beschränktes

Gebiet einbeziehen) können Reduktionen der Fahrleistung in der Höhe von -5,5 % (Brüssel) zu bis zu -18 % (Puget Sound) festgestellt werden (der Pilotversuch Löwen wird hierbei aufgrund mangelnder Datenlage nicht in die Darstellung einbezogen). In Zusammenhang mit den erzielten Fahrleistungsreduktionen kommt es in weiterer Folge auch zu einer Reduktion der Unfallzahlen. Während die Gebührenhöhe einen unmittelbaren Einfluss auf die Reduktion der Fahrleistung zu haben scheint, scheint die generelle zeitliche Differenzierung der Gebührenhöhe nur geringe Auswirkungen auf die Gesamtfahrleistung zu haben. Innerhalb der Stoßzeiten kann durch eine zusätzliche Erhöhung der Gebühr jedoch eine deutliche Fahrleistungsreduktion erzielt werden. Insgesamt scheint das Potenzial bzw. die Bereitschaft für Veränderungen insbesondere bei Arbeits- und Ausbildungsfahrten sowie bei Freizeitfahrten gegeben zu sein. Auch deutet die Analyse darauf hin, dass die Einführung eines fahrleistungsabhängigen Abgabensystems zur Zusammenlegung von einzelnen Fahrten bzw. zu vermehrten Fahrtenbündelungen beitragen kann. In weiterer Folge können fahrleistungsabhängige Abgabensysteme durch die erzielten Verkehrsreduktionen außerdem zu signifikanten Verkürzungen der Reisezeiten bzw. zu Reduktionen der staubedingten Zeitverluste führen.

In Bezug auf den Straßengüterverkehr kann durch die Etablierung von fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen, die das gesamte Straßennetz mit einbeziehen, ebenfalls von einer Reduktion in der Fahrleistung ausgegangen werden. Gleichzeitig kann auch mit einem höheren Fahrzeugauslastungsgrad bzw. einer höheren Effizienz gerechnet werden, wenngleich hierbei das höchstzulässige Gesamtgewicht eine wichtige Rolle einnimmt. Wird die Abgabe an die Emissionskategorien der Fahrzeuge gekoppelt, kann außerdem mit einer Modernisierung des Fuhrparks gerechnet werden.

Abbildung 76: Vergleich von Faktoren und Auswirkungen ausgewählter Analysebeispiele, differenziert nach deren flächenmäßigen Ausdehnung

Flächendeckende Abgabensysteme	Gebührenhöhe in Eurocent	Differenzierung der Gebührenhöhe	flächenmäßige Ausdehnung	Veränderung der Fahrleistung MIV*	Verkehrsleistung ÖV (Pkm)
Forschungspaket Mobility Pricing Schweiz Szenario E1	3,6 Cent/km	Nein	gesamtes Straßennetz der Schweiz	-4,3%	+6,9%
Forschungspaket Mobility Pricing Schweiz Szenario E2	13,5 Cent/km	Nein	gesamtes Straßennetz der Schweiz	-10,4%	+11,3%**
Forschungsprojekt Österreich Variante B-5	5 Cent/km	Nein	gesamtes Straßennetz von Österreich	-6,5%	+6,3%
Forschungsprojekt Österreich Variante C-5	5-10 Cent/km	Verdopplung in Stoßzeiten innerhalb der Ballungszentren	gesamtes Straßennetz von Österreich	-6,7%	+6,4%
Forschungsprojekt Österreich Variante C-10	10-20 Cent/km	Verdopplung in Stoßzeiten innerhalb der Ballungszentren	gesamtes Straßennetz von Österreich	-14,3%	+14,8%
Traffic Choices Study (nur Modellierung für 2010)	0-27 Cent/km	Starke Differenzierung nach Tageszeit und Straßenkategorie	gesamtes Straßennetz der Region Puget Sound	-7%	n/v
Oregon Road User Fee Pilot Program (1. Pilotversuch)****	0,24-5,6 Cent/km	Erhöhung in Stoßzeiten innerhalb der Metropolregion Portland	gesamtes Straßennetz des US-Bundesstaats Oregon	-15,5%	n/v
Minnesota Road Fee Test	0,56-1,7 Cent/km	Erhöhung in Stoßzeiten innerhalb der Metrozone	gesamtes Straßennetz des US-Bundesstaats Minnesota	-2,5%	n/v
Road Pricing Niederlande (kombinierte Variante)****	7-18 Cent/km	Erhöhung in Stoßzeiten auf stark befahrenen Straßen	gesamtes Straßennetz der Niederlande	-15%	+2-5%
Nicht-flächendeckende Abgabensysteme	Gebührenhöhe in Eurocent	Differenzierung der Gebührenhöhe	flächenmäßige Ausdehnung	Veränderung der Fahrleistung MIV*	Veränderung der Fahrtenanzahl
Pilotversuch Brüssel	0-9 Cent/km	nach Tageszeit, Straßen-kategorie und Gebührenezone	gesamtes Straßennetz rund um Brüssel	-5,5%	n/v
Traffic Choices Study (nur Pilotversuch)	0-27 Cent/km	Starke Differenzierung nach Tageszeit und Straßenkategorie	Highways und Hauptverkehrsstraßen in der Region Puget Sound	-18%	-11%
AKTA Road Pricing Kopenhagen (nur Pilotversuch)*****	6,7-67,2 Cent/Km	Differenzierung nach Stoßzeiten und Gebührenezonen	gesamtes Straßennetz rund um Kopenhagen	-7,9% bis -12,4%*****	-6,1% bis -7,8%*****

*durchschnittliche Veränderung der Fahrleistung pro Tag, Woche oder Jahr in Fahrzeugkilometer oder Fahrzeugmeilen, teils gerundete Werte

**in Szenario E2 wurden die ÖV-Tarife um etwa 7,6 Cent pro Pkm angehoben

***die hier dargestellten Fakten beziehen sich auf die Rush Hour Gruppe

****die hier dargestellten Fakten beziehen sich auf das RC-Szenario

*****die hier dargestellten Fakten beziehen sich auf die "High Km-Toll"-Variante

*****die Werte unterscheiden sich je nach Stichprobe

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der in der Analyse verwendeten Quellen, 2016.

2.) Welche Bevölkerungsgruppen sind bei Mobility Pricing in der Form von fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen im Straßenverkehr besonders stark betroffen?

Allgemein kann festgestellt werden, dass die soziale Verteilungswirkung insgesamt stark von der jeweiligen Systemausgestaltung sowie von etwaigen eingesetzten Kompensationsstrategien (beispielsweise in Bezug auf die Verwendung der Einnahmen) abhängig ist. Generell fällt die Verhaltensänderung in Bezug auf die Reduktion der PKW-Fahrleistung durch die Einführung einer fahrleistungsabhängigen Abgabe bei Haushalten mit mittlerem Einkommen geringer aus als bei Haushalten mit niedrigem oder hohem Einkommen, was unter anderem auf die Verteilung des Fuhrparks und damit auch auf die unterschiedlichen variablen Kosten zurückgeführt werden kann (ärmere Haushalte fahren oftmals Kleinwagen, reichere Haushalte fahren oftmals neue und effiziente Fahrzeuge).

In Bezug auf die relative finanzielle Mehrbelastung nach Haushaltseinkommen profitieren insbesondere Haushalte mit sehr hohem Einkommen. Haushalte mit geringem und mittlerem Einkommen werden tendenziell am stärksten belastet was den Anstieg der Verkehrsausgaben betrifft (die Analyse lässt hierbei keine eindeutige Schlussfolgerung zu, welche der beiden Einkommensschichten stärker belastet wird). Gleichzeitig steigen auch die Ausgaben für den öffentlichen Verkehr in den ärmsten Haushalten am stärksten an. In Bezug auf die Wohlfahrtsveränderung im Konsum werden hingegen die reichsten Haushalte aufgrund der größten absoluten Ausgaben (da die reichsten Haushalte im Schnitt auch die höchste Fahrleistung aufweisen) am stärksten getroffen.

In Bezug auf mögliche Kompensationsmaßnahmen kann festgestellt werden, dass die meisten Maßnahmen tendenziell eher den ärmeren Haushalten zugute kommen. Während die höchsten Einkommensklassen insbesondere durch eine Reduktion der Einkommenssteuer entlastet werden können, kommt den niedrigen Einkommensklassen insbesondere der Ausbau des öffentlichen Verkehrs zugute. Auch der Abbau bestehender Abgabensysteme, die zumeist auf fixen Gebühren basieren, begünstigt tendenziell eher die ärmeren Einkommensschichten. Wird die fahrleistungsabhängige Abgabe durch die Abschaffung oder Senkung der Mineralölsteuer kompensiert, kommt es allerdings zu einer möglicherweise nicht gewünschten Förderung von Fahrzeugen mit höherem Verbrauch. Im Zuge dessen kann auch von einer regionalen Bevorzugung von Regionen mit überdurchschnittlich hohen Treibstoffverbräuchen (beispielsweise Bergregionen) ausgegangen werden. Eine Gegensteuerung kann hier beispielsweise durch die Einbeziehung von Fahrzeugklassen oder Emissionskategorien erfolgen.

Aufgrund mangelnder Datenlage nicht untersucht werden konnten die sozialen Auswirkungen in Bezug auf die Veränderungen (Reduktionen) der externen Effekte. Sind ärmere Haushalte im Schnitt stärker von den negativen Folgen des Straßenverkehrs betroffen, könnten diese durch die Einführung einer fahrleistungsabhängigen Abgabe eventuell auch stärker profitieren.

Ebenfalls nicht eindeutig definiert werden können die sozialen Auswirkungen einer Differenzierung der fahrleistungsabhängigen Abgabe nach der Tageszeit (beispielsweise Verteuerung innerhalb der Stoßzeiten). Allerdings kann in dieser Hinsicht festgestellt werden, dass höhere Einkommen und das Vorhandensein von Kindern in den Haushalten in Zusammenhang mit einer höheren Fahrleistung innerhalb der Stoßzeiten stehen, während eine gute Anbindung an den öffentlichen Verkehr die Fahrleistung innerhalb der Stoßzeiten hingegen reduziert.

3.) Mit welchen volkswirtschaftlichen Auswirkungen ist durch die Einführung von Mobility Pricing in Form von flächendeckenden, fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen zu rechnen?

In Bezug auf die volkswirtschaftlichen Auswirkungen können je nach Analysebeispiel teils deutliche Unterschiede in der sozialen Wohlfahrt festgestellt werden. Diese Unterschiede ergeben sich aus den abweichenden Rahmenbedingungen und auch dadurch, dass die Kosten für Umsetzung, Betrieb und die externen Effekte nur annäherungsweise ermittelt werden können. Auch unterscheiden sich die Kosten für die Implementierung eines flächendeckenden satellitengestützten Abgabensystems teils deutlich. Generell kann festgestellt werden, dass die Kosten für die Implementierung eines derartigen Systems verhältnismäßig hoch anzusetzen sind. Es kann des Weiteren festgestellt werden, dass der größte gesellschaftliche Nutzen aus den erzielten Reisezeitersparnissen resultiert. Auch bei den sonstigen externen Kosten können größtenteils deutliche Einsparungen erzielt werden. Demgegenüber stehen jedoch auch Wohlfahrtsverluste insbesondere in Bezug auf Steuerverluste und in Bezug auf indirekte Effekte. In weiterer Folge kann außerdem ein leichtes Absinken der Kaufkraft festgestellt werden. Die volkswirtschaftlichen Auswirkungen in langfristiger Hinsicht wie beispielsweise Effekte in Bezug auf die Arbeitsmarktsituation konnten im Rahmen der Arbeit aufgrund mangelnder Datenlage nicht untersucht werden.

Im Straßengüterverkehr kann die Einführung einer fahrleistungsabhängigen Abgabe zu einer Reduktion der Leerfahrten, zu einer höheren Fahrzeugauslastung und somit auch zu einer Erhöhung der Effizienz beitragen. Diese erhöhte Effizienz kann eventuell einen dämpfenden Einfluss auf die Entwicklung der Angestellten im Transportsektor ausüben. Des Weiteren

kann die Abgabe zu leicht steigenden Transportkosten führen, die teilweise auch an den Endkunden weitergereicht werden.

4.) Welche Umsetzungsschwierigkeiten bestehen bei Mobility Pricing in der Form von flächendeckenden, fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen?

Anhand der durchgeführten Analyse können mehrere potenzielle Umsetzungsschwierigkeiten in Bezug auf Mobility Pricing in Form von flächendeckenden, fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen identifiziert werden. Dies wären zum einen insbesondere die hohen anfänglichen Investitionskosten, die in erster Linie für die Anschaffung der On-Board-Units und für die Schaffung der benötigten Strukturen fällig werden sowie die hohe Komplexität, die mit der Etablierung eines flächendeckenden, fahrleistungsabhängigen Abgabensystems verbunden ist. Insgesamt kann festgestellt werden, dass die Umsetzungsschwierigkeiten stark von der Ausgestaltung der Abgabe und der technischen Umsetzungsweise abhängig sind und insbesondere bei einer satellitengestützten Ausgestaltung vorhanden sind. Wird beispielsweise nur die Fahrleistung und die Tageszeit in die Berechnung der Gebührenhöhe mit einbezogen und auf die Erhebung der Örtlichkeit bzw. der Routenwahl verzichtet, kann die technische Umsetzung auch deutlich weniger komplex ausfallen und beispielsweise lediglich auf dem fahrzeuginternen Kilometerzähler basieren (vgl. Bliemer, 2013, S. 26 f.).

Bezüglich der Umsetzungsschwierigkeiten bei satellitengestützten Abgabensystemen kann beispielsweise die Genauigkeit der Positionserfassung als mögliche Problematik identifiziert werden.³⁵ In den untersuchten Pilotversuchen wird hier durchgängig mit Map-Matching gearbeitet. Um Fehler in der Positionserfassung sowie Signalverluste zu vermeiden, ist eine Kombination verschiedener GNSS-Systeme wie GPS, GLONASS und Galileo sinnvoll und anzuraten (vgl. Siemens AG, 2013, S. 13). Zusätzliche DSRC-Schnittstellen können außerdem beispielsweise bei Tunneleinfahrten und -ausfahrten aus Gründen der Genauigkeit sinnvoll sein (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 98).

Weitere Schwierigkeiten bei satellitengestützten Abgabensystemen stellen die Kontrolle und der Schutz vor Manipulationen (wie beispielsweise ein nicht zulässiges Deaktivieren der OBU) dar. Neben der klassischen manuellen Kontrolle könnte hier beispielsweise auch mit Hilfe von automatischer Kennzeichenerkennung (ANPR) oder DSRC gearbeitet werden (vgl. Steininger & Gobiet, 2005, S. 99). Auch der Abgleich mit dem Kilometerzähler des Fahrzeugs stellt eine Kontrollmöglichkeit dar. Eine zusätzliche Erhöhung der Manipulationssicherheit

³⁵ Anzumerken ist hierbei, dass die betrachteten Pilotversuche teilweise mehrere Jahre zurückliegen und mit dem aktuellen Stand der Technik vermutlich weniger Probleme auftreten würden.

ergäbe sich beispielsweise durch eine Kombination der OBU mit Vignetten, wobei ein auf NFC basierender Chip in der Vignette durch Kommunikation mit der OBU verifizieren könnte, dass sich die OBU im dazugehörigen Fahrzeug befindet (vgl. Maerivoet & Delhaye, 2012, S. 17).

In Bezug auf die satellitengestützte Umsetzung ergeben sich außerdem insbesondere Bedenken in Hinsicht auf die Privatsphäre der Verkehrsteilnehmer, da durch die Positionsbestimmung theoretisch eine umfassende Überwachung des Fahrverhaltens erfolgen kann. Hierbei stellt sich die Frage, inwieweit die erhobenen Daten an einen zentralen Server gesendet werden müssen oder ob teilweise aus Gründen des Datenschutzes lediglich eine lokale Verarbeitung der Daten innerhalb der OBU ausreichend ist. Nicht zuletzt aufgrund dieser Faktoren stellt auch die gesellschaftliche Akzeptanz eine wesentliche Umsetzungsschwierigkeit dar. Generell kann die Akzeptanz mit zweckgebundener Mittelverwendung und begleitenden Maßnahmen wie Steuersenkungen erhöht werden, auch hat die Praxis gezeigt, dass die Akzeptanz von Road Pricing-Systemen nach der Einführung zumeist deutlich höher ist als zuvor (vgl. Mayeres, 2015, S. 16).

Wird die Mineralölsteuer gänzlich durch die fahrleistungsabhängige Abgabe ersetzt, ist mit verstärktem Tanktourismus zu rechnen. Abhilfe schaffen kann hier beispielsweise das in Oregon angewendete „Pay-at-the-pump“-Modell, das die Mineralölsteuer zwar beibehält aber mit der fahrleistungsabhängigen Abgabe gegenrechnet. Auch die Einhebung der Abgabe bei ausländischen Fahrzeugen stellt eine wesentliche Herausforderung dar. Eventuell kann hier mit Hilfe von Vignetten gearbeitet werden, um die verpflichtende Installation einer OBU zu vermeiden.

5.) Inwiefern kann Mobility Pricing in Form von fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen zur Lösung der bestehenden Problemstellungen im Straßenverkehr beitragen?

Die Analyse hat gezeigt, dass Mobility Pricing in Form von fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen im Straßenverkehr gut geeignet ist, um die Verursachungsgerechtigkeit zu erhöhen und die Verkehrsnachfrage einzudämmen, unabhängig von einer zusätzlichen Einbeziehung von Faktoren wie einer zeitlichen Differenzierung der Abgabe. Während die Verkehrsteilnehmer bei den gängigen Abgabensystemen mit fixen Gebühren (wie beispielsweise Fahrzeugsteuern oder Vignetten) keine Möglichkeit haben, die Gebührenhöhe durch das eigene Verkehrsverhalten zu beeinflussen, kann durch die Etablierung von fahrleistungsabhängigen Gebühren ein Anreiz zur Verhaltensänderung geschaffen werden. So können fahrleistungsabhängige Gebühren beispielsweise je nach

Ausgestaltung der Abgabe den Anreiz erhöhen, die Routenwahl zu verändern, an billigeren Tageszeiten zu fahren, auf alternative Verkehrsmittel auszuweichen oder teilweise generell auf Fahrten zu verzichten. (vgl. Bliemer, 2013, S. 22)

Im Zuge der erzielten Fahrleistungsreduktionen können auch die Unfallzahlen und die negativen externen Effekte (insbesondere Staukosten, aber auch Unfallkosten und Umweltkosten) deutlich reduziert werden. Es besteht überdies hinaus die Möglichkeit, dass Mobility Pricing zur Eindämmung der vorhandenen Zersiedelung beitragen kann, was allerdings im Rahmen der Analyse aufgrund nicht vorhandener Langzeiterfahrungen nicht beantwortet werden konnte. Die Analyse hat zudem gezeigt, dass satellitengestützte, fahrleistungsabhängige Gebühren ein geeignetes Mittel zum Ersatz der Mineralölsteuer darstellen, das sich auch zur Einbeziehung von Elektrofahrzeugen eignet.

In Bezug auf den Güterverkehr führt die Einführung einer fahrleistungsabhängigen Abgabe zu einer Erhöhung der Auslastung, zu einer Senkung der Leerfahrten und damit neben einer Reduktion der Verkehrsnachfrage auch zu einer höheren Effizienz.

6.2. Empfehlungen für die Umsetzung eines flächendeckenden, fahrleistungsabhängigen Abgabensystems

Generell ist die ideale Gestaltung eines Abgabensystems stark von den jeweiligen politischen Zielsetzungen und den jeweiligen Rahmenbedingungen abhängig, weshalb die nachfolgenden Umsetzungsempfehlungen eher allgemein gehalten sind.

Um eine möglichst hohe Verursachungsgerechtigkeit und eine möglichst starke Beeinflussung des Verkehrsverhaltens erzielen zu können, sollte das Abgabensystem das gesamte Straßennetz umfassen. Zudem sollte die Berechnung der Gebührenhöhe neben der Fahrleistung auf unterschiedlichen Straßenkategorien und/oder Zonen sowie auf der Tageszeit basieren. Eine zu starke Differenzierung bzw. Abstufung der Gebührenhöhe ist hierbei allerdings ebenfalls nicht empfehlenswert, da dadurch Transparenz und Übersichtlichkeit negativ beeinflusst werden können. Dies gilt auch für eine komplett dynamische Berechnung der Gebührenhöhe (beispielsweise basierend auf dem aktuellen Verkehrsaufkommen), was die Planbarkeit der Reisekosten für die Verkehrsteilnehmer stark erschwert. Zur Umsetzung eines flächendeckenden, fahrleistungsabhängigen Abgabensystems, das Straßen und Zonen in die Gebührenhöhe mit einbezieht, ist der Einsatz von GNSS zur Positionsbestimmung notwendig und empfehlenswert. Reine fahrleistungs- und zeitabhängige Abgabensysteme können hingegen auch mit wesentlich einfacheren Mitteln umgesetzt werden. Für satellitengestützte Abgabensysteme hat sich der Einsatz von On-Board-Units als praktikabel herausgestellt. Diese sollten beispielsweise durch Kombination

mit einer elektronischen Vignette manipulationssicher gemacht werden. In langfristiger Hinsicht könnten OBUs aufgrund technischer Weiterentwicklungen allerdings größtenteils obsolet werden, so müssen beispielsweise alle Neuwagen innerhalb der EU bis spätestens März 2018 mit einer satellitengestützten eCall-Funktion ausgerüstet werden (vgl. Europäisches Parlament, 2015, online).

In Bezug auf die Gebührenhöhe stellt sich die Frage, inwieweit das Verursacherprinzip umgesetzt werden soll. Allgemein sind jedoch billigere Tarife auf dem hochrangigen Straßennetz (Autobahnen und Schnellstraßen) und teurere Tarife auf dem niederrangigen Straßennetz (Ortsstraßen und in Innenstädten) anzuraten, um den motorisierten Individualverkehr möglichst auf das hochrangige Straßennetz zu verlagern und das innerstädtische Verkehrsaufkommen gering zu halten. Ebenfalls in die Gebührenhöhe einbezogen werden sollte die jeweilige Fahrzeugkategorie oder Emissionsklasse sowie im Fall des Straßengüterverkehrs das höchstzulässige Gesamtgewicht und die Anzahl der Fahrzeugachsen.

Ebenfalls von den politischen Zielsetzungen abhängig ist der Einsatz von etwaigen Kompensationsmaßnahmen. Die erzielten Einnahmen können auf verschiedenste Weise verwendet werden und beispielsweise einen sozialen Ausgleich schaffen, um bestimmte Einkommensschichten oder Bevölkerungsgruppen zu entlasten bzw. um diese nicht überproportional durch die Abgabe zu belasten.

In Bezug auf das Zahlungsmodell sollten mehrere Möglichkeiten geschaffen werden. Das in Oregon angewendete „Pay-at-the-pump“-Prinzip bietet hierbei gegenüber einer monatlichen Abrechnungsweise den Vorteil, den Verkehrsteilnehmern durch die kurzen Zahlungsintervalle (die Abrechnung erfolgt bei jedem Tankvorgang) ein möglichst zeitnahes Feedback auf das eigene Mobilitätsverhalten geben zu können. Des Weiteren kann dadurch bei einer Abschaffung oder Verringerung der Mineralölsteuer Tanktourismus effektiv vermieden werden, da die Mineralölsteuer für alle im Abgabensystem nicht registrierte Fahrzeuge weiterhin bestehen bleibt. Eine alternative (beispielsweise monatliche) Zahlungsweise muss jedoch alleine schon aufgrund der zunehmenden Anzahl an Elektrofahrzeugen trotzdem in jedem Fall geschaffen werden.

Einen wichtigen Punkt stellt die Einbeziehung unterschiedlicher Verkehrsträger dar. Wird die Verursachungsgerechtigkeit im motorisierten Individualverkehr und im Straßengüterverkehr stärker forciert, ist mit Verlagerungseffekten in Bezug auf andere Verkehrsträger zu rechnen. Aus diesem Grund sollten bei der Einführung eines fahrleistungsabhängigen Abgabensystems im (privaten) Straßenverkehr immer auch Maßnahmen im öffentlichen

Verkehr getroffen werden. Allgemein kann für den öffentlichen Verkehr, der in dieser Arbeit nicht explizit untersucht wurde, angemerkt werden, dass sich insbesondere E-Ticketing ideal zur Umsetzung von dynamischen Abgabensystemen und in weiterer Folge zur Etablierung von Mobility Pricing eignet (vgl. Avenir Suisse (Hrsg.), 2013, S. 54). Soll ein fahrleistungsabhängiges Abgabensystem im öffentlichen Verkehr mit dem Hintergedanken einer hohen Verursachungsgerechtigkeit implementiert werden, ist auch die Abschaffung von Zeitkarten anzudenken. Auch die aktuell zumeist hohen Subventionen sind in diesem Fall zu hinterfragen.

6.3. Ausblick und Grenzen der Aussagekraft

Die Analyse der Praxisbeispiele in dieser Arbeit hat gezeigt, dass fahrleistungsabhängige Abgabensysteme im Straßenverkehr zwar komplex aber auch wirkungsvoll und durchaus umsetzbar sind. Auch können fahrleistungsabhängige Abgabensysteme einen Beitrag zur Umsetzung der aktuellen politischen Zielsetzungen (siehe Kapitel 1.2) und in weiterer Folge zur Schaffung eines nachhaltigen Verkehrssystems leisten. Alleine schon aufgrund der steigenden Anzahl an Elektrofahrzeugen scheinen Mineralölsteuern und beispielsweise motorbezogene Versicherungssteuern in der aktuellen Form langfristig nicht mehr praktikabel zu sein. Anzumerken ist jedoch, dass die Ergebnisse dieser Arbeit nur bedingt allgemein gültig sind, da die Auswirkungen dynamischer Abgabensysteme stark von den jeweiligen Rahmenbedingungen abhängig sind. Hinzu kommt, dass die Anzahl der Versuchsteilnehmer in den einzelnen, im Rahmen dieser Arbeit untersuchten, Pilotversuchen möglicherweise nicht unbedingt repräsentativ für die Gesamtbevölkerung ist. Auch sind die Auswirkungen der (im Rahmen der Pilotversuche teilweise angewendeten) künstlich geschaffenen Anreize zur Verhaltensänderung möglicherweise nicht direkt mit den Auswirkungen bei einer tatsächlichen Implementierung vergleichbar.

In langfristiger Hinsicht ist ein umfassendes dynamisches Abgabensystem denkbar, dass neben dem Straßenverkehr (sowohl motorisierter Individualverkehr als auch Straßengüterverkehr) auch den öffentlichen Verkehr und den ruhenden Verkehr mit einbezieht. Vorstellbar ist hierbei beispielsweise der Einsatz einer verkehrsträgerübergreifenden Chipkarte, die für die Inanspruchnahme sämtlicher Verkehrsträger genutzt werden kann. Um unerwünschte Verlagerungseffekte zu vermeiden, wäre zudem eine länderübergreifende Implementierung (beispielsweise innerhalb der EU) sinnvoll. Allerdings sind solche verkehrsträgerübergreifenden Abgabensysteme bis dato noch kaum wissenschaftlich untersucht. Generell bestehen bei fahrleistungsabhängigen Abgabensystemen insbesondere noch Forschungslücken in Bezug auf die langfristigen Auswirkungen. Langfristige Effekte können sich beispielsweise auf Veränderungen der Wohnsitze und der Arbeitsplätze

beziehen (vgl. Meerkerk et al., 2015, S. 6). Unter Einbeziehung von langfristigen Effekten ist allerdings tendenziell eher mit einer weiteren Verstärkung der festgestellten Auswirkungen auf die Verkehrsnachfrage zu rechnen (vgl. Rich & Nielsen, 2007, S. 342).

Fahrleistungsabhängige Abgabensysteme bieten in weiterer Folge auch die Möglichkeit für Veränderungen im KFZ-Versicherungswesen. So könnten die erhobenen Daten gleichzeitig dazu genutzt werden, Pay-as-you-drive-Versicherungstarife (fahrleistungsabhängige Versicherungstarife) ohne großen Mehraufwand zu etablieren. Allgemein kann auch festgestellt werden, dass die automatisierte Erhebung der Fahrleistung, des Fahrtzeitpunktes und der Routenwahl einen wesentlichen Mehrwert und wesentliche Vereinfachungen für zukünftige Verkehrsplanungen mit sich bringen würde.

Einen sehr wichtigen Punkt in Bezug auf die Umsetzung wird die gesellschaftliche Akzeptanz bzw. die Schaffung eines Problembewusstseins darstellen. Generell ist die Akzeptanz von zusätzlichen Steuern und Abgaben sehr gering, weshalb die Anwendung von Kompensationsmaßnahmen und Anreizen zwingend erforderlich scheint.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Entwicklung des Modal Splits und des Personenverkehrs der EU-28 in Mrd. Personenkilometern.....	6
Abbildung 2: Entwicklung des Güterverkehrs der EU-27 (exkl. Zypern) in Mrd. Tonnenkilometern.....	7
Abbildung 3: Gebühreneinhebungsarten im Road Pricing und deren grundsätzliche Ausgestaltung.....	18
Abbildung 4: Kriterien für die Auswahl der Analysebeispiele.....	24
Abbildung 5: Überblick über die ausgewählten Analysebeispiele und deren Ausgestaltung .	25
Abbildung 6: Anzahl der Versuchsteilnehmer in den untersuchten Pilotversuchen.....	25
Abbildung 7: Tarifstufen und Berechnung der Gebührenhöhe der LSVA.....	28
Abbildung 8: Entwicklung der Fahrleistung im Straßengüterverkehr vor und nach Einführung der LSVA.....	29
Abbildung 9: Entwicklung des alpenquerenden Schwerverkehrs.....	30
Abbildung 10: Road User Fee Pilot Program – Zone 1 in der Metropolregion Portland	33
Abbildung 11: Beispielrechnungsbeleg Oregon	34
Abbildung 12: Gebührenhöhe in US-Cent pro Meile, differenziert nach Versuchsgruppe und Gebührezeitraum	35
Abbildung 13: Verhaltensänderung zwischen der Referenzperiode und der Testperiode differenziert nach Versuchsgruppe und Untersuchungskategorie in Prozent	36
Abbildung 14: Verhaltensänderung zwischen der Referenzperiode und der Testperiode differenziert nach VMT Gruppe und Rush Hour Gruppe in Prozent.....	36
Abbildung 15: Versuchsaufbau des Pilotversuchs Löwen.....	39
Abbildung 16: Untersuchungsgebiet und Straßentypen.....	39
Abbildung 17: Gebührenhöhe nach Straßen- und Fahrzeugkategorie sowie Tageszeit in Eurocent pro Kilometer	40
Abbildung 18: Zeitlicher Versuchsablauf und Phasen im Pilotversuch Löwen	41
Abbildung 19: Nutzung der Straßenkategorien differenziert nach Versuchsphasen	42
Abbildung 20: Verteilung der Fahrten pro Tag (Tagesganglinie) differenziert nach Versuchsphasen	43
Abbildung 21: Zeitlicher Ablauf im Pilotversuch Brüssel	45
Abbildung 22: Einteilung der Tageszeit in Gebührenkategorien	45
Abbildung 23: Gebührenhöhe differenziert nach Gebührenzone und Gebührenkategorie in Cent pro Kilometer	46
Abbildung 24: Zusammenfassung der verkehrsspezifischen Auswirkungen	46
Abbildung 25: Minnesota Road Fee Test - Umfeld und Metrozone	48

Abbildung 26: Tarifübersicht Minnesota Road Fee Test in US-Dollar pro gefahrener Meile ..	49
Abbildung 27: Versuchsablauf und Versuchsgruppen Minnesota	50
Abbildung 28: Verteilung der Wegstrecken pro Gebührenkategorie differenziert nach Referenzperiode und Testperiode	51
Abbildung 29: Durchschnittlich Fahrleistung pro Tag in Meilen differenziert nach Erhebungskategorie und Versuchszeitraum	51
Abbildung 30: Durchschnittliche bemaute Meilen pro Tag getrennt nach Versuchszeitraum und Fahrleistungskategorie.....	52
Abbildung 31: Durchschnittlich gefahrene Mautstrecke pro Tag differenziert nach Einkommensgruppen	52
Abbildung 32: Durchschnittlich bezahlte Abgabenhöhe pro Tag differenziert nach Einkommensgruppen	53
Abbildung 33: Einnahmen aus Treibstoffsteuer und fahrleistungsabhängiger Abgabe im Vergleich.....	53
Abbildung 34: Funktionsübersicht der Traffic Choices Study	55
Abbildung 35: Bemautes Straßennetz und Straßenkategorien in der Traffic Choices Study.....	56
Abbildung 36: Gebührenhöhe in der Traffic Choices Study in Dollar pro Meile.....	56
Abbildung 37: Verhaltensänderung auf der Haushalts- und Fahrzeugebene im Vergleich, gegliedert nach untersuchten Variablen.....	58
Abbildung 38: Verhaltensänderung der Haushalte nach Tourenkategorie und untersuchten Variablen.....	59
Abbildung 39: Wahrscheinlichkeit den Zeitpunkt des Arbeitsweges in einen niedrigeren Gebührenzeitraum zu verschieben	59
Abbildung 40: Modellierter Modal Split mit und ohne Road Pricing.....	60
Abbildung 41: Modellierte Verteilung der Wege und Fahrten differenziert nach der Tageszeit.....	61
Abbildung 42: Durchschnittliche modellierte Reisezeiten in der abendlichen Stoßzeit in Minuten	61
Abbildung 43: Modellierte Kosten und Nutzen von 2015 bis 2044 in Millionen US-Dollar.....	62
Abbildung 44: Gebührenvarianten, Gebührenzonen, Kordongrenzen und Gebührenhöhe im Überblick	64
Abbildung 45: Auswirkungen auf die Anzahl der Fahrten und die Fahrleistung differenziert nach Gebührenvarianten (basierend auf 100.000 Fahrten)	65
Abbildung 46: Auswirkungen der „High Toll“-Gebührenvariante auf die Anzahl der Fahrten und die Fahrleistung (basierend auf 100.000 Fahrten)	66

Abbildung 47: Modellierte verkehrsspezifische Auswirkungen und Einnahmen für das Jahr 2004.....	67
Abbildung 48: Modellierte Veränderung der Wege für das Jahr 2004 differenziert nach Verkehrsmittel in Prozent	67
Abbildung 49: Modellierte Einsparungen externer Kosten für das Jahr 2005.....	68
Abbildung 50: Modellierte soziale Kosten und Nutzen mit Langzeiteffekten und (ohne Langzeiteffekten) für das Jahr 2005 in Mio. Euro	68
Abbildung 51: Übersicht über die Schweizer Mobility Pricing-Szenarien und deren Kompensationsstrategien	70
Abbildung 52: Veränderung von Weganzahl, Fahrleistung und Verkehrsleistung in Bezug auf das Referenzszenario	71
Abbildung 53: Veränderung der Fahrzeugkilometer und Fahrzeugstunden pro Tag differenziert nach den Untersuchungsszenarien	72
Abbildung 54: Abschätzung der Unfallzahlen differenziert nach räumlicher Ausprägung und Untersuchungsszenarien.....	72
Abbildung 55: Auswirkungen der Planungsvarianten auf die Verkehrsleistung im ÖV.....	73
Abbildung 56: Investitionskosten und laufende Kosten pro Jahr bei Umsetzung des Szenario E (Wechselkurs 2016)	74
Abbildung 57: Zusatzkosten durch die Kilometerabgabe pro Einkommensklasse und Jahr im Verhältnis zum Haushaltsbruttoeinkommen	75
Abbildung 58: Nettoeffekte der Einnahmenverwendung nach Haushaltsbruttoeinkommen in Prozent	75
Abbildung 59: Schadstoffausstoß pro Jahr differenziert nach Szenarien	76
Abbildung 60: Untersuchte Planungsvarianten differenziert nach deren Ausgestaltung	78
Abbildung 61: Verkehrsspezifische Auswirkungen der Planungsvarianten im Vergleich zum Referenzjahr in Prozent.....	79
Abbildung 62: Veränderung der KFZ-Kilometer im MIV im Vergleich zum Referenzjahr in Prozent, differenziert nach Planungsvarianten und Raumtypen.....	80
Abbildung 63: Modal Split differenziert nach Planungsvarianten und Wegzwecken.....	81
Abbildung 64: Ökonomische Auswirkungen und Budgeteffekte, differenziert nach Planungsvarianten.....	82
Abbildung 65: Verhaltensänderung und Verkehrsausgaben in Bezug auf das Haushaltseinkommen für Planungsvariante B-5 in Prozent	83
Abbildung 66: Veränderung der Verkehrsausgaben differenziert nach Haushaltseinkommen, Verkehrsträgern und Planungsvarianten in Prozent	83
Abbildung 67: Wohlfahrtseffekte im Konsum, differenziert nach Einkommensklasse und Planungsvariante in Prozent	84

Abbildung 68: Entwicklung der Fahrleistung (links) und der Stautunden (rechts) differenziert nach Entwicklungsszenario	86
Abbildung 69: Veränderung der Fahrzeugkilometer und der Stautunden differenziert nach Untersuchungsvarianten und Entwicklungsszenarien im Vergleich zum Referenzszenario 2020	87
Abbildung 70: Veränderung der Verkehrsleistung (Pkm) für das RC-Szenario im Jahr 2020, differenziert nach Untersuchungsvariante, Fahrtzweck und Tageszeit.....	88
Abbildung 71: Veränderung der Verkehrsleistung pro Straßenkategorie im RC-Szenario im Jahr 2020, differenziert nach Untersuchungsvariante.....	89
Abbildung 72: Veränderung der Verkehrsleistung im öffentlichen Verkehr im RC-Szenario im Jahr 2020, differenziert nach Untersuchungsvariante und Tageszeit	89
Abbildung 73: Soziale Kosten und Nutzen der "Flat Rate "-Variante und der "Flat Rate & Congestion Charging"-Variante in Milliarden Euro (Nettobarwert 2014), differenziert nach Entwicklungsszenario und technischer Umsetzung	90
Abbildung 74: Geschätzte jährliche Einnahmen in den Jahren 2020 und 2040 in Milliarden Euro, differenziert nach Untersuchungsvarianten und Entwicklungsszenarien	91
Abbildung 75: Übersicht über weitere relevante (jedoch nicht näher untersuchte) Praxisbeispiele	92
Abbildung 76: Vergleich von Faktoren und Auswirkungen ausgewählter Analysebeispiele, differenziert nach deren flächenmäßigen Ausdehnung	95

Literaturverzeichnis

Aigong, X. & Lina, C. (o.J.): Road Pricing with GIS and GPS Position. Liaoning Province: School of Geomatics, Liaoning Technical University.

53
Ammoser, H. & Hoppe, M. (2006): Glossar Verkehrswesen und Verkehrswissenschaften, in: Die Professoren des Instituts für Wirtschaft und Verkehr (Hrsg.): Diskussionsbeiträge aus dem Institut für Verkehrswissenschaften, 2/2006. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wirtschaft und Verkehr.

30
Arbeitsgemeinschaft Ecoplan/Infras (2007): Bedeutung von Mobility Pricing für die Verkehrsfinanzierung der Zukunft. Einzelprojekt A2 des Forschungspakets Mobility Pricing. Bern: Arbeitsgemeinschaft Ecoplan/Infras.

22
Ardic, Ö. & Annema, J. & Wee, B. van (2015): Non-implementation of road pricing policy in the Netherlands: An application of the 'Advocacy Coalition Framework', in: EJTI 15(2) (2015), 116-146.

Avenir Suisse (Hrsg.) (2013): Mobility Pricing: Wege zur Kostenwahrheit im Verkehr. Diskussionspapier. Zürich: Avenir Suisse.

26
Bliemer, M. (2013): Road Pricing Reform. Considering the benefits of more efficient road user charges. Sidney: Institute of Transport and Logistics Studies, The University of Sydney.

29
Blythe, P. (2005): Congestion charging: Technical options for the delivery of future UK policy. Transportation Research Part A 39 (2005), 571-587.

41
Bristol City Council (2004): PROGRESS Project 2000-CM.10390. Pricing Road Use for greater Responsibility, Efficiency and Sustainability in Cities. Bristol: Bristol City Council.

52
Buba, H. & Grötzbach, J. & Monheim, R. (2010): Nachhaltige Mobilitätskultur. Mannheim: MetaGIS Infosysteme.

79
Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.) (2007): Volkswirtschaftliche Auswirkungen der LSVA mit höherer Gewichtslimite. Schlussbericht. Bern: Bundesamt für Raumentwicklung.

Bundesamt für Raumentwicklung (Hrsg.) (2015): Fair und effizient - Die leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) in der Schweiz. Bern: Bundesamt für Raumentwicklung.

51
Bundesamt für Statistik (o.J.): Definitionen Mobilität und Verkehr. <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/11/11/def.html>, 10.09.2016.

Bundesamt für Strassen (Hrsg.) (2007): Mobility Pricing Synthesebericht. Bern: Bundesamt für Strassen.

³⁴ Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (Hrsg.) (2007): Verkehr in Zahlen Österreich - Ausgabe 2007. Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Abteilung V/Infra 5.

⁵⁰ Buxbaum, J. (2006): Mileage-Based User Fee Demonstration Project: Pay-As-You-Drive Experimental Findings. Final Report. Cambridge: Cambridge Systematics, Inc..

² Cebr (2014): The future economic and environmental costs of gridlock in 2030. An assessment of the direct and indirect economic and environmental costs of idling in road traffic congestion to households in the UK, France, Germany and the USA. London: Centre for Economics and Business Research.

⁹¹ CE Delft (Hrsg.) (2008): Road infrastructure cost and revenue in Europe. Delft: CE Delft.

⁴⁹ CE Delft (Hrsg.) (2011): External Costs of Transport in Europe. Update Study for 2008. Delft: CE Delft.

Cendrowicz, L. (2014): Road pricing cuts car use, research finds. <http://www.xpats.com/road-pricing-cuts-car-use-research-finds>, 16.04.2016.

Centrum für Europäische Politik (2008): Internalisierung externer Kosten im Verkehrssektor. Freiburg: Centrum für Europäische Politik.

²⁰ Cerruti, D. (2016): Taxing vehicle miles traveled: The Traffic Choices Experiment in the Puget Sound region. <http://www.terpconnect.umd.edu/~dcerruti/files/Cerruti%20JMP.pdf>, 20.04.2016.

³³ Christiaens, F. (2014): Road pricing in Flanders: a field trial in Leuven. <http://www.eltis.org/discover/case-studies/road-pricing-flanders-field-trial-leuven-belgium>, 17.04.2016.

⁴⁵ Council of State Governments (2010): Vehicle Miles Traveled Fees. A Trends in America Special Report. Lexington: Council of State Governments.

¹⁰ Council of State Governments (2015): Capitol Facts & Figures. States explore Mileage-based User Fees. Lexington: Council of State Governments.

Czako, J. (2014): Mobility Pricing - A ⁹ Paradigm Shift to improve congestion, environment, road safety and financing. Wien: Kapsch TrafficCom AG.

Czako, J. (2015): Mobility Pricing in Road Transport - Paradigm Shift to improve congestion, environment, road safety, and financing. Wien: Kapsch TrafficCom AG.

Der Standard (2016a): Ölland Norwegen will ab 2025 Benzin- und Dieselaautos verbieten. <http://derstandard.at/2000033509796/Oelland-Norwegen-will-ab-2025-Benzin-und-Dieselaautos-verbieten>, 23.03.2016.

Der Standard (2016b): Umweltbehörde will Verbot für Diesel und Benziner. <http://derstandard.at/2000034690682/Umweltbundesamt-Ab-2020-sollen-keine-Benziner-mehr-verkauft-werden>, 12.04.2016.

Der Standard (2016c): EU-Kommission bastelt an Grundlage für europaweite Maut. <http://derstandard.at/2000028568097/EU-Kommission-bastelt-an-Grundlage-fuer-europaweite-Maut>, 25.03.2016.

Die Welt (2015): EU-Kommissarin Bulc will europaweite Pkw-Maut. <http://www.welt.de/politik/deutschland/article136741358/EU-Kommissarin-Bulc-will-europaweite-Pkw-Maut.html>, 20.01.2016.

European Environment Agency (2015a): Passenger transport demand. Kopenhagen: European Environment Agency.

²⁵ European Environment Agency (2015b): Passenger transport demand. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/passenger-transport-demand-version-2/assessment-5>, 25.03.2016.

European Environment Agency (2016): Freight transport demand. Kopenhagen: European Environment Agency.

⁴⁰ European Transport Safety Council (2015): Ranking EU Progress on Road Safety Report. 9th Road Safety Performance Index Report. Brüssel: European Transport Safety Council.

²⁴ Europäische Kommission (1998): White Paper. Fair Payment for Infrastructure Use: A ⁷⁴ based approach to a common transport infrastructure charging framework in the EU. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2008): Strategie zur Internalisierung externer Kosten. Brüssel: Europäische Kommission.

68
Europäische Kommission (2011a): Verkehr 2050. Kommission legt ehrgeizigen Plan zur Mobilitätssteigerung und Emissionsminderung vor. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2011b): Weißbuch: Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum - Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem. Brüssel: Europäische Kommission.

36
Europäische Kommission (2011c): White Paper: Roadmap to a Single European Transport Area - Towards a competitive and resource efficient transport system. Brüssel: Europäische Kommission.

4
Europäische Kommission (2012a): Transport: Road charging plans must be fair to all drivers. Brüssel: Europäische Kommission.

57
Europäische Kommission (2012b): Background Document for the Public Consultation on the Charging of the Use of Road Infrastructure. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2014): Attracting investments towards transport infrastructure - potential lines for action. Brüssel: Europäische Kommission.

Europäische Kommission (2015): European Semester Thematic Fiche - Transport. Brüssel: Europäische Kommission.

3
Europäisches Parlament (2015): "eCall": Automatisches Notrufsystem in allen neuen Automodellen ab Frühling 2018. <http://www.europarl.europa.eu/news/de/news-room/20150424IPR45714/eCall-Automatisches-Notrufsystem-in-allen-neuen-Automodellen-ab-Fr%C3%BChling-2018>, 05.06.2016.

44
Europäische Union (2014): EU transport in figures. Statistical Pocketbook 2014. Luxemburg: Publications Office of the European Union.

7
Focus Online (2016): Niederlande wollen Verkauf von Diesel- und Benzinautos verbieten. http://www.focus.de/auto/elektroauto/ab-2025-nur-noch-elektroautos-niederlande-wollen-verkauf-von-diesel-und-benzinautos-verbieten_id_5441966.html, 25.04.2016.

11
Fröhlich, P. & Vrtic, M. & Kern, P. (2007): Quantitative Auswirkungen von Mobility Pricing Szenarien auf das Mobilitätsverhalten und auf die Raumplanung. Endbericht SVI 2005/005. Bern: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation.

65
Gehlert, T. (2009): Straßenbenutzungsgebühren in Städten: Akzeptanz und Mobilitätsverhalten. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

64

Grush, B. & Roth, G. (2009): *Paying for Roads in 21st Century with Time-Distance-Place Pricing*. Washington: Transportation Research Board Business Office.

63

Guensler, R. (2007): *Atlanta's Vehicle Instrumentation and Activity Monitoring Programs: 2007 Update*. Atlanta: Georgia Institute of Technology, School of Civil & Environmental Engineering.

6

Guo, Z. & Weinstein Agrawal, A. & Dill, J. & Quirk, M. & Reese, M. (2011): *The Intersection of Urban Form and Mileage Fees: Findings from the Oregon Road User Fee Pilot Program*. San José: Mineta Transportation Institute, San José State University.

48

Hao, X. (2007): *Evaluation of Benefits and Effectiveness of Smart Cards for Public Transport*. Leeds: Institute for Transport Studies, University of Leeds.

Hilbers, H. & Meerkerk, J. van & Verrips, A. & Straaten, W. van der & Zwaneveld, P. (2015): *Maatschappelijke Kosten en Baten Prijsbeleid Personenauto's*. CPB/PBL Achtergronddocument. Den Haag: Centraal Planbureau.

INFRAS & Interface & Emch+Berger (2007): *Akzeptanz von Mobility Pricing*. Projekt A1 - VSS 2005/911. Zürich/Luzern: INFRAS & Interface & Emch+Berger.

28

Intelligent Transportation Systems Institute (Hrsg.) (2009): *Technology Enabling Near-Term Nationwide Implementation of Distance Based Road User Fees*. Minneapolis: Intelligent Transportation Systems Institute, University of Minnesota.

International Transport Forum (2015): *Statistics Brief - Infrastructure Investment*. Paris: International Transport Forum.

19

Iseki, H. & Demisch, A. & Taylor, B. & Yoh, A. (2008): *Evaluating the Costs and Benefits of Transit Smart Cards*. Berkeley: Institute of Transportation Studies, University of California.

ITWissen (o.J.): *On-Board-Unit*. <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/On-Board-Unit-OBU-on-board-unit.html>, 05.04.2016.

Keong, C. (2002): *Road Pricing - Singapore's Experience*. Singapur: Land Transport Authority.

67

Knoflachner, H. (2007): *Grundlagen der Verkehrs- und Siedlungsplanung: Verkehrsplanung*. Wien: Böhlau.

27

Kopp, P. & Prud'homme, R. (2007): The internalisation of external costs in the transportation system. Discussion Paper, 12th ACEA SAG Meeting. Brüssel: European Automobile Manufacturers Association.

56

Kuhl, J. & Hanley, P. (o.J.): National Evaluation of a Mileage-based Road User Charge. Iowa: The University of Iowa's Public Policy Center.

16

Maerivoet, S. & Daems, F. & Maertens, F. & Renckens, K. & Van Houtte, P. & Buelens, L. (2012): A Field Trial on Smart Mobility, in: *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 54 (2012), 926-935.

1

Maerivoet, S. & De Backer, K. (2009): Smart Mobility in the City of Leuven. Armonk: IBM Corporation.

1

Maerivoet, S. & Delhay, E. (2012): Slimme Kilometerheffing in de Proeftuin Leuven. Löwen: Transport & Mobility Leuven.

1

Maerivoet, S. & Delhay, E. & Maertens, F. (2014): A behavioural experiment on intelligent road user charging. Paris: Transport Research Arena.

8

Maier, M. (2008): Fahrleistungsabhängige Pkw-Mautsysteme in Europa und mögliche Implementierungen in Österreich, in: Hauger, G. (Hrsg.): *IVS Schriften Band 29*. Wien: Österreichischer Kunst- und Kulturverlag.

Mayeres, I. (2015): Pilot project on kilometre charge for cars in Brussels Regional Express Network zone. Mol: Vito NV.

McMullen, B. & Wang, H. & Ke, Y. & Vogt, R. & Dong, S. (2016): Road Usage Charge Economic Analysis. Final Report. Salem: Oregon Department of Transportation.

Meerkerk, J. van & Verrips, A. & Hilbers, H. (2015): A Social Cost Benefit Analysis of Road Pricing in the Netherlands. CPB Background Document. Den Haag: CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.

30

Mühlethaler, F. & Matthews, W. (2007): Systemtechnische und betriebswirtschaftliche Aspekte des Mobility Pricing. Forschungsauftrag VSS 2005/914. Bern: PTV SWISS AG.

77

NHTSA (o.J.): Fatalities and Fatality Rates, 1994 - 2013 - State: USA. <http://www-fars.nhtsa.dot.gov/Main/index.aspx>, 25.05.2016.

5
Nielsen, O. & Herslund, M. (2002): The AKTA Road Pricing Experiment in Copenhagen. Henley-in-Arden: Association for European Transport.

14
Nielsen, O. & Jovicic, G. (2003): The AKTA road pricing experiment in Copenhagen. Conference paper presented at the 10th International Conference on Travel Behaviour Research, Lucerne, August 2003.

8
Novak, S. (2006): Citymaut-Systeme mit besonderer Berücksichtigung ihrer möglichen Auswirkungen auf den Modal Split am Beispiel Wien. Wien: Österreichischer Kunst- und Kulturverlag.

18
OECD (2005): The Window of Opportunity: How the Obstacles to the Introduction of the Swiss Heavy Goods Vehicle Fee have been overcome. Paris: OECD.

12
Ong, J. & Siong, O. (2016): Satellite-based ERP to be ready by 2020, with \$556m contract awarded. <http://www.channelnewsasia.com/news/business/satellite-based-erp-to-be/2547700.html>, 20.03.2016.

Operation Libero (o.J.): Nachhaltiger Verkehr: Gerechte Kostenverteilung und Mobility-Pricing. <https://www.operation-libero.ch/de/verkehr>, 28.05.2016.

17
Oregon Department of Transportation (2007): Oregon's Mileage Fee Concept and Road User Fee Pilot Program. Final Report. Salem: Oregon Department of Transportation.

23
Oregon Department of Transportation (2014): Road Usage Charge Pilot Program 2013 & Per-Mile Charge Policy in Oregon. Salem: Oregon Department of Transportation.

ÖAMTC (Hrsg.) (2015): Road Pricing für ganz Europa? Wien: ÖAMTC.

39
Prud'homme, R. (2001): Marginal social cost pricing in transport policy. Discussion Paper, 7th ACEA SAG Meeting. Brüssel: European Automobile Manufacturers Association.

66
Puget Sound Regional Council (2006): Puget Sound Traffic Choices Study. Seattle: Puget Sound Regional Council.

55
Puget Sound Regional Council (2008a): Traffic Choices Study. Summary Report. Seattle: Puget Sound Regional Council.

37
Puget Sound Regional Council (2008b): Traffic Choices Study. Final Report. Unveröffentlichter Abschlussbericht, Seattle.

89
Rapp, M. (2004): Technik des Road Pricing, in: Tec21 130 (2004): Heft 49-50, 7-11.

Rapp, M. (2008): Mobility Pricing - Anders Bezahlen für Mobilität. Basel: Rapp Trans AG.

35

Rephlo, J. (2013): Connected Vehicles for Safety, Mobility, and User Fees: Evaluation of the Minnesota Road Fee Test. McLean: Science Applications International Corporation.

5

Rich, J. & Nielsen, O. & Nielsen, U. (2006): Socio-economic Assessment of Road Pricing Systems - Results from two Projects in the Copenhagen Region. Henley-in-Arden: Association for European Transport.

Rich, J. & Nielsen, O. (2007): A socio-economic assessment of proposed road user charging schemes in Copenhagen, in: *Transport Policy* 14 (2007) 330-345.

62

Road User Fee Task Force (2015): Oregon's Road Usage Charge Program - SB810 Implementation.

https://www.oregon.gov/ODOT/HWY/RUFPP/May%202015%20Meeting%20Materials/Item%20B_OrReGO%20Presentation_052015_RUFTFMtg.pdf, 02.03.2016.

Rodi, M. (Hrsg.) (2007): Fairer Preis für Mobilität. Berlin: lexion.

31

Roth, N. (2009): Wirkungen des Mobility Pricing. Darmstadt: Technische Universität Darmstadt, Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik.

Scheidt, A. & Horner, S. (2010): Automotive Industry Trends - IBM point of view. Armonk: IBM Corporation.

Siemens AG (2013): Satellitengestütztes Mautsystem Sitraffic Sensus. München: Siemens AG.

4

Schönfelder, S. & Rich, J. & Nielsen, O. & Würtz, C. & Axhausen, K. (2005): Road Pricing and its individual Responses within Travel Patterns - Lessons from the AKTA Study. Unveröffentlichte Draft Version. <https://www.researchgate.net/publication/267160903>, 05.05.2016.

47

Schweizerische Eidgenossenschaft (2016): Konzeptbericht Mobility Pricing - Ansätze zur Lösung von Verkehrsproblemen für Strasse und Schiene in der Schweiz. Schweiz: Schweizerische Eidgenossenschaft.

61

Springer Gabler Verlag (Hrsg.) (o.J.): Gabler Wirtschaftslexikon, Stichwort: Verursachergerechtigkeit.

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/1852/verursacherprinzip-v7.html>, 05.04.2016.

43

Steininger, K. & Gobiet, W. (2005): Technologien und Wirkungen von PKW-Road-Pricing im Vergleich. Graz: Wegener Center Verlag.

38

STOA (Hrsg.) (2014): Integrated urban e-ticketing for public transport and touristic sites. Brüssel: Science and Technology Options Assessment.

Sutter, D. (2014): Mobility Pricing - Neue Ansätze für den Umgang mit Verkehrskosten. Zürich/Bern: INFRAS.

73

Teubel, U. (2001): Road Pricing – effizient, aber unsozial?. Frankfurt am Main: Peter Lang GmbH.

Tiedtke (2013): Externe Kosten des Verkehrs und soziale Gerechtigkeit. IVP-Discussion Paper 02/2013. Berlin: Technische Universität Berlin.

72

Transportation Research Board (2011): Equity of Evolving Transportation Finance Mechanisms. Washington: Transportation Research Board.

10

Transportation Research Board (o.J.): National Evaluation of Mileage-Based Charges for Drivers. <http://trrjournalonline.trb.org/doi/pdf/10.3141/2221-02>, 23.05.2016.

88

1

Transport & Mobility Leuven (2012): Smart road charging changes mobility behaviour and leads to less congestion. http://www.tMLEuven.be/project/intelligente-mobiliteit/20120215_Sven_slimmobiliteit_persbericht_uk.pdf, 25.04.2016.

1

Transport & Mobility Leuven (2013): A Field Trial on Smart Mobility in the Testbed Leuven. Löwen: Transport & Mobility Leuven.

VDA (Hrsg.) (2012): Vernetzung - Die digitale Revolution im Automobil. Berlin: Verband der Automobilindustrie e.V..

21

Velaga, N. & Pangbourne, K. (2014): Achieving genuinely dynamic road user charging: issues with a GNSS-based approach, in: Journal of Transport Geography 34 (2014), 243-253.

71

Vreeze, M. de (o.J.): Road Pricing - Alternative Payment for Mobility. Den Haag: Ministry of Transport, Public Works and Water Management.

Walker, J. (2010): CEDAR TSB road-pricing trials. Reading: Thales.

60

Wee, B. van (2010): The new dutch Per-Kilometre Driving Tax, in: CESifo DICE Report 2/2010 (2010), 64-68.

15

Wilson, S. (2012): Mileage based usage fees - distance based charging - vehicle mileage tax - a future? <http://roadpricing.blogspot.co.at/2012/05/mileage-based-usage-fees-distance-based.html>, 18.03.2016.

54

Wilson, S. (2016): Singapore will have world's first GNSS urban congestion pricing scheme by 2020. <http://roadpricing.blogspot.co.at/2016/03/singapore-will-have-worlds-first-gnss.html>, 21.03.2016.

Zabic, M. (2006): An ArcGIS analysis of Stand-alone GPS quality for Road Pricing, in: Proceedings of ESRI International User Conference.

59

Zogg, J. (2014): GPS und GNSS: Grundlagen der Ortung und Navigation mit Satelliten. Thalwil: u-blox AG.

Mobility Pricing als potenzieller Problemlösungsansatz im Straßenverkehr: Eine Analyse anhand von ausgewählten internationalen Beispielen

PLAGIATSBERICHT

% **5**

ÄHNLICHKEIT SINDE

% **5**

INTERNET QUELLEN

% **3**

PUBLIKATIONEN

% **3**

STUDENTENARBEITEN

HAUPTQUELLEN

1

www.maerivoet.org

Internetquelle

<% **1**

2

Submitted to University of Westminster

Studentenarbeit

<% **1**

3

Submitted to Universitaet zu Koeln

Studentenarbeit

<% **1**

4

www.serv.be

Internetquelle

<% **1**

5

Rich, J.. "A socio-economic assessment of proposed road user charging schemes in Copenhagen", Transport Policy, 200707

Publikation

<% **1**

6

Submitted to National University of Singapore

Studentenarbeit

<% **1**

7

Submitted to Fachhochschule fuer Wirtschaft Berlin

Studentenarbeit

<% **1**

8

publik.tuwien.ac.at

	Internetquelle	<% 1
9	asecap.com Internetquelle	<% 1
10	onlinepubs.trb.org Internetquelle	<% 1
11	www.are.admin.ch Internetquelle	<% 1
12	Submitted to Sim University Studentenarbeit	<% 1
13	www.planning.dot.gov Internetquelle	<% 1
14	Stefan Schönfelder. "Road Pricing and its Consequences for Individual Travel Patterns", Mobilities, 2007 Publikation	<% 1
15	en.wikipedia.org Internetquelle	<% 1
16	www.classiconorroena.unina.it Internetquelle	<% 1
17	www.steunpuntfb.ugent.be Internetquelle	<% 1
18	optic.toi.no Internetquelle	<% 1
19	urban-intergroup.eu Internetquelle	<% 1

20	nhts.ornl.gov Internetquelle	<% 1
21	www.civil.iitb.ac.in Internetquelle	<% 1
22	metis.tudelft.nl:7777 Internetquelle	<% 1
23	Submitted to University of California, Los Angeles Studentenarbeit	<% 1
24	porteeconomics.eu Internetquelle	<% 1
25	Submitted to Aston University Studentenarbeit	<% 1
26	sydney.edu.au Internetquelle	<% 1
27	www.acea.be Internetquelle	<% 1
28	transportationblog.dallasnews.com Internetquelle	<% 1
29	Submitted to Kaplan International Colleges Studentenarbeit	<% 1
30	www.energieberatungbern.ch Internetquelle	<% 1
31	www.izmf.de Internetquelle	<% 1

- | | | |
|----|--|------|
| 32 | www.umweltrat.de
Internetquelle | <% 1 |
| 33 | www.eltis.org
Internetquelle | <% 1 |
| 34 | Lebensentwürfe im ländlichen Raum, 2016.
Publikation | <% 1 |
| 35 | www.ltrc.lsu.edu
Internetquelle | <% 1 |
| 36 | ccr-zkr.org
Internetquelle | <% 1 |
| 37 | Yang, Di, Eirini Kastrouni, and Lei Zhang.
"Equitable and progressive distance-based user charges design and evaluation of income-based mileage fees in Maryland",
Transport Policy, 2016.
Publikation | <% 1 |
| 38 | Submitted to Queen Margaret University
College, Edinburgh
Studentenarbeit | <% 1 |
| 39 | www.iru.org
Internetquelle | <% 1 |
| 40 | Timmermans, Kim, Matthijs Kox, Michiel Vaneker, Maarten van den Berg, Aaron John, Arjan van Laarhoven, Hans van der Hoeven, Gert Jan Scheffer, and Peter Pickkers.
"Plasma levels of danger-associated molecular patterns are associated with | <% 1 |

immune suppression in trauma patients",
Intensive Care Medicine, 2016.

Publikation

41

asocsa.org

Internetquelle

<% 1

42

Butung Agusdinata, Datu, Lars Dittmar, and Daniel DeLaurentis. "Policymaking to reduce carbon emissions : an application of system-of-systems perspective", Systems of Systems Engineering Principles and Applications, 2008.

Publikation

<% 1

43

josefbaum.at

Internetquelle

<% 1

44

Kohla, Birgit, and Martin Fellendorf. "Lenken und Leiten des städtischen Verkehrs", e & i Elektrotechnik und Informationstechnik, 2015.

Publikation

<% 1

45

Duncan, Denvil, and John Graham. "Road User Fees Instead of Fuel Taxes: The Quest for Political Acceptability", Public Administration Review, 2013.

Publikation

<% 1

46

www.monitraf.org

Internetquelle

<% 1

47

www.ur.ch

Internetquelle

<% 1

48

Submitted to University of Technology,
Sydney

Studentenarbeit

<% 1

49

Nocera, Silvio, and Federico Cavallaro. "The competitiveness of alternative transport fuels for CO2 emissions", Transport Policy, 2016.

Publikation

<% 1

50

www.internationaltransportforum.org

Internetquelle

<% 1

51

www.bfs.admin.ch

Internetquelle

<% 1

52

Submitted to University of St. Gallen

Studentenarbeit

<% 1

53

Submitted to Fachhochschule Wien

Studentenarbeit

<% 1

54

roadpricing.blogspot.co.uk

Internetquelle

<% 1

55

www.fhwa.dot.gov

Internetquelle

<% 1

56

mbufa.org

Internetquelle

<% 1

57

dasp.dk

Internetquelle

<% 1

58

Lee, W.H.. "Design and implementation of electronic toll collection system based on vehicle positioning system techniques",

<% 1

59

amslaurea.unibo.it

Internetquelle

<% 1

60

www.cesifogroup.de

Internetquelle

<% 1

61

Coaching als individuelle Antwort auf gesellschaftliche Entwicklungen, 2016.

Publikation

<% 1

62

Submitted to Central Washington University

Studentenarbeit

<% 1

63

commuteatlanta.ce.gatech.edu

Internetquelle

<% 1

64

de Palma, A.. "Traffic congestion pricing methodologies and technologies",
Transportation Research Part C, 201112

Publikation

<% 1

65

de.wikipedia.org

Internetquelle

<% 1

66

D.-W. Sohn. "The Economic Value of Office Clusters: An Analysis of Assessed Property Values, Regional Form, and Land Use Mix in King County, Washington", Journal of Planning Education and Research, 05/12/2008

Publikation

<% 1

67

Knoflacher, Hermann. "Success and failures

in urban transport planning in Europe--
understanding the transport system",
Sadhana/02562499, 20070801

Publikation

<% 1

68

www.compliancemagazin.de

Internetquelle

<% 1

69

"Methoden", Straßenbenutzungsgebühren in
Städten, 2009

Publikation

<% 1

70

www.monarchy.be

Internetquelle

<% 1

71

www1.mtq.gouv.qc.ca

Internetquelle

<% 1

72

www.vtppi.org

Internetquelle

<% 1

73

www.revenue-eu.org

Internetquelle

<% 1

74

www.toni-hofreiter.de

Internetquelle

<% 1

75

www.isv.tugraz.at

Internetquelle

<% 1

76

www.ops.fhwa.dot.gov

Internetquelle

<% 1

77

www.howardhealthcounts.org

Internetquelle

<% 1

78

ops.fhwa.dot.gov

Internetquelle

<% 1

79

litra.ch

Internetquelle

<% 1

80

www.logistic.de

Internetquelle

<% 1

81

www.weltklasse-uni.at

Internetquelle

<% 1

82

Jacobson, Mark Z., Robert W. Howarth, Mark A. Delucchi, Stan R. Scobie, Jannette M. Barth, Michael J. Dvorak, Megan Klevze, Hind Katkhuda, Brian Miranda, Navid A. Chowdhury, Rick Jones, Larsen Plano, and Anthony R. Ingraffea. "Examining the feasibility of converting New York State's all-purpose energy infrastructure to one using wind, water, and sunlight", Energy Policy, 2013.

Publikation

<% 1

83

City-Maut, 2014.

Publikation

<% 1

84

internet.europa.admin.ch

Internetquelle

<% 1

85

www.lid.ch

Internetquelle

<% 1

86

othes.univie.ac.at

Internetquelle

<% 1

87	www.sitra.fi Internetquelle	<% 1
88	ippr.org Internetquelle	<% 1
89	www.itas.kit.edu Internetquelle	<% 1
90	Peter Bickel. "Introducing Environmental Externalities into Transport Pricing: Measurement and Implications", <i>Transport Reviews</i> , 7/1/2006 Publikation	<% 1
91	www.cpm.chalmers.se Internetquelle	<% 1
92	konsumentenschutz.at Internetquelle	<% 1
93	www.psrc.org Internetquelle	<% 1
94	www.go-lienz-osttirol.net Internetquelle	<% 1
95	www.umweltdaten.de Internetquelle	<% 1
96	oami.europa.eu Internetquelle	<% 1
97	www.researchgate.net Internetquelle	<% 1

www.greens-efa.eu

98

Internetquelle

<% 1

99

Automation Communication and Cybernetics
in Science and Engineering 2011/2012, 2013.

Publikation

<% 1

100

The GeoJournal Library, 2011.

Publikation

<% 1

ZITATE
AUSSCHLIESSEN

AUS

ÜBEREINSTIMMUNGEN
AUSSCHLIESSEN

BIBLIOGRAFIE
AUSSCHLIESSEN

AUS